



TUGAS AKHIR - MN141581

**DESAIN *MARINE DISASTER PREVENTION SHIPS* (MDPS)
UNTUK MENGAWASI, MENANGANI, DAN MENCEGAH
PENCEMARAN LAUT DI AREA PELABUHAN TANJUNG
PERAK, SURABAYA**

**MUHAMMAD SIROJUDIN
NRP. 4113100 010**

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

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017**



TUGAS AKHIR – MN141581

**DESAIN *MARINE DISASTER PREVENTION SHIPS*
(MDPS) UNTUK MENGAWASI, MENANGANI, DAN
MENCEGAH PENCEMARAN LAUT DI AREA
PELABUHAN TANJUNG PERAK, SURABAYA**

**MUHAMMAD SIROJUDIN
NRP. 4113 100 010**

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

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017**



FINAL PROJECT - MN141581

**DESIGN MARINE DISASTER PREVENTION SHIPS (MDPS)
TO MAINTAIN, HANDLING, AND PREVENT SEA
POLLUTION IN PORT OF TANJUNG PERAK, SURABAYA**

**MUHAMMAD SIROJUDIN
NRP. 4113 100 010**

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

**DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2017**

LEMBAR PENGESAHAN

DESAIN *MARINE DISASTER PREVENTION SHIPS* (MDPS) UNTUK MENGAWASI, MENANGANI, DAN MENCEGAH PENCEMARAN LAUT DI AREA PELABUHAN TANJUNG PERAK, SURABAYA

TUGAS AKHIR


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

Oleh:

MUHAMMAD SIROJUDIN
NRP 4113 100 010


Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing


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

Mengetahui,
Kepala Departemen Teknik Perkapalan




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

SURABAYA, 18 JULI 2016

LEMBAR REVISI

DESAIN *MARINE DISASTER PREVENTION SHIPS* (MDPS) UNTUK MENGAWASI, MENANGANI, DAN MENCEGAH PENCEMARAN LAUT DI AREA PELABUHAN TANJUNG PERAK, SURABAYA

TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir
Tanggal 6 Juli 2017

Bidang Studi Rekayasa Kapal - Desain Kapal
Program S1 Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

MUHAMMAD SIROJUDIN
NRP. 4113 100 010

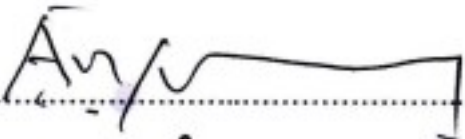
Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

1. Muhammad Nurul Misbah, S.T., M.T.



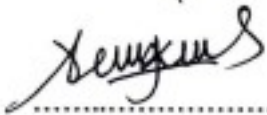
.....

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



.....

3. Teguh Putranto, S.T., M.T.



.....

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Hasanudin, S.T., M.T.



.....

SURABAYA, 18 JULI 2017

Dipersembahkan untuk keluarga, almamater, dan bangsa.

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT, karena berkat Rahmat dan Ridha-Nya Penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul “**Desain *Marine disaster prevention Ships* (MDPS) Untuk Mengawasi, Menangani, dan Mencegah Pencemaran Laut di Area Pelabuhan Tanjung Perak, Surabaya**” dengan baik. Dalam penyusunan dan penulisan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan dari beberapa pihak yang turut membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini Penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada yang terhormat:

1. Keluarga Penulis, khususnya Bapak, Ibu, Adik serta Kakak yang selalu memberikan do'a dan dukungan serta motivasi bagi Penulis;
2. Bapak Hasanudin, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktu dan ilmu, serta senantiasa memberikan arahan dan masukan selama proses pengerjaan Tugas Akhir ini;
3. Bapak Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D. selaku Ketua Departemen Teknik Perkapalan ITS dan selaku Dosen Wali selama menjalani masa perkuliahan di Departemen Teknik Perkapalan ITS;
4. Bapak Hasanudin, S.T., M.T. selaku Kepala Laboratorium Desain Kapal Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS atas bantuannya selama pengerjaan Tugas Akhir ini dan atas izin pemakaian fasilitas laboratorium;
5. Keluarga besar HIMATEKPAL, yang telah banyak membantu selama proses perkuliahan.
6. Saudara-saudari P-53 (SUBMARINE), teman seperjuangan;
7. Teman-teman kos muslim ceria yang selalu menginspirasi dan membantu dalam kebaikan.
8. Dan semua pihak yang telah membantu menyelesaikan Tugas Akhir ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Demikian Laporan Tugas Akhir ini Penulis susun, dengan harapan dapat memberikan manfaat bagi para pembaca. Penulis menyadari dalam penulisan dan penyusunan Laporan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, Penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Surabaya, 18 Juli 2017

Penulis

DESAIN *MARINE DISASTER PREVENTION SHIPS* (MDPS) UNTUK MENGAWASI, MENANGANI, DAN MENCEGAH PENCEMARAN LAUT DI AREA PELABUHAN TANJUNG PERAK, SURABAYA

Nama Mahasiswa : Muhammad Sirojudin
NRP : 4113 100 010
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : Hasanudin, S.T., M.T.

ABSTRAK

Pelabuhan Tanjung Perak yang terletak di Surabaya, Jawa Timur, merupakan pelabuhan yang besar dan mempunyai aktifitas pelayaran terpadat ke dua setelah pelabuhan Tanjung Priok, Jakarta. Akan tetapi di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya belum mempunyai kapal patroli laut (*Marine disaster prevention Ships*) dan reaksi cepat dalam menangani kecelakaan laut sangat penting untuk keselamatan maritim. Sedangkan menurut peraturan perundang-undangan RI nomor 32 tahun 2014 tentang kelautan menyebutkan bahwa untuk menjamin keselamatan kelautan, fasilitas kepelabuhanan, termasuk fasilitas lingkungan dan pencegahan pencemaran lingkungan harus tersedia. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dirancanglah kapal *marine disaster prevention* untuk mengawasi, menangani, dan mencegah pencemaran laut di area pelabuhan tanjung perak, surabaya. Proses desain kapal *marine disaster prevention* (*Marine disaster prevention Ships*) diawali dengan menentukan payload lalu mencari ukuran utama yang optimum dari *Marine disaster prevention Ships* (MDPS). Setelah didapatkan ukuran utama dan memenuhi persyaratan yang diminta kemudian dilanjutkan dengan pembuatan Rencana Garis, Rencana Umum, dan Pemodelan 3D. Dari proses desain ini didapat ukuran *Marine Disaster Prevention Ships* (MDPS) yang optimal; Lpp = 58,10 m, B = 9,73 m, H = 4.72 m, T = 3,21 m dan dengan estimasi biaya pembangunan \$4.296.871,42 atau setara dengan Rp57.393.311.509,-.

Kata kunci: *Kelautan, MDPS, Pencegahan, Pencemaran, Surabaya,*

***DESIGN MARINE DISASTER PREVENTION SHIPS (MDPS) TO
MAINTAIN, HANDLING, AND PREVENT SEA POLLUTION IN PORT OF
TANJUNG PERAK, SURABAYA***

Author : Muhammad Sirojudin
ID No. : 4113 100 010
Dept. / Faculty : Naval Architecture / Marine Technology
Supervisor : Hasanudin, S.T., M.T.

ABSTRACT

The Port of Tanjung Perak, located in Surabaya, East Java, is a large port and has the second most densely shipping activity after the port of Tanjung Priok, Jakarta. However, in Tanjung Perak Port, Surabaya has not had a Marine disaster prevention ships and the quick reaction in dealing with marine accidents is very important for maritime safety. Meanwhile, according to the legislation of the Republic of Indonesia number 32 of 2014 about maritime that to ensure marine safety, port facilities including environmental facilities and the prevention of environmental pollution should be available. To solve these problems, marine disaster prevention ships was designed to supervise, handle and prevent marine pollution in the port area of Tanjung Perak, Surabaya. The marine disaster prevention ships design process begins by determining the payload and then searching for the optimum main dimension of Marine disaster prevention Ships (MDPS). After the main size is obtained and meet the requested requirements, then proceed with the making of Line Plan, General Plan, and 3D Modeling. From this design process the optimal size of Marine Disaster Prevention Ships (MDPS); Lpp = 58.10 m, B = 9.73 m, H = 4.72 m, T = 3.21 m and the estimated cost of construction is \$ 4,296,871,42 or equivalent to Rp57,393,311,509.

Keywords: Marine, Pollution, Prevention, MDPS, Surabaya

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
HALAMAN PERUNTUK.....	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. Umum.....	1
I.2. Latar Belakang.....	1
I.3. Perumusan Masalah.....	3
I.4. Batasan Masalah.....	3
I.5. Tujuan Penulisan Tugas Akhir.....	3
I.6. Manfaat penulisan tugas akhir.....	3
I.7. Hipotesis Penelitian.....	3
I.8. Sistematika Penulisan.....	4
Bab II STUDI LITERATUR.....	5
II.1. Umum.....	5
II.2. Sekilas Tentang Kota Surabaya.....	5
II.3. <i>Marine disaster prevention Ship (MDPS)</i>	6
II.4. Alat Labuh.....	7
II.4.1. Jangkar.....	7
II.4.2. Rantai Jangkar.....	8
II.4.3. Anchor Winch.....	8
II.4.4. Tali Temali.....	8
II.4.5. Hawse Pipe dan Anchor Pocket.....	8
II.5. Proses Desain Kapal.....	8
II.5.1. <i>Design Statement</i>	9
II.5.2. <i>Concept Design</i>	9
II.5.3. <i>Preliminary Design</i>	9
II.5.4. <i>Contract Design</i>	10
II.5.5. <i>Detail Design</i>	10
II.6. Metode Desain Kapal.....	10
II.6.1. <i>Parent Design Approach</i>	10
II.6.2. <i>Trend Curve Approach</i>	10
II.6.3. <i>Iterative Design Approach</i>	11
II.6.4. <i>Parametric Design Approach</i>	11
II.6.5. <i>Optimization Design Approach</i>	11
II.7. Tinjauan Perhitungan Teknis Perancangan Kapal.....	11
II.7.1. <i>The Geosim Procedure</i>	11
II.7.2. Rasio Ukuran Utama dan Koefisien.....	13
II.7.3. Hambatan Kapal.....	15
II.7.4. Kebutuhan Daya Penggerak Kapal.....	20

II.7.5.	Berat dan Titik Berat Kapal	23
II.7.6.	Lambung Timbul Kapal (<i>Freeboard</i>).....	30
II.7.7.	Stabilitas Kapal	32
II.7.8.	Desain Rencana Umum dan Permodelan 3D.....	33
II.8.	Tinjauan Perhitungan Ekonomis Perancangan Kapal.....	33
II.8.1.	Biaya Pembangunan	34
Bab III	METODOLOGI PENELITIAN	37
III.1.	Diagram Alir	37
III.1.1.	Tahapan Identifikasi Masalah	39
III.1.2.	Tahapan Studi Literatur	39
III.1.3.	Tahap Pengumpulan Data	40
III.1.4.	Tahapan Pengolahan Data	40
III.1.5.	Pembuatan Spreadsheet Perhitungan Ekonomis	41
III.1.6.	Perhitungan Optimisasi Ukuran Utama	42
III.1.7.	Tahapan Perencanaan	42
III.1.8.	Kesimpulan dan Saran	43
Bab IV	ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS	45
IV.1.	<i>Owner Requirement</i>	45
IV.1.1.	Penentuan <i>Payload</i>	45
IV.1.2.	Tinjauan Lokasi.....	46
IV.2.	Penentuan Batasan Ukuran Utama	47
IV.3.	Proses Model Optimisasi MDPS	49
IV.3.1.	Penentuan Variabel Model Optimisasi MDPS	49
IV.3.2.	Penentuan Batasan Model Optimisasi MDPS.....	50
IV.3.3.	Penentuan <i>Objective Fuction</i> Model Optimisasi MDPS	52
IV.3.4.	<i>Running</i> Model Iterasi Solver	52
IV.4.	Analisis Teknis Hasil Optimisasi MDPS	56
IV.4.1.	Analisis Rasio dan Koefisien	56
IV.4.2.	Analisis Hambatan Kapal	58
IV.4.3.	Analisis Kebutuhan Daya Mesin Induk.....	62
IV.4.4.	Analisis Pemilihan Mesin Induk	66
IV.4.5.	Analisis LWT + DWT	67
IV.4.6.	Analisis Titik Berat MDPS	69
IV.4.7.	Analisis <i>Freeboard</i> MDPS	69
IV.4.8.	Analisis Stabilitas MDPS	70
IV.4.9.	Analisis <i>Trim</i> Pada MDPS.....	73
IV.5.	Pembuatan Rencana Garis.....	73
IV.6.	Pembuatan Rencana Umum	78
IV.7.	Permodelan 3D	81
IV.8.	Perhitungan Ekonomis Biaya Pembangunan	82
Bab V	KESIMPULAN DAN SARAN	87
V.1.	Kesimpulan.....	87
V.2.	Saran	88
DAFTAR	PUSTAKA	89
LAMPIRAN	A PERHITUNGAN TEKNIS	
LAMPIRAN	B PERBANDINGAN ESTIMASI BIAYA PEMBANGUNAN	
LAMPIRAN	C RENCANA GARIS	
LAMPIRAN	D RENCANA UMUM	
BIODATA	PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar I. 1 Prosentase jenis kecelakaan pelayaran dalam periode 2010-2016 di Indonesia....	2
Gambar II. 1 Peta lokasi kota Surabaya (<i>Google Earth</i> , 2017).....	6
Gambar II. 2 <i>Marine disaster prevention</i> yang bertindak dibawah pengawasan ship owner dan sebagainya (sumber : Koichi Yunoki, 1996).....	7
Gambar II. 3 <i>Spiral Design Concept</i> (Sumber : Evans, 1959).....	9
Gambar II. 4 Koefisien Displasemen Berdasarkan Tipe Kapal (Parsons, 2001)	12
Gambar II. 5 Skema Pembagian Daya Penggerak Kapal.....	20
Gambar III. 1 Diagram alir pengerjaan Tugas Akhir.....	38
Gambar IV. 1 Desain <i>lines plan</i> menggunakan <i>maxsurf modeler</i>	74
Gambar IV. 2 Lines Plan kapal <i>marine disaster prevention</i>	77
Gambar IV. 3 <i>General arrangement</i> kapal <i>marine disaster prevention</i>	80
Gambar IV. 4 Gambar Permodelan 3D MDPS	81

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Harga C_{stern}	18
Tabel II. 2 Harga $1+k_2$	18
Tabel II. 3 Harga li	22
Tabel II. 4 Harga Koefisien <i>Superstructure</i>	24
Tabel II. 5 Harga Koefisien <i>Deck House</i>	25
Tabel II. 6 Hasil estimasi Berat <i>Crane</i>	27
Tabel II. 7 Harga Koreksi F_5 Untuk Kapal Tipe B.....	31
Tabel II. 8 Persentase Komponen Biaya Pembangunan Kapal	35
Tabel IV. 1 Panjang dan kedalaman dermaga di pelabuhan tanjung perak-Surabaya.....	46
Tabel IV. 2 Data Kapal Pembanding	47
Tabel IV. 3 Batasan Ukuran Utama Menggunakan Metode Geosim	49
Tabel IV. 4 Batasan Variabel Optimisasi.....	50
Tabel IV. 5 Hasil Proses Optimisasi Pada Kapal <i>Marine Disaster Prevention</i>	55
Tabel IV. 6 Rekapitulasi Rasio Ukuran Utama	56
Tabel IV. 7 Rekapitulasi Harga Koefisien	57
Tabel IV. 8 Besar <i>Wave-making Resistance</i> (R_w)	59
Tabel IV. 9 Besar <i>Form Factor of Bare Hull</i> ($1+k$)	60
Tabel IV. 10 Besar <i>Friction Coefficient</i> (C_F)	61
Tabel IV. 11 Besar <i>Correlation Allowance</i> (C_A).....	61
Tabel IV. 12 Rekapitulasi Besar Hambatan	62
Tabel IV. 13 Kebutuhan Daya EHP.....	63
Tabel IV. 14 Kebutuhan Daya DHP	63
Tabel IV. 15 Kebutuhan Daya SHP.....	64
Tabel IV. 16 Kebutuhan Daya BHP	64
Tabel IV. 17 Kebutuhan Daya MCR	65
Tabel IV. 18 Rekapitulasi Kebutuhan Daya Mesin Induk	65
Tabel IV. 19 Spesifikasi Teknis Mesin Induk.....	66
Tabel IV. 20 Tabel hasil perhitungan berat.....	67
Tabel IV. 21 Tabel rekapitulasi <i>freeboard</i>	69
Tabel IV. 22 Tabel <i>density</i>	71
Tabel IV. 23 Hasil pengecekan <i>load case</i>	72
Tabel IV. 24 Tabel perhitungan trim	73
Tabel IV. 25 Rekapitulasi Biaya Pembangunan Kapal.....	83
Tabel IV. 26 Rekapituasi Perbandingan Hasil Estimasi Biaya pembangunan.....	84

DAFTAR SIMBOL

Loa	= length over all	[m]
Lpp	= length between perpendicular	[m]
Lwl	= length of water line	[m]
AP	= after perpendicular	[m]
FP	= fore perpendicular	[m]
B	= breath	[m]
T	= Draught	[m]
H	= Depht	[m]
Fn	= froude number	
g	= percepatan gravitasi	[m/s ²]
Cb	= block coefficient	
Cm	= midship coefficient	
Cwp	= waterplane coefficient	
Cp	= prismatic coefficient	
∇	= volume displasement	[m ³]
Δ	= displasement	[ton]
LWT	= light weigth tonnage	[ton]
DWT	= dead weigth tonnage	[ton]
LCG	= longitudinal centre of gravity	[m]
KG	= keel gravity	[m]
LCB	= centre of booyancy	[m]
KB	= titik tekan buoyancy terhadap keel	[m]
F	= freeboard	[m]
BHP	= break horse power	[Hp]
S	= jarak pelayaran	[mil laut]
Vs	= kecepatan dinas	[knot]
Z _c	= jumlah crew	
P _{fo}	= berat bahan bakar mesin induk	[ton]
P _{me}	= BHP mesin induk	[kW]
b _{me}	= coef pemakaian bahan bakar mesin induk	[g/ kw.h]
S	= jarak radius pelayaran	[mil laut]
V _s	= kecepatan dinas	[knot]
C _{fo}	= faktor cadangan	
ρ	= berat jenis benda	[kg / m ³]
P _{fw}	= berat air tawar	[ton]
C _{fw}	= koefisien pemakaian air tawar	
Pp	= berat provition	[ton]
Cp	= koefisien kebutuhan konsumsi	
Woa	= Berat Cadangan	[ton]
KB	= titik tekan buoyancy terhadap keel	[m]
Rt	= tahanan total kapal	[kN]
Vs	= kecepatan kapal	[m/s]

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Umum

Pada bab 1 ini berisikan tentang latar belakang adanya suatu permasalahan yang dijadikan sebagai topik utama dalam pembuatan Tugas Akhir dimana bab ini juga berisikan rumusan masalah, maksud dan tujuan, batasan masalah, manfaat, serta sistematika dalam penulisan tugas akhir. Pembahasan permasalahan yang akan dikaji dalam Tugas Akhir ini terdapat pada sub bab rumusan masalah. Dari permasalahan tersebut diperlukan ruang lingkup atau batasan masalah agar tidak menyimpang jauh dari pembahasan yang sudah ditentukan, yang diatur dalam sub bab batasan masalah. Kemudian untuk sub bab maksud dan tujuan, serta manfaat membahas untuk apa Tugas Akhir ini dibuat dan manfaat apa saja yang diperoleh dalam pengerjaan Tugas Akhir ini. Serta dalam sub bab sistematika penulisan berisi bagaimana format penulisan Tugas Akhir ini.

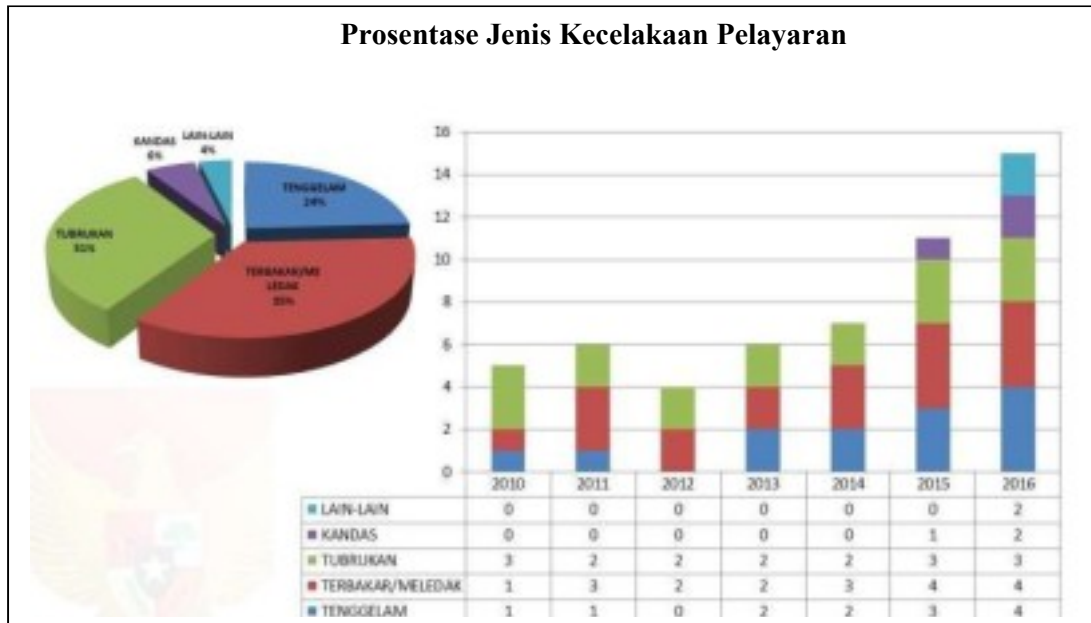
I.2. Latar Belakang

Setelah terpilihnya Presiden Joko Widodo, kemaritiman Indonesia mendapat angin segar dan ada peluang untuk meningkatkan industri maritim. Dalam acara debat capres yang ditayangkan secara live di salah satu stasiun televisi swasta Capres Joko Widodo mengatakan untuk membangun tol laut demi meningkatkan perekonomian Indonesia melalui sektor maritim ini. Tol laut merupakan solusi Joko Widodo untuk membuat Indonesia kembali menjadi macan Asia dengan peningkatan ekonomi melalui maritime. Tol laut diyakini akan menekan biaya pengangkutan, sehingga di satu sisi meningkatkan keunggulan kompetitif produk ekspor, di sisi lain memperkecil kesenjangan harga barang konsumsi antar kota se-Indonesia, tol laut juga bermanfaat sebagai kekuatan sosial untuk mempertahankan keutuhan NKRI, dengan tol laut tidak akan ada jarak antar pulau bahkan di daerah perbatasan sekali pun. Dengan begitu, volume pelayaran di perairan Indonesia akan meningkat. Akan tetapi seiring dengan meningkatnya volume pelayaran dan kapal, berarti potensi kerusakan lingkungan terutama laut juga meningkat. (Purwanto, 2015)

Pencemaran lingkungan laut sangat mendapat perhatian dunia dewasa ini, apakah itu secara Nasional, Regional maupun Internasional disebabkan karena dampak yang ditimbulkannya terhadap kelestarian lingkungan dan manfaat dari sumber daya alam yang ada di laut menjadi

terganggu baik untuk kepentingannasional negara pantai maupun bagi umat manusia keseluruhannya.

Gejala pencemaran lingkungan laut (*the pollution of marine environment*) dalam dasawarsa terakhir ini banyak mendapat perhatian dari berbagai pihak. Seperti terlihat dalam pembahasan melalui seminar dan symposium yang diselenggarakan baik di tingkat nasional, regional dan internasional, semua perhatian itu membahas dan mengkaji masalah lingkungan laut, sehingga mempertajam pengertian dan membangkitkan kesadaran tentang masalah lingkungan laut.



Gambar I. 1 Prosentase jenis kecelakaan pelayaran dalam periode 2010-2016 di Indonesia
(Laporan Analisis Trend Kecelakaan Laut 2003-2008, 2009)

Pada Gambar I. 1 prosentase terbesar dari jenis kecelakaan pelayaran yang sering terjadi pada kurun waktu 2010-2016 adalah kecelakaan kapal akibat terbakar/meledak, urutan selanjutnya adalah kapal tubrukun dan kapal tenggelam. Oleh karena itu adanya patroli laut dan reaksi cepat dalam menangani kecelakaan laut sangat penting untuk keselamatan maritime di Indonesia. Akan tetapi di Indonesia jumlah kapal MDPS (*Marine Disaster Prevention Ship*) masih sedikit.

Pelabuhan tanjung perak yang terletak di Surabaya, Jawa Timur, merupakan pelabuhan dengan aktifitas terpadat ke dua setelah pelabuhan tanjung priok, Jakarta. Pelabuhan Tanjung Perak merupakan salah satu pintu gerbang Indonesia, yang berfungsi sebagai kolektor dan distributor barang dari dan ke Kawasan Timur Indonesia, termasuk Jawa Timur.

Di Indonesia telah ada kapal-kapal MDPS yang telah dibangun. Namun pada Tugas Akhir ini, kapal MDPS di desain untuk dapat beroperasi ke berbagai lokasi yang ada di Indonesia atau dalam kasus ini di area pelabuhan tanjung perak.

I.3. Perumusan Masalah

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

1. Bagaimana cara menentukan daerah operasi untuk kapal MDPS (*Marine disaster prevention Ship*) ?
2. Bagaimana cara menentukan ukuran utama kapal MDPS (*Marine disaster prevention Ship*) ini?
3. Bagaimana mendesain Rencana Garis, Rencana Umum dan permodelan 3D yang sesuai dengan kebutuhan di perairan Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya ?

I.4. Batasan Masalah

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini permasalahan difokuskan pada:

1. Pencemaran laut yang dimaksud dalam tugas akhir ini adalah pencemaran laut akibat tumpahan minyak dan kebakaran kapal
2. Perencanaan MDPS (*Marine disaster prevention Ship*) dibatasi sebatas perhitungan hambatan, penentuan mesin utama, pembuatan Rencana Garis dan Rencana Umum; dan
3. Aspek teknis peralatan dan instalasi di atas kapal tidak dibahas.

I.5. Tujuan Penulisan Tugas Akhir

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk memperoleh lokasi operasi untuk *Marine Disaster Prevention Ships* (MDPS).
2. Untuk mendapatkan ukuran utama *Marine Disaster Prevention Ships* (MDPS).
3. Untuk mendapatkan desain Rencana Garis, Rencana Umum dan permodelan 3D dari *Marine Disaster Prevention Ships* (MDPS) yang sesuai dengan kebutuhan di perairan pelabuhan Tanjung Perak, Surabaya.

I.6. Manfaat penulisan tugas akhir

Manfaat dari Tugas Akhir ini adalah untuk mencegah atau mengurangi tingkat pencemaran yang disebabkan oleh tumpahan minyak dan kecelakaan kapal akibat kebakaran/meledak di laut di Indonesia.

I.7. Hipotesis Penelitian

Jika penelitian ini dilakukan, akan dihasilkan desain *Marine disaster prevention Ship* (MDPS) yang akan berfungsi mengatasi masalah pencemaran laut yang terjadi di perairan Tanjung Perak, Surabaya

I.8. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I. PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang penelitian yang akan dilakukan, perumusan masalah, tujuan yang hendak dicapai dalam penulisan tugas akhir ini, manfaat yang diperoleh, batasan masalah serta sistematika penulisan laporan.

BAB II. STUDI LITERATUR

Bab ini berisikan tinjauan pustaka yang menjadi acuan dari penelitian tugas akhir. Dasar-dasar teori serta persamaan-persamaan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir tercantum dalam bab ini.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tahapan metodologi dalam menyelesaikan permasalahan secara berurutan dimulai dari tahap pengumpulan data dan studi literatur, hingga pengolahan data untuk analisis lebih lanjut yang nantinya akan menghasilkan sebuah kesimpulan guna menjawab perumusan masalah yang sudah ditentukan.

BAB IV. TINJAUAN DAERAH

Bab ini berisikan sekilas mengenai daerah dimana kapal yang dirancang akan dioperasikan. Penjelasan mengenai kedalaman perairan, jarak pelayaran serta sumber daya yang terdapat di daerah tersebut dibahas pula dalam bab ini.

BAB V. ANALISIS TEKNIS

Bab ini merupakan inti dari penelitian yang dilakukan. Pada bab ini akan dibahas mengenai perencanaan muatan yang dilakukan guna mendapatkan ukuran utama yang sesuai serta memenuhi persyaratan.

BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan yang didapatkan dari proses penelitian yang dilakukan serta memberikan saran perbaikan untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

STUDI LITERATUR

II.1. Umum

Pada bab ini akan berisikan tentang hasil studi literatur terhadap topik utama Tugas Akhir. Bab ini menjelaskan tentang *Marine disaster prevention Ship* (MDPS). Penjelasan yang dimaksud adalah teori-teori terkait tentang *Marine disaster prevention Ships* (MDPS) serta fasilitas yang ada di dalamnya. Selain penjelasan tentang *Marine disaster prevention Ships* (MDPS), pada bab ini juga dijelaskan tentang proses dalam mendesain *Marine disaster prevention Ships* (MDPS). Pada masing-masing subbab akan dijelaskan mengenai hal-hal tersebut.

II.2. Sekilas Tentang Kota Surabaya

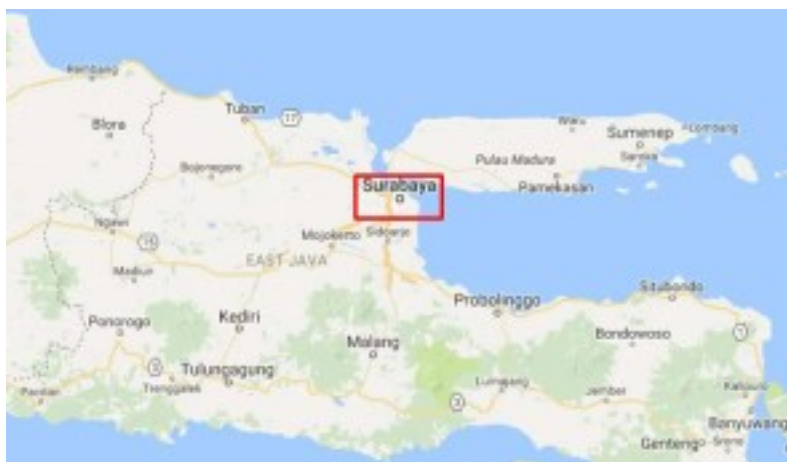
Surabaya merupakan kota terbesar kedua setelah Jakarta. Dengan populasi penduduk sekitar 3 juta orang, Surabaya telah menjadi kota Metropolitan dengan beberapa keanekaragaman yang kaya di dalamnya. Selain itu, Surabaya saat ini juga telah menjadi pusat bisnis, perdagangan, industri, dan pendidikan di Indonesia.

Surabaya dikenal sebagai Kota Pahlawan, hal ini terjadi sejak adanya pertempuran rakyat Surabaya melawan tentara Belanda dalam revolusi kemerdekaan Indonesia. Nama Surabaya, sesuai dengan etimologinya, berasal dari kata Sura atau Suro dan Baya atau Boyo, dalam bahasa Jawa. Suro adalah jenis ikan hiu, sedang boyo adalah istilah bahasa Jawa untuk buaya. Menurut mitos, dua hewan ini adalah binatang paling kuat yang juga menjadi simbol kota Surabaya sampai saat ini. Pendapat lain mengatakan, bahwa nama Surabaya juga diambil dari istilah Sura Ing Baya, yang berarti "berani menghadapi bahaya".

Surabaya merupakan pelabuhan utama dan pusat perdagangan komersial di wilayah timur Indonesia, dan sekarang menjadi salah satu kota terbesar di Asia Tenggara. Bersama dengan Lamongan di barat laut, Gresik di barat, Bangkalan di timur laut, Sidoarjo di selatan, Mojokerto dan Jombang di barat daya menjadi kesatuan yang dinamakan Gerbang Kertosusila, seperti Jabodetabek di Jakarta dan sekitarnya.

Kota Surabaya sebagai ibukota Provinsi Jawa Timur terletak di tepi pantai utara Provinsi Jawa Timur dan berbatasan langsung dengan Selat Madura di utara dan timur, Kabupaten Sidoarjo di selatan, dan Kabupaten Gresik di barat. Lokasi tepatnya yaitu berada diantara 7° 9' - 7° 21' Lintang Selatan dan 112° 36' - 112° 54' Bujur Timur. Wilayahnya berbatasan dengan Selat Madura

di sebelah Utara dan Timur, Kabupaten Sidoarjo di sebelah Selatan dan Kabupaten Gresik di sebelah Barat. Secara topografi, sebagian besar (25.919,04 Ha) merupakan dataran rendah dengan ketinggian 3 - 6 meter di atas permukaan laut pada kemiringan kurang dari 3 persen, sebagian lagi pada sebelah barat (12,77 %) dan sebelah selatan (6,52 %) merupakan daerah perbukitan landai dengan ketinggian 25 - 50 meter di atas permukaan laut dan pada kemiringan 5 – 15 persen.



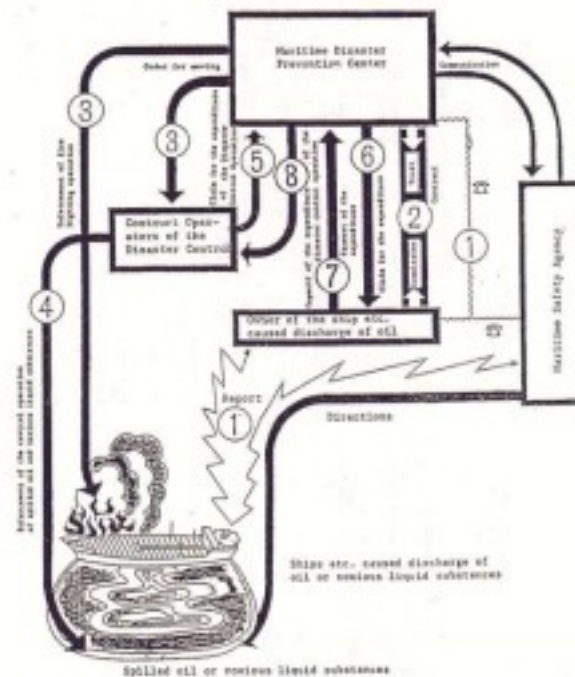
Gambar II. 1 Peta lokasi kota Surabaya (*Google Earth, 2017*)

II.3. *Marine disaster prevention Ship (MDPS)*

Marine disaster prevention Ship merupakan salah satu jenis *special purpose* vessels untuk mengatasi bencana yang ada di laut. Salah satu fungsi *Marine disaster prevention Ship (MDPS)* adalah untuk mengawasi, menangani, serta mencegah terjadinya pencemaran laut. Bencana laut yang paling sering terjadi di Indonesia adalah kecelakaan kapal. Sejumlah kecelakaan kapal serius seperti yang dijelaskan dalam berikut. Pada awal 2009, tepatnya tanggal 11 Januari 2009, kapal penumpang KM Teratai Prima pelayaran dari Pare-pare ke Samarinda telah mengalami kecelakaan di perairan Majene, West Sulawesi, dengan korban tewas mencapai 250 orang. Kecelakaan telah dilaporkan akibat gelombang tinggi disebabkan oleh topan, dan penyelamatan selanjutnya oleh tim penyelamat tidak dapat dilakukan karena tidak ada penyelamatan kerajinan mampu beroperasi dengan aman dalam cuaca buruk.

Insiden seperti ini tidak lagi sangat mengejutkan untuk kita. Pada waktu lain kita telah melihat hal-hal seperti itu. Pada pergantian 2006-2007 KM Senopati Nusantara, sebuah kapal penumpang di perjalanan dari Kumai, Kalimantan Tengah, tanggal 28 Desember 2006 yang mengarah ke pelabuhan Tanjung Mas, Semarang, telah tenggelam di Laut Jawa pada tanggal 29 Desember 2006, di daerah sekitar 40 km dari Mandalika Kabupaten Island, Jepara. Tenggelamnya KM Senopati Nusantara telah membawa 404 korban orang. kecelakaan laut ini termasuk dalam tiga terbesar, bila dilihat dari segi korban manusia, setelah dua kecelakaan lain, KMP Gurita di

perairan Pulau Weh, barat Aceh, pada tanggal 19 Januari 1996 dengan sekitar 338 orang dan KM Tampomas II di perairan Masalembo pada tanggal 27 Januari 1981 membawa kehidupan manusia sekitar 594 orang. Acara KM Tampomas II terlihat paling tragis, karena masyarakat saksi kejadian hari kecelakaan, mulai dari titik di mana kapal itu tertangkap oleh api diikuti dengan upaya penyelamatan, yang dapat dikatakan gagal karena cuaca buruk dan gelombang tinggi.(Djatkiko, 2013)



Gambar II. 2 *Marine disaster prevention* yang bertindak dibawah pengawasan ship owner dan sebagainya (sumber : Koichi Yunoki, 1996)

II.4. Alat Labuh

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

II.4.1. Jangkar

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

II.4.2. Rantai Jangkar

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

II.4.3. Anchor Winch

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

II.4.4. Tali Temali

Kabel pada kapal digunakan untuk :

- Menambatkan kapal dan mempertahankan posisi.
- *Towing*.
- *Cargo gear*.
- Memancing (*fishing*) dan *dredging*.

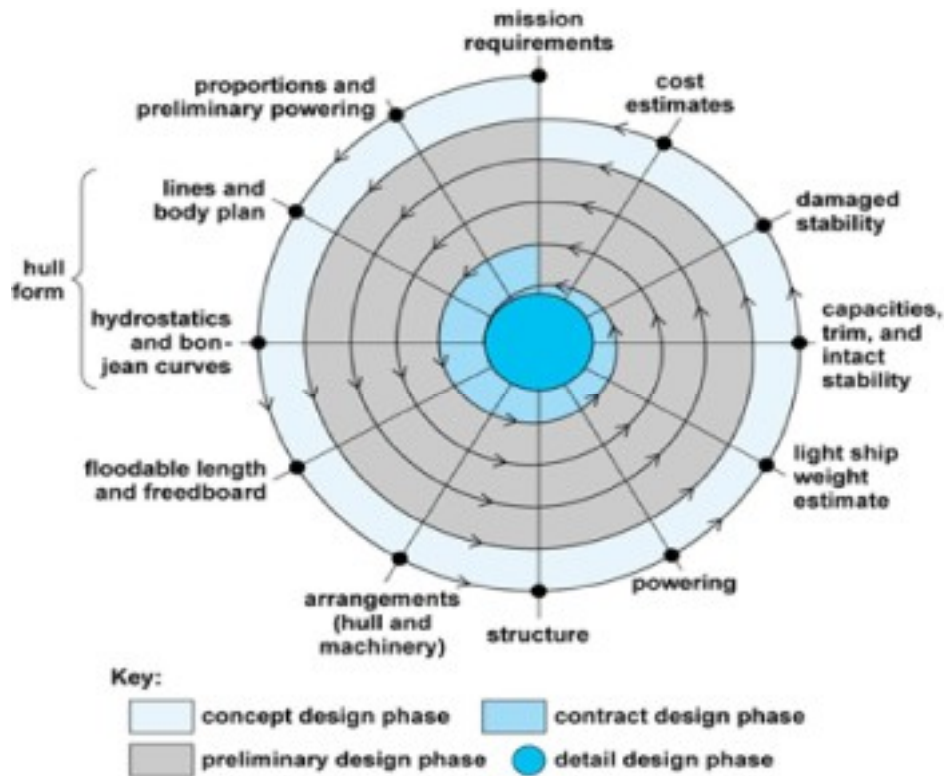
Kabel poin1 dan 2 biasanya terbuat dari tali (*rope*), sering disebut “*hawsers*”. Kabel poin3 dan 4 pada umumnya adalah kabel baja (*steel cables*). Pada umumnya tali pada kapal terbuat dari serat sintetik (*synthetic fibres*). Beberapa jenis tali (*rope*) pada kapal dilapisi mantel (*mantle*), tujuannya untuk menjaga inti kabel (Anam, 2015).

II.4.5. Hawse Pipe dan Anchor Pocket

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

II.5. Proses Desain Kapal

Proses pada desain kapal adalah proses yang berulang. Berbagai analisis dilakukan secara berulang untuk mendapatkan detail yang maksimal ketika proses desain dikembangkan, hal ini disebut sebagai desain spiral (Evans, 1959). Secara umum dapat dilihat pada Gambar II. 3.



Gambar II. 3 *Spiral Design Concept* (Sumber : Evans, 1959)

II.5.1. *Design Statement*

Design statement merupakan tahap awal dari proses desain yang digunakan untuk mendefinisikan atau memberi gambaran tentang tujuan atau kegunaan dari kapal tersebut. Hal ini juga sangat berguna bagi pemesan kapal (*owner's requirements*) dan untuk mengarahkan desainer dalam menentukan perbandingan desain selama proses desain.

II.5.2. *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 sehingga menghasilkan ukuran utama seperti panjang, lebar, tinggi, sarat, *finnes* dan *fullness power*, karakter lainnya dengan tujuan untuk memenuhi kecepatan, *range (endurance)*, kapasitas, *deadweight*.

II.5.3. *Preliminary Design*

Langkah kelanjutan dari *concept design* memeriksa kembali ukuran dasar kapal yang dikaitkan dengan *performance* (Evans, 1959). Pemeriksaan ulang terhadap panjang,

lebar, daya mesin, *deadweight* yang diharapkan tidak banyak berubah pada tahap ini. Hasil di atas merupakan dasar dalam pengembangan rencana kontrak dan spesifikasi.

II.5.4. Contract Design

Tahap merencanakan lebih teliti *hull form* (bentuk badan kapal) dengan memperbaiki *lines plan*, tenaga penggerak dengan menggunakan *model test*, *seakeeping* dan *maneuvering* karakteristik, pengaruh jumlah *propeller* terhadap badan kapal, detail konstruksi, 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 ruan ruang akomodasi. Kemudian dibuat spesifikasi rencana standar kualitas dari bagian bada kapal serta peralatan.

II.5.5. Detail Design

Tahap akhir dari perencanaan kapal adalah pengembangan detail gambar kerja (Evans, 1959). 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 bisa diinterpelasikan (dirubah).

II.6. Metode Desain Kapal

II.6.1. Parent Design Approach

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

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

II.6.2. Trend Curve Approach

Dalam proses perancangan kapal terdapat beberapa metode salah satunya yaitu *Trend Curve approach* atau biasanya disebut dengan metode statistik dengan memakai regresi dari beberapa

kapal pembanding untuk menentukan main dimension. Dalam metode ini ukuran beberapa kapal pembanding dikomparasi dimana variabel dihubungkan kemudian ditarik suatu rumusan yang berlaku terhadap kapal yang akan dirancang.

II.6.3. Iterative Design Approach

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

II.6.4. Parametric Design Approach

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

II.6.5. Optimization Design Approach

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

II.7. Tinjauan Perhitungan Teknis Perancangan Kapal

II.7.1. The Geosim Procedure

Dalam bukunya, (Barrass, 2004) *Geosim Procedure* merupakan metode penentuan ukuran utama yang digunakan ketika sebuah permintaan memiliki kesamaan geometris dengan kapal pembanding, dalam hal ini dapat digunakan satu kapal pembanding sebagai acuan. Metode ini biasa digunakan untuk menentukan ukuran utama pada kapal jenis baru dikarenakan keberadaan kapal yang masih terbatas dengan menggunakan koefisien perbandingan geometris ukuran utama

(K). Data yang dibutuhkan untuk menggunakan metode ini adalah ukuran utama kapal seperti panjang kapal (L), lebar kapal (B), sarat kapal (T), dan tinggi kapal (H) dengan C_D (*Coefficient Displacement*) dan C_B (*Coefficient Block*) yang dihasilkan memiliki nilai yang hampir serupa.

Adapun tahapan dalam penentuan ukuran utama menggunakan *Geosim Procedure* seperti di bawah ini:

1. Menentukan nilai DWT (*Deadweight Tonnes*) kapal yang akan dirancang (W_2),
2. Pengumpulan data kapal yang akan dijadikan sebagai kapal acuan meliputi ukuran utama (L, B, T, H, DWT, dan displasemen). Kapal yang akan dijadikan sebagai kapal acuan harus dengan tipe kapal yang sama dengan rasio ukuran utama yang memenuhi persyaratan.
3. Ukuran utama kapal yang akan dirancang (L_2 , B_2 , T_2 , dan H_2), didapat dari ukuran utama kapal acuan (L_1 , B_1 , T_1 , dan H_1), yang dikalikan dengan koefisien geometris (K).
4. Koefisien geometris (K) didapatkan dari persamaan geosim di bawah ini:

$$\begin{aligned} (L_2 / L_1)^3 &= W_2 / W_1 \\ L_2 / L_1 &= (W_2 / W_1)^{1/3} \\ L_2 / L_1 &= K \end{aligned}$$

Dimana:

W_2 = DWT kapal yang dirancang (ton)

W_1 = DWT kapal acuan (ton)

5. Ukuran utama kapal yang dirancang didapatkan dari perhitungan:

$$L_2 = K \times L_1 \quad (\text{m})$$

$$B_2 = K \times B_1 \quad (\text{m})$$

$$T_2 = K \times T_1 \quad (\text{m})$$

$$H_2 = K \times H_1 \quad (\text{m})$$

6. Mencari nilai C_D dan C_B dari kapal acuan seperti berikut:

Vessel type	$C_{\text{cargo DWT}}$	$C_{\text{total DWT}}$
large tankers	0.85 - 0.87	0.86 - 0.89
product tankers	0.77 - 0.83	0.78 - 0.85
container ships	0.56 - 0.63	0.70 - 0.78
Ro-Ro ships	0.50 - 0.59	
large bulk carriers	0.79 - 0.84	0.81 - 0.88
small bulk carriers	0.71 - 0.77	
refrigerated cargo ships	0.50 - 0.59	0.60 - 0.69
fishing trawlers	0.37 - 0.45	

Gambar II. 4 Koefisien Displasemen Berdasarkan Tipe Kapal (Parsons, 2001)

C_D = Koefisien perbandingan antara DWT dan displacement (ton) pada keadaan muatan penuh di *summer loaded waterline* (SLWL).

$$C_D = \frac{DWT \text{ (ton)}}{Displacement \text{ (ton)}}$$

C_B = Koefisien perbandingan antara volume kapal yang tercelup air dan volume balok kapal ($L \times B \times T$).

$$C_B = \frac{Displacement \text{ (ton)}}{L \times B \times T \times \rho}$$

7. Setelah didapatkan ukuran utama yang baru maka dilakukan pengecekan terhadap hasil perhitungan.

$$\Delta_2 = L_2 \times B_2 \times T_2 \times C_B \times \rho \quad (\text{ton})$$

Dimana:

$$\Delta_2 = \text{Displasemen kapal dirancang} \quad (\text{ton})$$

$$\rho = \text{Masa jenis air laut} \quad (\text{ton/m}^3)$$

8. Kesesuaian penggunaan metode geosim dapat disesuaikan dengan formula:

$$C_{D2} = DWT_2 / \Delta_2$$

Dan nilai C_{D2} diharapkan mendekati nilai C_{D1} ($C_{D2} \approx C_{D1}$)

II.7.2. Rasio Ukuran Utama dan Koefisien

Dalam proses perhitungan teknis kapal, salah satu komponen yang hampir selalu digunakan adalah ukuran utama kapal. Dalam desain kapal ukuran utama kapal merupakan komponen yang sangat berpengaruh terhadap perhitungan lainnya, oleh karena itu diperlukan sebuah batasan ukuran utama kapal agar perhitungan teknis dapat sesuai dengan yang dianjurkan. Berikut batasan-batasan terhadap ukuran utama kapal menurut (Parsons, 2001):

- Length-Beam Ratio (L/B)

Yaitu rasio perbandingan antara panjang dan lebar kapal. Rasio ini dapat berpengaruh terhadap hambatan kapal dan kemampuan olah gerak kapal. Batasan rasio yang dianjurkan adalah $3,5 < L/B < 10$

- Beam-Draft Ratio (B/T)

Merupakan rasio perbandingan antara lebar dan sarat kapal. Rasio ini dapat berpengaruh terhadap stabilitas kapal searah melintang. Batasan rasio yang dianjurkan adalah $1,8 < B/T < 5$

- Length-Draft Ratio (L/T)

Adalah rasio perbandingan antara panjang dan sarat kapal. Rasio ini dapat berpengaruh terhadap kekuatan memanjang kapal. Batasan rasio yang dianjurkan adalah $10 < L/T < 30$

Selain ukuran utama kapal, terdapat komponen lain yang berperan terhadap perhitungan teknis suatu kapal, yaitu koefisien-koefisien yang merupakan fungsi dari dimensi kapal yang dapat berpengaruh terhadap karakteristik hidrostatik kapal. Koefisien-koefisien tersebut adalah:

1. Froude Number (F_n)

Froude number merupakan rasio hubungan kecepatan kapal dan panjang kapal. Suatu kapal dikatakan cepat atau tidaknya tergantung besaran nilai dari *Froude Number*. Berikut formula dari F_n menurut (Lewis E. V., Principles of Naval Architecture Volume II, 1988):

$$F_n = \frac{V}{\sqrt{g \times L}}$$

2. Block Coefficient (C_B)

Merupakan koefisien perbandingan antara volume badan kapal yang tercelup dalam air dengan volume balok yang melingkupi badan kapal yang tercelup ($L \times B \times T$). Adapun (Parsons, 2001) menjelaskan formula C_B seperti di bawah ini:

$$C_B = -4.22 + 27.8 \sqrt{F_n} - 39.1 F_n + 46.6 F_n^3$$

3. Midship Coefficient (C_M)

Merupakan koefisien perbandingan antara luas bidang tengah kapal yang tercelup air dengan luasan segi empat yang melingkupinya ($B \times T$). Adapun formula C_M menurut (Parsons, 2001) seperti di bawah ini:

$$C_M = 1.006 - 0.0056 C_B - 3.56$$

4. Prismatic Coefficient (C_P)

Merupakan koefisien perbandingan antara volume kapal yang tercelup air dengan volume prisma kapal. Dan (Parsons, 2001) menjelaskan formula C_P seperti di bawah ini:

$$C_P = \frac{C_B}{C_M}$$

5. Waterplane Coefficient (C_{WP})

Merupakan koefisien perbandingan antara luasan bidang permukaan air pada saat kapal muatan penuh dengan luasan persegi pada area permukaan air ($L \times B$). Berikut formula C_{WP} menurut (Parsons, 2001) seperti di bawah ini:

$$C_{WP} = 0.262 + 0.760 C_P$$

II.7.3. Hambatan Kapal

Hambatan kapal atau biasa disebut tahanan kapal adalah gaya fluida yang bekerja pada kapal dari arah yang berlawanan kapal sehingga melawan gerakan kapal pada suatu kecepatan. Perhitungan hambatan kapal dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan daya mesin yang dibutuhkan agar kapal dapat bergerak sesuai dengan kecepatan yang diharapkan. Terdapat beberapa hal yang mempengaruhi dari besaran hambatan kapal, seperti ukuran utama kapal, bentuk badan kapal di bawah garis air, dan kecepatan kapal yang dibutuhkan. (Lewis E. V., Principles of Naval Architecture Volume II, 1988) menjelaskan untuk menghitung hambatan kapal, digunakan metode Holtrop dan Mennen. Formula perhitungan yang digunakan dalam menentukan harga hambatan total sebagai berikut:

$$R_T = \frac{1}{2} \times \rho \times V_S^2 \times S_{Tot} \times (C_F(1+k) + C_A) + \left(\frac{R_W}{W}\right) \times W$$

Dimana:

P = Masa jenis air laut (ton/m³)

V_S = Kecepatan kapal (m/s)

S_{Tot} = Luas total permukaan kapal di bawah garis air (m²)

C_F = Koefisien gesek (*Frictional coefficient*)

(1+k) = Faktor bentuk lambung

C_A = *Model-ship correlation allowance*

R_W = Hambatan akibat pengaruh gelombang (kN)

W = Displasemen kapal (ton)

1. Wave-making Resistance (R_W)

Wave-making resistance atau yang biasa disebut hambatan gelombang adalah hambatan yang disebabkan oleh gelombang air yang timbul akibat bergeraknya kapal. Menurut (Lewis

E. V., Principles of Naval Architecture Volume II, 1988) formula untuk menghitung besar hambatan gelombang seperti di bawah ini:

$$\frac{R_W}{W} = C_1 C_2 C_3 e^{m_1 \times Fn^d + m_2 \cos(\lambda Fn^{-2})}$$

Untuk kapal berkecepatan rendah dengan $Fn \leq 0.4$ maka perhitungan hambatan gelombang menggunakan *Havelock Formula*.

- Koefisien C_1

$$C_1 = 2223105 C_4^{3.7861} (T/B)^{1.0796} (90 - iE)^{-1.3757}$$

Dimana:

$$C_4 = 0.2296 (B/L)^{0.3333} \quad \text{untuk } B/L \leq 0.11$$

$$C_4 = B/L \quad \text{untuk } 0.11 \leq B/L \leq 0.25$$

$$C_4 = 0.5 - 0.0625 L/B \quad \text{untuk } B/L \geq 0.25$$

- iE = Setengah dari besar sudut masuk garis air

$$iE = 125.67 (B/L) - 162.25 C_p^2 + 234.32 C_p^3 + 0.1551 (LCB + (6.8 (T_a - T_f)/T)^3$$

Dimana:

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

$$T_a = \text{Sarat kapal di after peak} \quad (\text{m})$$

$$T_f = \text{Sarat kapal di fore peak} \quad (\text{m})$$

- Koefisien C_2

C_2 = Koefisien pengaruh dari penggunaan bulbous bow

$$C_2 = e^{-1.89} \frac{A_{BT} \times r_B}{B \times T (r_B + i)}$$

Dimana:

$$A_{BT} = \text{Luasan bulbous bow} \quad (\text{m}^2)$$

$$r_B = \text{Jari-jari efektif bulbous bow} \quad (\text{m})$$

$$r_B = 0.56 A_{BT}^{0.5}$$

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

$$h_B = \text{Tinggi bulbous bow} \quad (\text{m})$$

Dan untuk kapal tanpa bulbous bow, $C_2 = 1$

- Koefisien C_3

C_3 = Koefisien pengaruh dari transom

$$C_3 = 1 - \frac{0.8 A_T}{B \times T \times C_M}$$

Dimana:

A_T = Luasan transom pada keadaan kecepatan kapal nol (m^2)

- Koefisien m_1

$$m_1 = 0.01404 (L/T) - 1.7525 \left(V^{\frac{1}{3}}/L \right) - 4.7932 (B/L) - C_5$$

Dimana:

C_5 = Koefisien dengan fungsi koefisien prismatic (C_p)

$$C_5 = 8.0798 C_p - 13.8678 C_p^2 + 6.9844 C_p^3 \quad \text{untuk } C_p \leq 0.8$$

$$C_5 = 1.7301 - 0.7067 C_p \quad \text{untuk } C_p \geq 0.8$$

- Koefisien m_2

$$m_2 = C_6 \times 0.4 e^{-0.034 \times Fn^{-3.29}}$$

Dimana:

C_6 = Koefisien dengan fungsi L^3/V

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

$$C_6 = 1.69385 + (L/V^{\frac{1}{3}} - 8.0)/2.36 \quad \text{untuk } 512 \leq L^3/V \leq 1727$$

$$C_6 = 0 \quad \text{untuk } L^3/V \geq 1727$$

- Koefisien λ

λ = Koefisien dengan fungsi L/B

$$\lambda = 1.446 C_p - 0.03 L/B \quad \text{untuk } L/B \leq 12$$

$$\lambda = 1.446 C_p - 0.36 \quad \text{untuk } L/B \geq 12$$

- Gaya berat (W)

$$W = \rho \times g \times V \quad (\text{kN})$$

Dimana:

P = Masa jenis air laut (ton/m^3)

g = Percepatan gravitasi (m/s^2)

V = Volume displasemen (m^3)

2. Form Factor of Bare Hull (1+k)

Form factor of bare hull adalah faktor dari pengaruh bentuk lambung kapal, yang di dalamnya meliputi faktor bentuk lambung itu sendiri dan faktor penambahan bentuk lambung lainnya, serta luasan dari permukaan lambung dan luasan dari penambahan bentuk lambung lainnya. Adapun formula menurut (Lewis E. V., Principles of Naval Architecture Volume II, 1988) untuk menghitung harga dari faktor pengaruh bentuk lambung seperti di bawah ini:

$$(1 + k) = (1 + k_1) + [(1 + k_2) - (1 + k_1)] \times \frac{S_{App}}{S_{Tot}}$$

- Faktor $1+k_1$

$1+k_1$ = Faktor pengaruh dari bentuk lambung

$$1 + k_1 = 0.93 + 0.4871 c \left(\frac{B}{L}\right)^{1.0681} \left(\frac{T}{L}\right)^{0.4611} \left(\frac{L}{L_R}\right)^{0.1216} \left(\frac{L^3}{V}\right)^{0.3469} (1 - C_P)^{-0.6042}$$

Dimana:

c = Koefisien pengaruh bentuk *afterbody*

$$c = 1 + 0.011 C_{stern}$$

Tabel II. 1 Harga C_{stern}

Harga C_{stern}	Tipe Bentuk Bagian Belakang
-25	Berbentuk gondola
-10	Berbentuk V
0	Berbentuk normal
10	Berbentuk U

- Faktor $1+k_2$

$1+k_2$ = Faktor pengaruh dari penambahan bentuk lambung

$$1 + k_2 = \frac{\sum (S_i \times (1 + k_2))}{\sum S_i}$$

Dimana:

S = Luasan untuk masing-masing penambahan permukaan basah (m^2)

$1+k_2$ = Harga faktor penambahan bentuk lambung dapat dilihat pada tabel di bawah:

Tabel II. 2 Harga $1+k_2$

Harga $1+k_2$	Tipe Penambahan Permukaan
1.3 - 1.5	<i>Rudder of single screw ship</i>
2.8	<i>Spade type rudders of twin screw ships</i>
1.5 - 2	<i>Skeg-rudders of twin-screw ships</i>
3.0	<i>Shaft Brackets</i>
2.0	<i>Bossings</i>
1.4	<i>Bilge keels</i>
2.8	<i>Stabilizer fins</i>
2.0	<i>Shafts</i>
2.7	<i>Sonar dome</i>

- Total Luas Permukaan Basah (S_{tot})

S_{tot} = Total luasan permukaan basah

$$S_{Tot} = S + S_{App}$$

Dimana:

S = Luas permukaan lambung kapal di bawah garis air

$$S = L (2T + B) C_M^{0.5} \times (0.4530 + 0.4425 C_B - 0.2863 C_M - 0.003467 \left(\frac{B}{T}\right) + 0.3696 C_{WP} + 2.38 \left(\frac{A_T}{C_B}\right)$$

S_{App} = Luas permukaan komponen kapal selain lambung kapal di bawah garis air dan dihitung luasan masing-masing untuk setiap komponennya.

3. Friction Coefficient (CF)

Friction coefficient atau biasa disebut dengan koefisien gesek adalah koefisien dari hambatan gesek yang terjadi pada kapal selama kapal berlayar. (Lewis E. V., Principles of Naval Architecture Volume II, 1988) menjelaskan terdapat formula perhitungan untuk menghitung koefisien gesek seperti di bawah ini:

$$C_F = \frac{0.075}{(\log Rn - 2)^2}$$

- Rn = Reynolds number

Dimana:

$$Rn = \frac{Vs \times LWL}{\nu_s}$$

Vs = Kecepatan kapal (m/s)

LWL = Panjang garis air (m)

ν_s = Viskositas kinematis untuk air laut

$\nu_s = 1.1883 \times 10^{-6}$ (m/s)

4. Correlation Allowance (CA)

(Lewis E. V., Principles of Naval Architecture Volume II, 1988) menjelaskan *correlation allowance* merupakan faktor penambahan terhadap nilai hambatan kapal yang disebabkan oleh adanya efek kekasaran pada lambung selama kapal mendapatkan hambatan kapal. Formula C_A dirumuskan pada konferensi International Towing Tank Conference (ITTC) pada 1963 di London, Inggris. Adapun formula dalam menentukan harga C_A seperti di bawah ini:

- Untuk keadaan $T_F / L_{WL} > 0.04$ digunakan perhitungan:

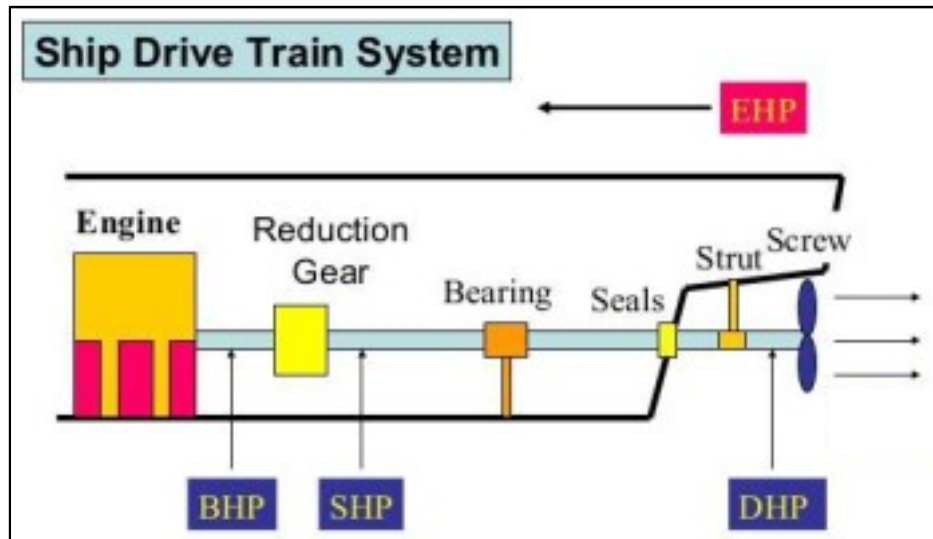
$$C_A = 0.006 (LWL + 100)^{0.16} - 0.00205$$

- Untuk keadaan $T_F / L_{WL} < 0.04$ digunakan perhitungan:

$$C_A = 0.006 (LWL + 100)^{0.16} - 0.00205 + 0.003 \left(\frac{LWL}{7.5} \right)^{0.5} C_B^4 C_2 \left(0.04 - \frac{TF}{LWL} \right)$$

II.7.4. Kebutuhan Daya Penggerak Kapal

Untuk menggerakkan suatu kapal dibutuhkan sebuah sistem penggerak yang dapat membuat kapal bergerak maju. Macam dari sistem penggerak kapal sangatlah bervariasi, baik itu sistem penggerak dengan bantuan mesin maupun tanpa bantuan mesin, namun sampai saat ini sistem penggerak dengan bantuan mesin masih dinilai sebagai sistem yang paling efisien dalam mengoperasikan kapal-kapal niaga. Agar kapal dapat bergerak sesuai dengan kecepatan yang diinginkan maka perlu untuk disesuaikan dengan kapasitas dan daya dari mesin penggerak utama (*main engine*). Oleh karena itu diperlukannya perencanaan dan perhitungan terhadap kebutuhan daya penggerak kapal. Secara garis besar perhitungan kebutuhan daya penggerak kapal dapat dibagi menjadi beberapa komponen daya seperti pada skema di bawah ini:



Gambar II. 5 Skema Pembagian Daya Penggerak Kapal

Seperti dilihat pada gambar di atas, kebutuhan daya mesin penggerak utama (*break horse power*) dapat dicari setelah melakukan perhitungan komponen daya yang ada sebelumnya secara beruntun. Berikut penjabaran dari masing-masing komponen daya menurut (Lewis E. V., Principles of Naval Architecture Volume II, 1988):

1. Effective Horse Power (EHP)

EHP merupakan daya yang dibutuhkan untuk melawan hambatan yang terjadi pada kapal sehingga kapal dapat bergerak sesuai dengan kecepatan yang diinginkan. Berikut ini adalah perhitungan untuk menentukan harga EHP:

$$EHP = RT \times V_s$$

Dimana:

$EHP = \text{Effective Horse Power}$ (HP) / (kW)

$R_T = \text{Hambatan total kapal}$ (kN)

$V_s = \text{Kecepatan dinas kapal}$ (m/s)

2. Delivery Horse Power (DHP)

DHP merupakan daya yang sampai di baling-baling (*propeller*). Terdapat penambahan daya yang dibutuhkan yang diakibatkan oleh adanya pengurangan dari efisiensi lambung, efisiensi relatif-rotatif, dan *open water efficiency*. Adapun perhitungan yang digunakan dalam menentukan harga DHP seperti berikut:

$$DHP = EHP / \eta_D$$

Dimana:

$EHP = \text{Effective Horse Power}$ (HP) / (kW)

$\eta_D = \text{Efisiensi baling-baling (propeller efficiency)}$

$$\eta_D = \eta_H \times \eta_R \times \eta_O$$

- $\eta_H = \text{Efisiensi lambung (hull efficiency)}$

$$\eta_H = (1 - t) / (1 - w)$$

Dimana:

$w = \text{Wake friction}$

$w = 2 \times C_B^5 (1 - C_B) + 0.04$ untuk kapal dengan *twin screw*

$t = \text{Thrust deduction}$

$t = 0.70 w + 0.06$ untuk kapal dengan *twin screw*

- $\eta_R = \text{Efisiensi relatif-rotatif (relative-rotative efficiency)}$

$$\eta_R = 0.9737 + 0.111 (C_P - 0.0225 LCB) + (-0.06325 P/D)$$

Dimana:

$P/D = \text{Pitch ratio}$

$LCB = \text{Panjang terhadap titik apung}$

- $\eta_O = \text{Open water efficiency}$

3. Shaft Horse Power (SHP)

SHP merupakan daya yang dibutuhkan setelah melewati *stern tube* dan *bearing*. Terdapat pengurangan daya akibat adanya penurunan efisiensi *stern tube* dan *bearing*. Adapun perhitungan yang digunakan untuk menentukan besaran daya SHP:

$$SHP = DHP / \eta_S \eta_B$$

Dimana:

DHP = *Delivery Horse Power* (HP) / (kW)

$\eta_S \eta_B$ = Efisiensi *stern tube* dan *bearing*

$\eta_S \eta_B = 0.98$, untuk peletakan *main engine* di bagian belakang kapal

$\eta_S \eta_B = 0.97$, untuk peletakan *main engine* di bagian tengah kapal

4. Break Horse Power (BHP)

BHP merupakan daya yang dibutuhkan oleh mesin penggerak utama yang telah melewati sistem transmisi. Daya BHP yang dibutuhkan lebih besar dari SHP akibat adanya pengurangan daya yang diakibatkan pengurangan efisiensi transmisi. Untuk mendapatkan harga BHP dapat ditentukan dengan perhitungan berikut:

$$BHP = SHP / \eta_T$$

Dimana:

BHP = *Break Horse Power* (HP) / (kW)

η_T = *Transmission efficiency*

$\eta_T = \Sigma (1 - li)$

li = Koefisien terhadap penggunaan komponen sistem penggerak

Tabel II. 3 Harga li

Harga li	Tipe Penggunaan Komponen Sistem Penggerak
0.010	<i>Reduction gear</i>
0.005	<i>Thrust bearing</i>
0.010	<i>Reversing gear</i>

5. Maximum Continuous Rating (MCR)

MCR merupakan margin pada kebutuhan daya mesin penggerak utama (BHP) yang disebabkan oleh penambahan adanya *power design margin* yang merupakan margin penambahan akibat perencanaan kebutuhan daya mesin masih banyak menggunakan pendekatan, dan *power service margin* mengingat mesin akan mengalami penurunan performa seiring waktu penggunaannya. MCR juga digunakan sebagai daya yang digunakan dalam pemilihan *main engine*. Berikut merupakan tahapan untuk mendapatkan harga MCR:

$$MCR = BHP(1 + M_D) / (1 - M_S)$$

Dimana:

M_D = Power design margin

$M_D = 3 - 5 \%$

M_S = Power service margin

$M_S = 15 - 25 \%$

II.7.5. Berat dan Titik Berat Kapal

Pada proses mendesain kapal, perhitungan berat dan titik berat menjadi aspek yang penting untuk diperhatikan, mengingat berat dan titik berat dapat berpengaruh pada perhitungan dan batasan teknis lainnya seperti trim, stabilitas, perhitungan kekuatan, dll. Perhitungan berat pada kapal pada umumnya terbagi menjadi dua komponen, yaitu LWT (*Lightweight Tonnage*) dan DWT (*Deadweight Tonnage*).

1. Berat *Lightweight Tonnage* (LWT)

LWT digolongkan menjadi beberapa bagian, diantaranya adalah berat komponen baja, berat peralatan dan perlengkapan, dan berat permesinan.

a. Berat Komponen Baja Kapal

Merupakan seluruh berat dari komponen baja meliputi berat baja kapal di bawah geladak utama, berat sistem keamanan peti kemas, dan berat dari bangunan atas dan rumah geladak.

i. Berat Baja Di Bawah Geladak Utama (*Container Ship*)

Merupakan berat baja kapal di bawah geladak utama meliputi berat kulit lambung dan konstruksi lambung. Menurut (Schneekluth & Betram, 1998) untuk jenis kapal *container ship* dihitung dengan formula:

$$W_{HS} = V_u \times C_{ST} \times [1 + 2(L - 120)^2 \times 10^{-6}] \times \left[1 + 0.057 \left(\frac{L}{H} - 12\right)\right] \times \left[\frac{30}{H + 14}\right]^{0.5} \\ \times [1 + 0.1 \left(\frac{B}{H} - 2.1\right)^2] \times \left[1 + 0.2 \left(\frac{T}{H} - 0.85\right)\right] \times [0.92 + (1 - C_{BD})^2]$$

Dimana:

W_{HS} = Berat baja di bawah geladak utama (ton)

V_u = Volume kapal di bawah geladak utama (m³)

C_{ST} = 0.090 ~ 0.100

C_{BD} = *Block coefficient to waterline tangential to topmost continuous deck*

$C_{BD} = C_B + C_1 (H - T)/T (1 - C_B)$

$C_1 = 0.25$ untuk kapal dengan *little frame flare*

$C_1 = 0.4 - 0.7$ untuk kapal dengan *marked frame flare*

ii. Berat Peralatan Keamanan *Container*

Berbeda dengan jenis kapal yang lain, kapal *container* memiliki sistem yang dapat menjaga peti kemas tetap aman selama kapal beroperasi yang biasa disebut dengan *container securing system*. Menurut (Schneekluth & Betram, 1998) sistem ini memiliki dua komponen berat yang harus diperhitungkan yaitu *cell guides* dan *lashing*.

- Berat *Container Cell Guides*

$$W_{CG} = n (FEUs) \times C_{CG}$$

Dimana:

n (FEUs) = Jumlah peti kemas berukuran 40 ft

C_{CG} = Koefisien berat lasing per FEUs

C_{CG} = 0.45 ton/FEUs

- Berat *Container Lashing*

$$W_{CL} = n (TEUs) \times C_{CL}$$

Dimana:

n (TEUs) = Jumlah peti kemas berukuran 20 ft

C_{CL} = Koefisien berat lasing per TEUs

C_{CL} = 0.024 ton/TEUs

iii. Berat Bangunan Atas dan Rumah Geladak

Pada dasarnya seluruh bangunan kapal yang berada di atas geladak utama merupakan bagian dari dua komponen yaitu bangunan atas (*superstructure*) dan rumah geladak (*deck house*). Dimana *superstructure* meliputi *poop* dan *forecastle*, sementara *deck house* meliputi bangunan di atas *superstructure*. Untuk menghitung berat dari *superstructure* dan *deck house* menurut (Schneekluth & Betram, 1998) dapat digunakan formula sebagai berikut:

$$W_n = V_n \times C_n$$

Dimana:

V_n = Volume bangunan yang akan dicari (m³)

C_n = Koefisien berat baja bangunan yang akan dicari (ton/m³)

Untuk koefisien berat baja bangunan kapal dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

F_o / F_u = Perbandingan antara luas geladak *layer* di atasnya dengan *layer* di bawahnya

Tabel II. 4 Harga Koefisien *Superstructure*

Type <i>Superstructure</i>	Harga Koefisien Berat Baja <i>Superstructure</i>
Forecastle dengan panjang kapal ≥ 140 m	0.1 ton/m ³
Forecastle dengan panjang kapal ≈ 120 m	0.13 ton/m ³
Poop	0.075 ton/m ³

Tabel II. 5 Harga Koefisien *Deck House*

F_o/F_u	Layer				
	I	II	III	IV	Wheelhouse
1.0	0.057	0.056	0.052	0.053	0.040
1.25	0.064	0.063	0.059	0.060	0.045
1.5	0.071	0.070	0.065	0.066	0.050
1.75	0.078	0.077	0.072	0.073	0.055
2.0	0.086	0.084	0.078	0.080	0.060
2.25	0.093	0.091	0.085	0.086	0.065
2.5	0.100	0.098	0.091	0.093	0.070

iv. Berat Koreksi Baja Kapal

Di dalamnya meliputi berat konstruksi sekat, *double bottom*, dan dudukan mesin induk.

- Berat Konstruksi Sekat

$$W_{BC} = 25\% \times W_{HS}$$

Dimana:

$$W_{HS} = \text{Berat baja di bawah geladak utama} \quad (\text{ton})$$

- Berat Konstruksi Alas Ganda (*Double Bottom*)

$$W_{DB} = V_{DB} \times C_{DB}$$

Dimana:

$$V_{DB} = \text{Volume double bottom} \quad (\text{m}^3)$$

$$C_{DB} = \text{Koefisien berat konstruksi double bottom} \quad (\text{ton/m}^3)$$

$$C_{DB} = 0.1 \text{ ton/m}^3$$

- Berat *Engine Foundation*

$$W_{EF} = \frac{27 \times BHP}{(n + 250) \times (15 + BHP/1000)}$$

Dimana:

$$BHP = \text{Break Horse Power} \quad (\text{kW})$$

$$n = \text{Putaran mesin utama} \quad (\text{rpm})$$

b. Berat Komponen Sitem Kapal

Perhitungan berat permesinan dapat dibagikan ke dalam beberapa kelompok, diantaranya:

- Berat *Propulsion units*
- Berat *Electrical units*
- Berat *Other units*
- *Special weight*

i. Berat Sistem Propulsi

- Berat Mesin Utama (*Main Engine*)

Berat mesin utama yang disesuaikan dan diketahui dari di katalog mesin.

- Berat *Gear Box*

$$W_{GB} = (0.3 \sim 0.4) BHP/n$$

- Berat Baling-Baling

$$W_{Prop} = D^3 \times K$$

Dimana:

$$D = \text{Diameter propeller} \quad (\text{m})$$

$$K = (ds/D) \times (1.85 A_E/A_O - (Z - 2)/100)$$

$$ds = \text{Diameter poros propeller} \quad (\text{m})$$

$$ds = 11.5 (DHP/n)^{1/3}$$

A_E/A_O = Perbandingan antara luas *propeller expanded* dengan luas lingkaran

Z = Jumlah daun *propeller*

- Berat Poros Baling-Baling

$$M = M/Ls \times Ls$$

Dimana:

$$Ls = \text{Panjang poros propeller} \quad (\text{m})$$

$$Ls = 0.081 (DHP/n)^{2/3}$$

$$DHP = \text{Delivery Horse Power} \quad (\text{kW})$$

- ii. Berat Sistem Kelistrikan

$$W_E = 0.001 \times BHP \times (15 + 0.014 \times BHP)$$

- iii. Berat Sistem Permesinan Lainnya

$$W_{MO} = (0.04 \sim 0.07) \times BHP$$

- c. Berat Peralatan dan Perlengkapan

Berat peralatan dan perlengkapan (*equipment and outfitting/E&O*) menurut (Schneekluth & Betram, 1998) secara garis besar dibagi menjadi 4 kelompok (*group*), yaitu:

- i. Group I, untuk berat peralatan bongkar muat (*cargo handling / access equipment*)
Untuk estimasi berat *crane* yang terpasang di atas kapal dapat dilihat di bawah ini:

Tabel II. 6 Hasil estimasi Berat Crane

Max. load (t)	Weight (t) at max. working radius			
	15 m	20 m	25 m	30 m
10	18	22	26	
15	24	28	34	
20		32	38	45
25		38	44	54
30		42	48	57
35		46	52	63

- ii. Group II, untuk berat peralatan dan perlengkapan di ruang akomodasi (*living quarter*)

$$W_{III} = Vn \times C_{III}$$

Dimana:

Vn = Volume bangunan yang akan dicari (m³)

C_{III} = Koefisien berat E&O group III (ton/m³)

= 160 ~ 170 kg/m² fungsi luasan tipe kapal kargo berukuran kecil dan sedang

= 60 ~ 70 kg/m³ fungsi volume tipe kapal kargo berukuran kecil dan sedang

= 180 ~ 200 kg/m² fungsi luasan tipe kapal kargo dan tanker berukuran besar

= 80 ~ 90 kg/m³ fungsi volume tipe kapal kargo dan tanker berukuran besar

- iii. Group III, untuk peralatan dan perlengkapan lainnya

$$W_{IV} = (L \times B \times H)^{2/3} \times C_{IV}$$

Dimana:

C_{IV} = 0.18 ~ 0.26 (ton/m²)

2. Berat Deadweight Tonnage (DWT)

Untuk DWT terdiri atas beberapa komponen, meliputi berat muatan (*payload*), bahan bakar, berat minyak pelumas, berat air tawar, berat *provision*, berat orang (*crew* dan penumpang), dan berat barang bawaan. Perhitungan DWT ini dilakukan untuk satu kali perjalanan *round trip* dan berikut penjabaran perhitungan DWT menurut (Schneekluth & Betram, 1998).

a. Berat Muatan (*Payload*)

Merupakan berat total dari muatan yang dibawa di atas kapal. Besaran *payload* sudah ditentukan oleh pemilik kapal yang sudah terangkum dalam *owner requirement* dan juga menjadi landasan dasar bagi desainer untuk merancang kapal.

b. Berat Crew dan Consumables

$$W_{C\&E} = C_{C\&E} \times n_{Crew} \quad (\text{ton})$$

Dimana:

$C_{C\&E}$ = Koefisien berat *crew* (ton/orang)

$$C_{C\&E} = 0.17$$

$$n_{Crew} = \text{Jumlah crew} \quad (\text{orang})$$

c. Berat Air Tawar (*Fresh Water*)

$$W_{FW} = C_{FW} \times n_{Crew} \quad (\text{ton/hari})$$

Dimana:

$$C_{FW} = \text{Koefisien berat air tawar} \quad (\text{ton/orang hari})$$

$$C_{FW} = 0.17$$

d. Berat *Provision and Store*

$$W_{PR} = C_{PR} \times n_{Crew} \quad (\text{ton/hari})$$

Dimana:

$$C_{PR} = \text{Koefisien berat provision and store} \quad (\text{ton/orang hari})$$

$$C_{PR} = 0.01$$

e. Berat Bahan Bakar *Heavy Fuel Oil (HFO)*

$$W_{Fuel} = SFR \times MCR \times (R/Vs) \times \text{Margin} \quad (\text{ton})$$

Dimana:

$$SFR = \text{Specific Fuel Rate} \quad (\text{ton/kW jam})$$

$$MCR = \text{Maximum Continous Rating} \quad (\text{kW})$$

$$R = \text{Jarak pelayaran} \quad (\text{km})$$

$$Vs = \text{Kecepatan dinas kapal} \quad (\text{m/s})$$

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

f. Berat Bahan Bakar *Marine Diesel Oil (MDO)*

$$W_{DO} = C_{DO} \times W_{Fuel} \quad (\text{ton})$$

Dimana:

$$C_{DO} = \text{Koefisien berat bahan bakar MDO}$$

$$= 0.2$$

g. Berat *Lubrication Oil* (Minyak Pelumas)

$$W_{LO} = BHP \times \rho_{LO} \times (R/Vs) \times 10^{-6} \times 1.4$$

Dimana:

$$\rho_{LO} = \text{Masa jenis minyak pelumas} \quad (\text{ton/m}^3)$$

3. Titik Berat

Titik berat benda adalah suatu titik pada benda tersebut dimana berat dari seluruh bagian benda terpusat pada titik tersebut. Dasar teori itulah yang dijadikan landasan dalam merancang kapal, dimana perhitungan titik berat gabungan kapal merupakan gabungan dari seluruh komponen

benda yang ikut terapung bersama kapal. Dalam perhitungan mencari titik berat terdapat dua jenis pendekatan, yaitu pendekatan dengan formula yang didapat dari hasil penelitian dan pengujian, serta pendekatan terhadap bentuk-bentuk bidang dan ruang seperti persegi, persegi panjang, segi tiga, lingkaran, trapesium, dll.

Untuk perhitungan jarak titik berat kapal dapat dibagi menjadi dua macam, yaitu jarak titik berat secara memanjang (*longitudinal center of gravity / LCG*) untuk mengetahui dimana letak titik berat secara memanjang, yang pada umumnya menjadikan titik AP, *midship*, atau FP sebagai titik acuannya, dan jarak titik berat secara vertikal (*vertical center of gravity / VCG*) guna mengetahui letak titik berat secara vertikal, yang pada umumnya menjadikan dasar lunas (*keel*) sebagai titik acuan untuk mengukur VCG. Adapun formula yang digunakan untuk mencari letak titik berat gabungan, seperti yang di bawah ini:

$$LCG_{Tot} = \frac{(LCG_1 \times W_1) + (LCG_2 \times W_2) + (LCG_3 \times W_3) + \dots + (LCG_n \times W_n)}{(W_1 + W_2 + W_3 + \dots + W_n)}$$

$$VCG_{Tot} = \frac{(VCG_1 \times W_1) + (VCG_2 \times W_2) + (VCG_3 \times W_3) + \dots + (VCG_n \times W_n)}{(W_1 + W_2 + W_3 + \dots + W_n)}$$

4. Batasan Berat dan Titik Berat

Kapal diharapkan dapat berlayar dengan kondisi ideal dari aspek berat dan titik beratnya, karena hal ini dapat berdampak pada aspek lainnya seperti lambung timbul, trim, dan stabilitas. Kondisi ideal yang dimaksud adalah kondisi dimana kapal tidak mengalami trim atau biasa disebut dengan istilah *even keel*. Adapun koreksi yang digunakan dalam mengkategorikan apakah kapal dalam kondisi *even keel* atau tidak, yaitu koreksi displasemen dan koreksi titik berat, dimana keduanya menggunakan aspek gaya apung (*bouyancy / B*) dan gaya berat (*gravity / G*) serta titik apung (*longitudinal center of bouyancy / LCB*) dan titik berat secara memanjang (*longitudinal center of gravity / LCG*).

a. Koreksi Displasemen

Merupakan koreksi yang digunakan untuk mengetahui selisih antara gaya apung dan gaya berat. Adapun batasan maksimum dari harga selisih antara gaya apung dan gaya berat sebesar 5 % dari harga gaya apung.

$$\frac{B - G}{B} \times 100 \% \leq 5 \%$$

Dimana:

B = Gaya apung atau displasemen (ton)

G = Gaya berat atau LWT + DWT (ton)

b. Koreksi Titik Berat

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

$$\frac{LCB - LCG}{LWL} \times 100 \% \leq 1 \%$$

Dimana:

LCB = Jarak titik apung searah memanjang (m)

LCG = Jarak titik berat searah memanjang (m)

LWL = Panjang garis air (m)

II.7.6. Lambung Timbul Kapal (*Freeboard*)

Lambung timbul atau biasa disebut *freeboard* adalah jarak yang diukur secara vertikal pada bagian *midship* kapal dari tepi garis geladak hingga garis air di area *midship*. *Freeboard* merupakan aspek penting dalam perencanaan desain kapal, hal ini dikarenakan *freeboard* digunakan juga sebagai daya apung cadangan kapal dan memiliki dampak langsung terhadap keselamatan, baik keselamatan muatan, *crew*, dan kapal itu sendiri. Terdapat beberapa peraturan mengenai batasan-batasan dari *freeboard* yaitu PGMI (Peraturan Garis Muat Indonesia) dan peraturan internasional ICLL (*International Convention on Load Lines*) tahun 1996 di London, Inggris.

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

- Kapal Tipe A, adalah kapal yang memiliki kriteria seperti:
 - Kapal yang didesain memuat muatan cair curah
 - Kapal dengan akses bukaan ke kompartemen yang kecil, serta ditutup penutup bermaterial baja yang kedap.
 - Kapal dengan kemampuan menyerap air atau gas yang rendah pada ruang muat yang terisi penuh.
 - Contoh jenis kapal yang termasuk pada tipe A adalah *Tanker* dan *LNG Carrier*.
- Kapal Tipe B, adalah kapal yang tidak memenuhi kriteria dari kapal tipe A.

Untuk perhitungan besar nilai *freeboard* dilakukan dengan menggunakan batas tinggi minimum *freeboard* yang sudah ditentukan sesuai tabel *freeboard*, dan penambahan atau pengurangan dari beberapa koreksi yang telah ditentukan. Adapun tahapan dalam menentukan besaran tinggi minimum *freeboard*, seperti:

1. Menentukan besar tinggi minimum *freeboard* yang sudah ditentukan dalam tabel *freeboard* sesuai tipe kapal yang berdasarkan fungsi panjang kapal (F_1). Apabila ukuran panjang kapal tidak tersedia, maka dilakukan interpolasi untuk mendapatkan nilai F_1 .

2. Untuk kapal dengan panjang antara 24 - 100 meter dilakukan koreksi penambahan tinggi *freeboard* (F_2) dengan formula:

$$F_2 = 7.5 (100 - L)(0.35 - E/L) \quad (\text{mm})$$

atau,

$$F_2 = 0.09 (328 - L)(0.35 - E/L) \quad (\text{inches})$$

Dimana:

$$L = \text{Panjang kapal dalam satuan } \textit{feet} \quad (\text{ft})$$

$$E = \text{Panjang efektif dari } \textit{superstructure} \quad (\text{m})$$

3. Dilakukan koreksi penambahan koefisien blok (C_B), apabila kapal memiliki harga C_B lebih dari 0.68 (F_3), dengan formula:

$$F_3 = (C_B + 0.68)/1.36 \quad (\text{mm})$$

4. Kapal dengan ukuran tinggi lebih dari $L/15$ maka dilakukan koreksi penambahan tinggi (F_4), dengan formula:

$$F_4 = (D - L/15) R \quad (\text{mm})$$

Dimana:

$$R = L/0.48 \quad \text{untuk kapal dengan } L < 120 \text{ m}$$

$$R = 250 \quad \text{untuk kapal dengan } L > 120 \text{ m}$$

5. Koreksi pengurangan tinggi *freeboard* dapat dilakukan berdasarkan fungsi panjang efektif *superstructure* (F_5) dengan ketentuan di bawah ini:

Tabel II. 7 Harga Koreksi F_5 Untuk Kapal Tipe B

Panjang Efektif <i>Superstructure</i>	Kapal Tanpa <i>Detached Bridge</i>	Kapal Dengan <i>Detached Bridge</i>
0.0 L	0	0
0.1 L	5	6.3
0.2 L	10	12.7
0.3 L	15	19
0.4 L	23.5	27.5
0.5 L	32	36
0.6 L	46	46

0.7 L	63	63
0.8 L	75.3	75.3
0.9 L	87.7	87.7
1.0 L	100	100

II.7.7. Stabilitas Kapal

Stabilitas kapal adalah kemampuan kapal untuk kembali kepada kedudukan kesetimbangan dalam kondisi air tenang ketika kapal mengalami gangguan dalam kondisi tersebut. Hal-hal yang memegang peranan penting dalam stabilitas kapal antara lain :

1. Titik K (*keel*) yaitu titik terendah kapal yang umumnya terletak pada lunas.
2. Titik B (*bouyancy*) yaitu titik tekan ke atas dari volume air yang dipindahkan oleh bagian kapal yang tercelup di dalam air.
3. Titik G (*gravity*) yaitu titik tekan ke bawah yang merupakan titik pusat dari berat kapal.
4. Titik M (*metacentre*) yaitu titik perpotongan antara vektor gaya tekan ke atas pada keadaan tetap dengan vektor gaya tekan ke atas pada sudut oleng.

Keseimbangan statis suatu benda dibedakan atas tiga macam, yaitu :

1. Keseimbangan stabil, kondisi dimana letak titik G berada di bawah titik M.
2. Keseimbangan labil, kondisi dimana letak titik G berada di atas titik M.
3. Keseimbangan *indeferent*, kondisi dimana letak titik berat G berimpit dengan titik M.

Terdapat beberapa metode dalam menentukan besaran kapal. Untuk metode yang digunakan untuk desain MDPS ini sesuai dengan metode yang dijelaskan oleh (Manning) yang mempertimbangkan besar lengan pengembali GZ. Untuk perhitungan GZ dapat didapatkan seperti berikut:

$$GZ = GG' \sin \phi + b_1 \sin 2\phi + b_2 \sin 4\phi + b_3 \sin 6\phi$$

Dimana:

Φ = sudut inklinasi

$$GG' = KG' - KG$$

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

$$b_2 = \frac{G'M_0 + G'M_{90}}{8}$$

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

Kapal yang akan dibangun harus dapat dibuktikan secara teoritis bahwa kapal tersebut telah memenuhi kriteria stabilitas yang diatur oleh (Intact Stability Code, 1974). Ada beberapa kriteria persyaratan dalam perhitungan stabilitas kapal sebagai berikut:

- Luasan minimum di bawah kurva lengan statis GZ sampai dengan sudut oleng 30° adalah 0.055 m.rad.
- Luasan minimum di bawah kurva lengan statis GZ sampai dengan sudut oleng 40° adalah 0.09 m.rad.
- Luasan minimum di bawah kurva lengan statis GZ antara sudut oleng 30° - 40° adalah 0.03 m.rad.
- Lengan statis GZ pada sudut oleng $\geq 30^\circ$ tidak boleh kurang dari 0.20 m.
- Jarak GM pada sudut oleng 0° tidak boleh kurang dari 0.15 m.
- Lengan statis (GZ) maksimum terjadi tidak boleh kurang dari 25° .

II.7.8. Desain Rencana Umum dan Permodelan 3D

Rencana umum atau *general arrangement* dari suatu kapal dapat didefinisikan sebagai penentuan dari ruangan kapal untuk segala kegiatan dan peralatan yang dibutuhkan sesuai dengan letak dan jalan untuk mencapai ruangan tersebut. Sehingga dari batasan tersebut, ada 4 langkah yang harus dikerjakan, yaitu :

- Menetapkan ruangan utama.
- Menentukan batas-batas dari setiap ruangan.
- Memilih dan menempatkan perlengkapan dan peralatan dalam batas dari ruangan tersebut.
- Menyediakan jalan untuk menuju ruangan tersebut.

Permodelan 3D dibutuhkan untuk melihat bentuk kapal dalam bentuk 3D, sehingga secara tidak langsung merepresentasikan bentuk kapal ketika kapal dibangun nantinya.

II.8. Tinjauan Perhitungan Ekonomis Perancangan Kapal

Dalam proses merancang kapal terdapat dua aspek yang harus diperhitungkan, yaitu aspek teknis dan aspek ekonomis yang saling berkaitan, dimana hasil dari analisa teknis dapat mempengaruhi perhitungan ekonomis, begitu juga sebaliknya. Salah satu tujuan dari proses mendesain kapal yang utama adalah mampu menghasilkan desain kapal dengan kriteria teknis yang memenuhi persyaratan dan mampu meningkatkan efisiensi pada aspek ekonomis. Aspek ekonomis yang dipertimbangkan dalam mendesain kapal antara lain dibedakan menjadi dua jenis

biaya, yaitu biaya pembangunan yang merupakan kebutuhan biaya untuk membangun kapal dari tahap awal hingga kapal selesai dibangun, serta biaya operasional kapal yang mana merupakan biaya yang perlu dikeluarkan selama kapal beroperasi.

II.8.1. Biaya Pembangunan

Menurut (PERTAMINA, 2007) pada dasarnya biaya pembangunan terdiri dari dua jenis biaya yaitu biaya langsung (*direct cost*) dan biaya tidak langsung (*indirect cost*). *Direct cost* merupakan jenis biaya yang secara langsung dikeluarkan untuk pembangunan fisik kapal, antara lain adalah biaya untuk pembelian material dan baja, sistem dan permesinan, biaya pekerja, biaya *launching* dan *testing*, serta biaya inspeksi dan sertifikasi. Sementara *indirect cost* adalah biaya yang digunakan untuk membiayai kebutuhan kapal secara tidak langsung seperti biaya desain, biaya asuransi, biaya pengiriman barang, biaya garansi, dll. Terdapat 5 tahapan dalam perhitungan estimasi biaya pembangunan berdasarkan tingkat akurasi dan kelengkapan data-data dari setiap *equipment* yang digunakan. Estimasi biaya pembangunan memiliki tingkat akurasi yang berbeda-beda sesuai dengan tingkat penyelesaian pekerjaan.

1. Conceptual or screening estimate (estimate class 5)

Estimasi yang dibuat berdasarkan data proyek sejenis yang pernah dibuat di waktu lalu atau menggunakan *parametric model*, *judgement*, dan *analogy*. Estimasi ini dibuat dengan tingkat penyelesaian lingkup pekerjaan 0% s.d. 2% dan memiliki tingkat akurasi berkisar antara batas bawah -20% s.d. -50% dan batas atas +30% s.d. +100%.

2. Study or feasibility estimate (estimate class 4)

Estimasi yang dibuat berdasarkan *equipment factored* atau menggunakan *parametric model*. Dibuat dengan tingkat penyelesaian lingkup pekerjaan 1% s.d. 15% dan memiliki tingkat keakurasian berkisar antara batas bawah -15% s.d. -30% dan batas atas +20% s.d. +50%.

3. Budgetary or control estimate (estimate class 3)

Estimasi yang dibuat dengan menggunakan metode *semi-detailed unit cost* yaitu estimasi yang dibuat berdasarkan data-data *equipment* yang lebih terperinci. Estimasi ini dibuat dengan tingkat penyelesaian lingkup pekerjaan 10% s.d. 40% dan memiliki tingkat keakurasian berkisar antara batas bawah -10% s.d. -20% dan batas atas +10% s.d. +30%.

4. Control or bid/tender estimate (estimate class 2)

Estimasi yang dibuat dengan menggunakan metode *detailed unit cost* yaitu estimasi yang dibuat berdasarkan data-data *equipment* yang lengkap/detail. Estimasi ini dibuat dengan tingkat penyelesaian lingkup pekerjaan 30% s.d. 70% dan memiliki tingkat keakurasian berkisar antara batas bawah -5% s.d. -15% dan batas atas +5% s.d. +20%.

5. *Check estimate (estimate class 1)*

Estimasi yang dibuat menggunakan metode *detailed unit cost* dilengkapi dengan detail material *take-off*, yaitu estimasi yang dibuat berdasarkan data-data *equipment* dan jumlah material yang akurat. Estimasi ini dibuat dengan tingkat penyelesaian lingkup pekerjaan 50% s.d. 100% dan memiliki keakurasian berkisar antara batas bawah -3% s.d. -10% dan batas atas +3% s.d. +15%.

Pada tahap *conceptual or screening estimate* digunakan estimasi biaya untuk setiap komponen berdasarkan persentase dari masing-masing komponen menurut (PERTAMINA, 2007) sebagai berikut:

Tabel II. 8 Persentase Komponen Biaya Pembangunan Kapal

Cost	Detail	%
Direct Cost	1. Hull Part	
	1.a. Steel plate and profile	21.00
	1.b. Hull outfit, deck machiney and accommodation	7.00
	1.c. Piping, valves and fittings	2.50
	1.d. Paint and cathodic protection/ICCP	2.00
	1.e. Coating (BWT only)	1.50
	1.f. Fire fighting, life saving and safety equipment	1.00
	1.g. Hull spare part, tool, and inventory	0.30
	Subtotal (1)	35.30
	2. Machinery Part	
	2.a. Propulsion system and accessories	12.00
	2.b. Auxiliary diesel engine and accessories	3.50
	2.c. Boiler and Heater	1.00
	2.d. Other machinery in in E/R	3.50
	2.e. Pipe, valves, and fitting	2.50
	2.f. Machinery spare part and tool	0.50
	Subtotal (2)	23.00
	3. Electric Part	
	3.a. Electric power source and accessories	3.00
	3.b. Lighting equipment	1.50
3.c. Radio and navigation equipment	2.50	
3.d. Cable and equipment	1.00	

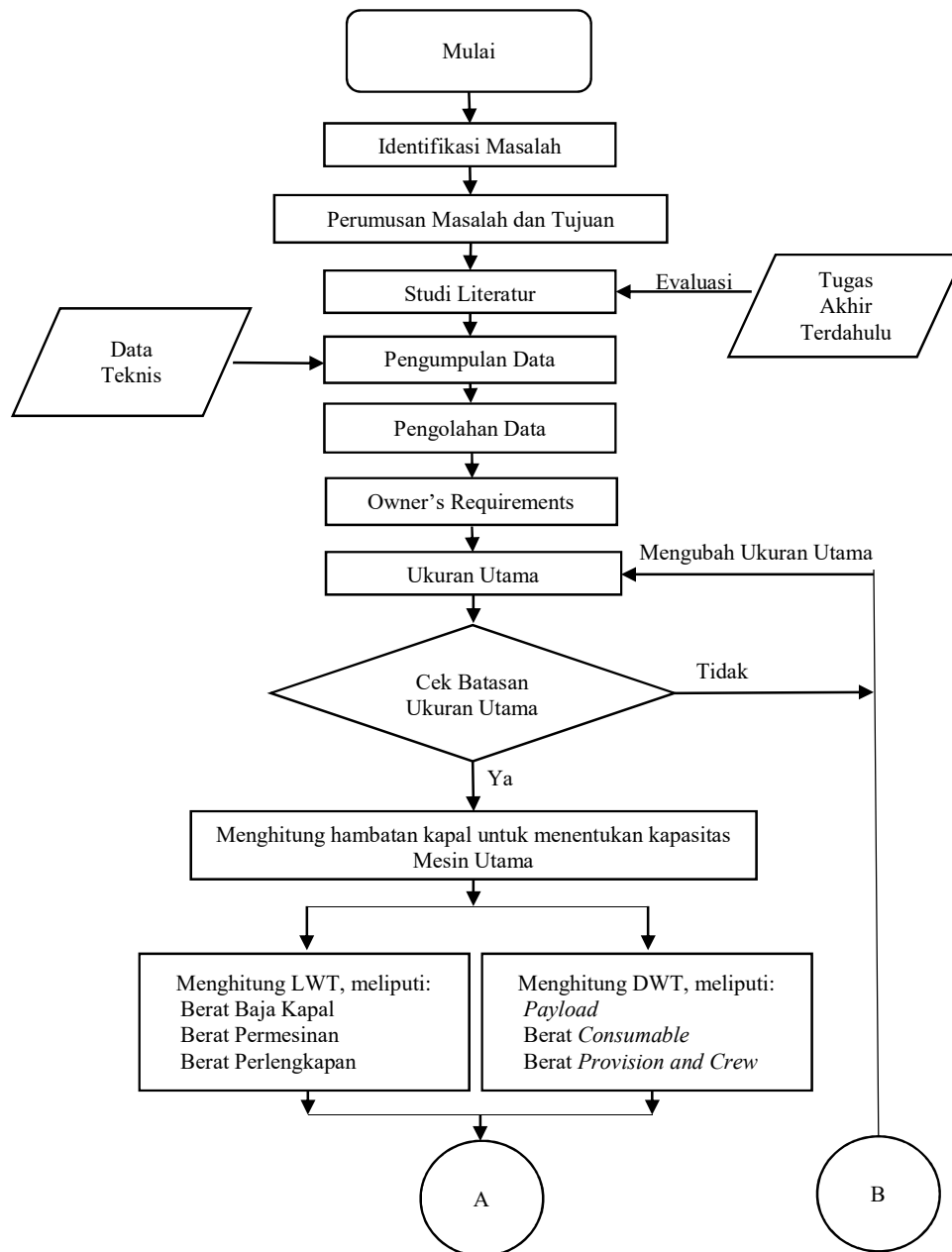
	3.e. Electric spare part and tool	0.20
	Subtotal (3)	8.20
	4. Construction cost	
	Consumable material, rental equipment and labor	20.00
	Subtotal (4)	20.00
	5. Launching and testing	
	Subtotal (5)	1.00
	6. Inspection, survey and certification	
	Subtotal (6)	1.00
	TOTAL I (sub 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6)	88.50
Indirect Cost	7. Design cost	3.00
	8. Insurance cost	1.00
	9. Freight cost, import duties, IDC, Q/A, guarantee engineer, handling fee, guarantee & warranty cost.	2.50
	TOTAL II (sub 7+ 8 + 9)	6.50
Margin	TOTAL III	5.00
GRAND TOTAL (I + II + III)		100.00

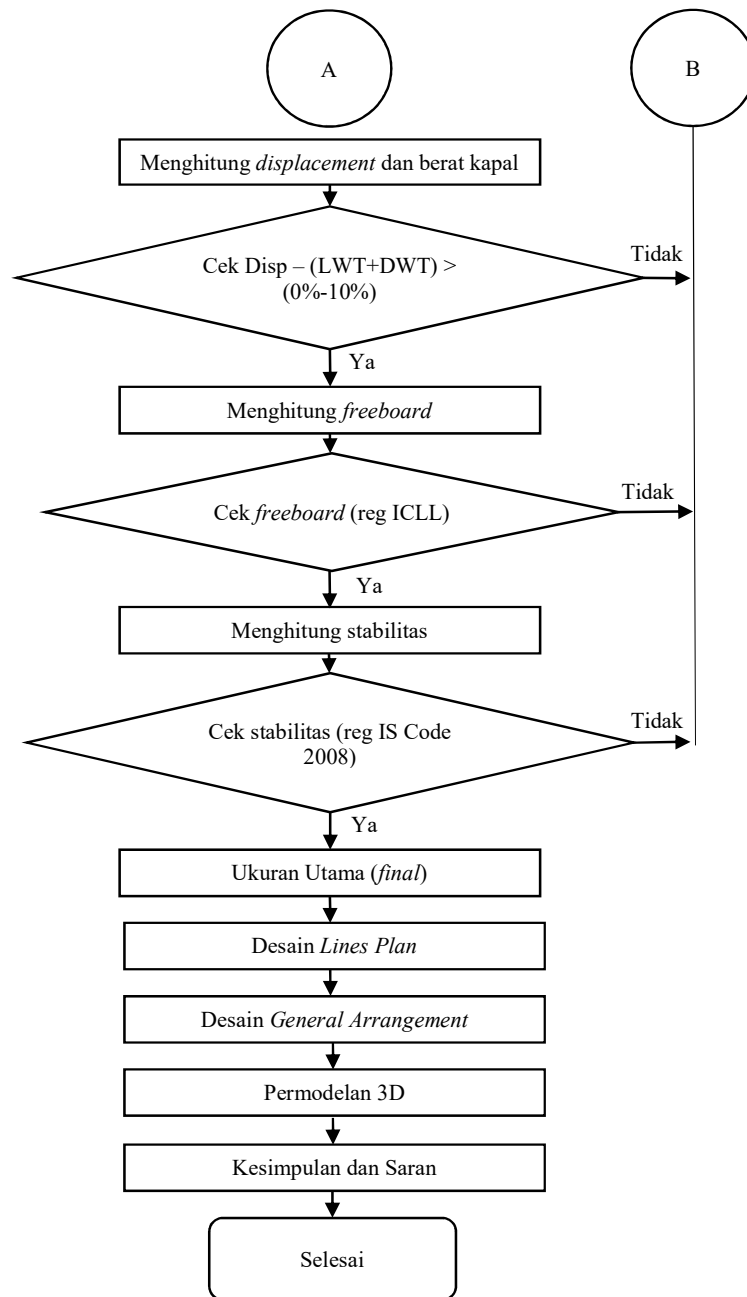
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1. Diagram Alir

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





Gambar III. 1 Diagram alir pengerjaan Tugas Akhir

Pada Gambar III. 1 adalah diagram alir pengerjaan Tugas Akhir dari awal hingga selesai. Penjelasan tentang diagram alir tersebut adalah:

III.1.1. Tahapan Identifikasi Masalah

Pada tahap awal ini dilakukan identifikasi permasalahan berupa :

- Adanya peraturan Undang-Undang Republik Nomor 32 Tahun 2014 Tentang Kelautan yang mewajibkan perlindungan lingkungan laut dari pencemaran.
- Jumlah kapal *marine disaster prevention* yang minim jika dibandingkan dengan kebutuhan luas wilayah di Indonesia.
- Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya sebagai pelabuhan terpadat ke dua di Indonesia belum mempunyai kapal *marine disaster prevention*.

III.1.2. Tahapan Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan studi literatur yang berkaitan dengan permasalahan pada Tugas Akhir ini. Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan pengetahuan serta teori-teori yang berkaitan dengan Tugas Akhir ini, bisa dalam bentuk hasil penelitian sebelumnya agar bisa lebih memahami permasalahan dan pengembangan yang dilakukan. Studi yang dilakukan yaitu:

- *Marine disaster prevention Ships*

Literatur mengenai *Marine disaster prevention Ships* akan menjadi pokok dari Tugas Akhir ini. Perlu diketahui jenis-jenisnya, aturan yang mengatur kapal jenis ini fasilitas-fasilitas yang ada didalamnya, agar dapat dijadikan pedoman dalam merancang *Marine disaster prevention Ships* (MDPS) untuk mengawasi, mencegah dan menangani pencemaran laut di daerah Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya dan sebagainya.

- Metode Desain kapal

Terdapat beberapa metode dalam proses mendesain kapal yang perlu diketahui. Beberapa metode dalam mendesain kapal tersebut dapat dijadikan sebagai pertimbangan dalam pemilihan metode mana yang sesuai. Dalam mendesain *Marine disaster prevention Ships* (MDPS), metode desain yang digunakan adalah metode Parent Design Approach. Hal ini karena jumlah kapal *Marine disaster prevention Ships* (MDPS) yang ada hanya sedikit.

III.1.3. Tahap Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dalam Tugas Akhir ini adalah metode pengumpulan secara tidak langsung (sekunder). Pengumpulan data ini dilakukan dengan mengambil data terkait dengan permasalahan dalam tugas ini. Adapun data-data yang diperlukan sebagai berikut:

- Data Kedalaman Perairan di Sekitar Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya

Data mengenai kedalaman perairan di sekitar Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya yang akan diolah didapatkan dari Laporan penelitian yang telah dilakukan oleh Rokhman H. F. (20015) dapat dikembangkan menjadi acuan dalam penentuan *payload*.

- Kondisi perairan

Dikarenakan posisi fasilitas ini akan beroperasi di daerah perairan Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya maka diperlukan data-data mengenai kondisi perairan dan kondisi kedalaman perairan di area Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. Data kondisi perairan dan data kedalaman perairan di area Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya ini akan berhubungan dengan desain ukuran utama kapal serta kecepatan kapal saat beroperasi. Sehingga kapal yang akan di desain bisa beroperasi di daerah perairan tersebut.

- Data kapal pembanding

Data kapal pembanding yang digunakan didapat dari internet. Data ini digunakan untuk menentukan ukuran utama awal sebelum dilakukan optimisasi. Untuk mendapatkan ukuran kapal pembanding harus diketahui terlebih dahulu *payload* dan DWT kapal. Ukuran kapal pembanding biasanya diambil kurang lebih 20% dari *payload*.

- Data mesin utama kapal

Ukuran daya mesin utama didapatkan dari perhitungan propulsi dan hambatan. Untuk mesin yang akan digunakan nantinya akan diambil dari katalog mesin.

III.1.4. Tahapan Pengolahan Data

Dari data-data yang didapatkan, maka proses berikutnya adalah pengolahan data tersebut sebagai input dalam perhitungan selanjutnya. Pengolahan data tersebut dilakukan untuk mengetahui beberapa hal-hal sebagai berikut:

- *Payload* dan lokasi operasi
- Ukuran utama kapal
- Menghitung hambatan dan menentukan kapasitas Mesin Utama
- Menghitung *Light Weight Tonnage* dan *Dead Weight Tonnage*
- Menghitung *displacement*

- Menghitung *freeboard*
- Menghitung stabilitas

Setelah payload dan lokasi operasi telah ditentukan, maka langkah berikutnya yang dapat dilakukan adalah menentukan ukuran utama awal dan dilanjutkan dengan proses perhitungan dan pembuatan spreadsheet perhitungan teknis. Untuk proses penentuan ukuran utama awal dan pembuatan spreadsheet perhitungan teknis akan dijabarkan sebagai berikut:

III.1.4.1. Penentuan Ukuran Utama Awal

Marine Disaster Prevention Ships (MDPS) merupakan jenis kapal yang tergolong baru dan keberadaan kapal yang masih terbatas, hal ini membuat kapal dengan kriteria seperti ini sulit untuk ditemukan untuk dijadikan kapal acuan dalam penentuan ukuran utama awal dengan metode kapal pembanding. Oleh karena keterbatasan tersebut, metode yang digunakan dalam penentuan ukuran utama awal adalah dengan menggunakan metode *The Geosim Procedure*. *Geosim Procedure* merupakan metode penentuan ukuran utama yang digunakan ketika sebuah permintaan memiliki kesamaan geometris dengan kapal pembanding, dalam hal ini dapat digunakan satu kapal pembanding (*parent ship*).

III.1.4.2. Pembuatan Spreadsheet Perhitungan Teknis

Setelah dilakukan pembuatan *spreadsheet* penentuan ukuran utama, maka selanjutnya dilakukan pembuatan *spreadsheet* perhitungan teknis. *Spreadsheet* perhitungan teknis yang digunakan meliputi perhitungan rasio dan koefisien, hambatan kapal, kebutuhan sistem propulsi, pembagian ruang muat, berat dan titik berat, lambung timbul, dan stabilitas kapal, yang sebelumnya telah disesuaikan dengan dasar teori yang ada.

III.1.5. Pembuatan Spreadsheet Perhitungan Ekonomis

Setelah melakukan perhitungan teknis, maka tahapan berikutnya adalah pembuatan *spreadsheet* perhitungan ekonomis yang di dalamnya meliputi perhitungan biaya pembangunan, yang dijadikan *objective function* dari proses optimisasi ukuran utama kapal. *Constrain* yang akan digunakan untuk proses optimisasi ukuran utama kapal adalah Hasil yang didapat dari proses perhitungan teknis yang telah dilakukan sebelumnya. Proses perhitungan ekonomis dilakukan dengan tujuan kapal yang dibangun dapat menghasilkan biaya pembangunan seminimal mungkin dengan batasan teknis yang terpenuhi.

III.1.6. Perhitungan Optimisasi Ukuran Utama

Metode penentuan ukuran utama yang optimum yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan metode optimisasi, dimana metode optimisasi adalah metode yang digunakan untuk mencari nilai optimum baik itu nilai maksimum ataupun minimum dari suatu fungsi matematis. Metode optimisasi yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *GRG (Generalized Reduce Gradient)* dan dengan menggunakan *tools solver* pada *microsoft excel*. Pada metode ini, fungsi tidak dapat berdiri sendiri tetapi ada batasan-batasannya, oleh karena itu sebelum dilakukannya perhitungan dengan metode tersebut, harus terlebih dahulu dilakukan penentuan *objective function*, *variabel design*, *parameter*, *constant*, dan *constrain*.

1. *Objective Function* : Fungsi objektif merupakan fungsi dari *design variable* yang akan menghasilkan suatu harga, apakah tujuan dari penelitian ingin mencari nilai maksimum atau minimum. Untuk *objective function* yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah biaya pembangunan yang paling minimum.
2. *Variabel Design* : Nilai yang akan dicari berdasarkan *objective function*. Nilai ini akan menyesuaikan dengan *constrain* yang ada guna mendapatkan fungsi objektif yang optimum. *Variable design* yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah panjang kapal, lebar kapal, sarat kapal, dan tinggi kapal.
3. *Parameter* : Nilai yang ditetapkan sebagai acuan dalam proses perhitungan, seperti kapasitas muatan kapal yang sudah ditentukan berdasarkan *owner requirement*.
4. *Constant* : Besaran nilai yang sudah pasti dan tidak akan berubah selama proses optimisasi. Konstanta yang digunakan diantaranya adalah, berat jenis air tawar, berat jenis air laut, berat jenis muatan, gravitasi, dll.
5. *Constraint* : Nilai-nilai yang digunakan sebagai batasan dari perhitungan optimisasi, dimana hasil dari perhitungan teknis dengan input *design variable* tidak diperbolehkan untuk melewati batasan yang telah disesuaikan dengan aturan yang berlaku. *Constrain* yang digunakan diantaranya meliputi, batasan *Froude Number*, rasio ukuran utama, koreksi berat, koreksi titik berat, lambung timbul, stabilitas kapal.

III.1.7. Tahapan Perencanaan

Pada tahapan ini akan dilakukan proses perencanaan (desain) kapal *marine prevention ships*. Perencanaan yang dilakukan terbagi menjadi 3 yaitu:

- Desain Rencana Garis

Pembuatan rencana garis dilakukan dengan bantuan *software maxsurf*. Setelah proses desain rencana garis selesai. Proses berikutnya adalah melakukan proses penyempurnaan desain rencana garis dengan bantuan *software AutoCad*.

- Desain Rencana Umum

Dari rencana garis yang telah di desain, dibuatlah rencana umum dari tampak depan, samping, dan belakang. Di dalam rencana umum ini sudah termasuk penataan ruangan, peralatan, perlengkapan, muatan, dan hal lainnya.

- Permodelan 3D

Dari rencana garis dan rencana umum yang telah diselesaikan, maka dibuatlah permodelan 3D dari desain kapal ini dengan bantuan *software maxsurf*.

III.1.8. Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini dirangkum hasil desain yang didapat dan saran untuk pengembangan lebih lanjut. Setelah semua tahapan selesai dilaksanakan, selanjutnya ditarik kesimpulan dari analisis dan perhitungan. Kesimpulan berupa ukuran utama kapal dan koreksi *Marine disaster prevention Ships* (MDPS) terhadap standar yang ada.

Saran dibuat untuk menyempurnakan terhadap apa-apa yang belum tercakup di dalam proses desain ini.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS

IV.1. *Owner Requirement*

Proses mendesain kapal memiliki tujuan agar produk kapal yang dihasilkan dapat mengakomodir seluruh permintaan dari pemilik kapal yang terangkum dalam *owner requirement*. *Owner requirement* merupakan kumpulan dari ketentuan yang berasal dari permintaan pemilik kapal yang selanjutnya akan dijadikan acuan dasar bagi desainer dalam merancang suatu kapal. Dalam menentukan *owner requirement* kapal *marine disaster prevention*, hal penting yang perlu ditentukan yaitu menentukan *payload* dan tinjauan lokasi.

IV.1.1. Penentuan *Payload*

Seiring dengan adanya peraturan perundang-undangan RI nomor 32 tahun 2014 tentang kelautan yang mengharuskan perlindungan laut dari pencemaran, maka fasilitas kapal patroli kelas I jenis *Marine disaster prevention Ships* (MDPS) yang jumlahnya masih sedikit di Indonesia harus ditambah. Untuk besar kebutuhan terhadap kapasitas muatan dapat dihitung dengan langkah di bawah ini:

Payload = Fasilitas dan peralatan *Marine disaster prevention Ships* (MDPS) dan Kru tambahan

1. *Oil boom*
2. *Oil skimmers*
3. *Oil storage*
4. *JIB*
5. *Dispersant System*
6. *Transfer Pump*
7. *Kru (52 orang)*

Payload = 269,66 ton

Sedangkan estimasi kebutuhan awal DWT (*Deadwight Tonnage*) dapat dihitung dengan:

$DWT_{\text{Awal}} = \text{Payload} + 10\%$

$\text{Payload} = 269,66 \text{ ton}$
 $= 269,66 + 10\%$
 $= 296,626 \text{ ton}$

IV.1.2. Tinjauan Lokasi

Pelabuhan tanjung perak berlokasi di jalan tanjung perak timur no. 620, perak timur, Surabaya. Pada jaman penjajahan, Surabaya merupakan pintu gerbang lalu lintas perdagangan untuk Indonesia timur. Pemerintah klonial belanda menyadari akan pentingnya pembangunan dan pengembangan pelabuhan di Surabaya. Dua orang hali di datangkan dari Belanda yaitu Prof. DR.J. Kraus dan G. J. dengan Jongth. Pengembangan tanjung perak dimulai pada tahun 1910, di mana pelabuhan diperluas sehingga dapat menjadi sandaran kapal-kapal dari samudra.



Gambar IV.1 Rute pengoperasian kapal pembersih tumpahan minyak (*Google Earth, 2016*)

Pelabuhan tanjung perak Surabaya memiliki 15 dermaga, baik dermaga domestic maupun international. Kedalaman dermaga bervariasi, antara -2 m dibawah permukaan air, sampai yang terdalam -10 m dibawah permukaan garis air. Hasil penelitian dari Hanud Fatkhur Rokhman pada tahun 2015 menyebutkan data-data kedalaman perairan di daerah Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya yang disajikan dalam tabel berikut:

Tabel IV. 1 Panjang dan kedalaman dermaga di pelabuhan tanjung perak-Surabaya

No	Nama	Panjang (m)	Kedalaman (m)
1	Jamrud Utara	1200	9,2
2	Jamrud Barat	160	8
3	Jamrud Selatan	800	8
4	Perak	140	7
5	Berlian Timur	785	9

6	Berlian Barat	700	9,5
7	Berlian Utara	140	4
8	Nilam Timur	860	9
9	Mirah	640	7
10	Intan	100	4
11	Kalimas	2270	2
12	Interisland Container terminal I	450	7,5
13	Interisland Container Terminal II	450	8
14	International Container Terminal II	500	10,5
15	International Container Terminal III	500	10,5

Sumber: Rokhman H. F., 2015

IV.2. Penentuan Batasan Ukuran Utama

Pada umumnya untuk jenis kapal dengan jumlah keberadaan yang masih terbatas seperti kapal patroli kelas I tipe *Marine disaster prevention Ships* (MDPS) menggunakan metode *Geosim Procedure* dalam menentukan ukuran utama awal. (Barrass, 2004) menjelaskan *Geosim Procedure* merupakan metode penentuan ukuran utama yang digunakan ketika sebuah permintaan memiliki kesamaan geometris dengan kapal pembanding. Penentuan ukuran utama dilakukan berdasarkan koefisien perbandingan geometris ukuran utama (K). Dan data yang dibutuhkan untuk menggunakan metode ini adalah ukuran utama kapal seperti panjang kapal (L), lebar kapal (B), sarat kapal (T), dan tinggi kapal (H), dengan C_D (*Coefficient Displacement*) dan C_B (*Coefficient Block*) yang dihasilkan memiliki nilai yang hampir serupa.

Langkah awal dalam menggunakan metode ini adalah menentukan terlebih dahulu kapal pembanding yang akan digunakan. Kapal pembanding ditentukan berdasarkan kesamaan jenis kapal dan muatan yang diangkut. Berikut merupakan kapal pembanding yang digunakan dalam menentukan batasan ukuran utama:

Tabel IV. 2 Data Kapal Pembanding

Nama Kapal	DWT (ton)	Dis. (ton)	L (m)	B (m)	T (m)	H (m)	C_D	C_B
CHUNDAMANI	289	1087,647	61,80	9,70	3,30	4,70	0,3	0,542
TRISULA	289	942,998	54,90	10,20	3,00	4,35	0,3	0,537
ALNILAM	269	1057,059	61,00	8,50	3,00	4,85	0,3	0,542

Setelah didapatkan data ukuran utama kapal pembanding, maka dilakukan perhitungan batasan ukuran utama awal menggunakan metode Geosim seperti di bawah ini:

1. Batasan ukuran utama kapal yang akan dirancang (L_2 , B_2 , T_2 , dan H_2 ,) didapat dari ukuran utama kapal acuan (L_1 , B_1 , T_1 , dan H_1 ,) yang dikalikan dengan koefisien geometris (K).
2. Koefisien geometris (K) didapatkan dari persamaan Geosim di bawah ini:

Diketahui:

$$K = L_2 / L_1$$

$$(L_2 / L_1)^3 = W_2 / W_1$$

$$L_2 / L_1 = (W_2 / W_1)^{1/3}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} W_2 &= \text{DWT kapal yang dirancang} \\ &= 292,05 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_1 &= \text{DWT kapal acuan (MDPS Chundamani)} \\ &= 289 \text{ ton} \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} L_2 / L_1 &= (292,05 / 289)^{1/3} \\ &= 1,0035 \end{aligned}$$

$$K = 1,0035$$

3. Ukuran utama kapal yang dirancang didapatkan dari perhitungan:

$$\begin{aligned} L_2 &= K \times L_1 \\ &= 1,0035 \times 61,8 \\ &= 58,008 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_2 &= K \times B_1 \\ &= 1,0035 \times 20,00 \\ &= 9,734 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_2 &= K \times T_1 \\ &= 1,0035 \times 4,00 \\ &= 3,21122 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_2 &= K \times H_1 \\ &= 1,0035 \times 5,70 \\ &= 4,71648 \text{ m} \end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan dari empat kapal pembanding, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel IV. 3 Batasan Ukuran Utama Menggunakan Metode Geosim

	LPP (m)	B (m)	T (m)	H (m)
CHUNDAMANI	61,80	9,70	3,30	4,70
TRISULA	54,90	10,20	3,00	4,35
ALNILAM	61,00	8,50	3,00	4,85
Nilai Minimum	54,90	10,20	3,00	4,35
Nilai Maksimum	61,80	9,70	3,30	4,70

Jika dilihat pada tabel di atas maka dapat ditentukan batasan minimum dan maksimum yang dapat digunakan sebagai batasan variabel dari ukuran utama pada tahapan proses optimisasi.

IV.3. Proses Model Optimisasi MDPS

Terdapat beberapa macam metode dalam mendesain kapal salah satunya adalah metode optimisasi, yang merupakan suatu proses untuk mendapatkan beberapa kemungkinan hasil yang memenuhi syarat berdasarkan batasan-batasan tertentu. Optimisasi biasa digunakan untuk mencari suatu nilai minimum atau maksimum yang ditetapkan sejak awal sebagai *objective function*. Terdapat beberapa komponen optimisasi yang terlibat dalam setiap proses iterasi, antara lain adalah penentuan *objective function*, *changing variable*, *constrain*, dan *constant*. Proses optimisasi penentuan ukuran utama kapal dibantu dengan perangkat lunak *Microsoft-Excel* yang tersedia program *Solver* yang dapat melakukan optimisasi dengan proses iterasi.

IV.3.1. Penentuan Variabel Model Optimisasi MDPS

Variabel adalah nilai yang dicari dalam proses optimisasi. Nilai variabel digunakan sebagai input untuk dilakukannya perhitungan terhadap batasan-batasan yang ada. Adapun variabel yang digunakan untuk melakukan proses optimisasi ukuran utama MDPS antara lain adalah ukuran panjang kapal, lebar kapal, sarat kapal, dan tinggi kapal. Untuk ukuran utama awal ini digunakan sebagai pertimbangan dalam menentukan formula yang akan digunakan dalam perhitungan teknis. Ukuran utama awal digunakan dari salah satu kapal pembanding yang telah dilakukan penyesuaian ukuran dengan metode Geosim. Kapal pembanding yang digunakan adalah kapal MDPS Chundamani, dengan ukuran utama:

- L = 58,008 m
- B = 9,730 m
- T = 3,210 m
- H = 4,720 m

IV.3.2. Penentuan Batasan Model Optimisasi MDPS

Batasan atau *constrain* dalam proses optimisasi adalah suatu nilai yang menjadi tolak ukur minimum atau maksimum dari persyaratan teknis yang sudah ditentukan dengan tujuan perhitungan teknis yang dihasilkan dari penentuan variabel tidak keluar dari batasan yang sudah ditentukan dalam peraturan *rules* dan klasifikasi. Adapun batasan yang digunakan dalam proses optimisasi ukuran utama MDPS adalah sebagai berikut:

1. Batasan Variabel Ukuran Utama

Variabel ukuran utama diberikan batasan maksimum dan minimum dengan tujuan agar data ukuran utama optimal yang akan diperoleh tidak keluar dari referensi kapal pembanding. Nilai batasan minimum dan maksimum kapal diperoleh dari hasil perhitungan geometris dari kapal pembanding dengan menunakan metode Geosim. Bertikut ini merupakan batasan minimum dan maksimum dari variabel ukuran utama kapal:

Tabel IV. 4 Batasan Variabel Optimisasi

Ukuran Utama Kapal	Nilai Minimum (m)	Nilai Maksimum (m)
Panjang Kapal (L)	54,90	61,80
Lebar Kapal (B)	10,20	9,73
Sarat Kapal (T)	3,00	3,30
Tinggi Kapal (H)	4,35	4,72

2. Batasan Froude Number (Fn)

Merupakan batasan yang dipengaruhi oleh fungsi kecepatan dan panjang kapal. Batasan minimum Fn ditentukan berdasarkan fungsi panjang maksimum kapal pembanding, dan harga Fn maksimum ditentukan berdasarkan fungsi panjang minimum kapal pembanding. Berikut merupakan batasan *froude number* (Fn) yang digunakan:

$$Fn = \frac{V}{\sqrt{g \times L}}$$

Dimana:

- V = Kecepatan kapal
- = 17,00 knot

$$L_{\min} = 54,9 \text{ m}$$

$$L_{\max} = 61,8 \text{ m}$$

Maka:

$$Fn_{\min} = 0,355$$

$$Fn_{\max} = 0.377$$

3. Batasan Rasio Ukuran Utama

Rasio ukuran utama merupakan perbandingan antar setiap komponen ukuran utama guna mengetahui kriteria dari kapal tersebut, baik itu perbandingan antara panjang dan lebar kapal (L/B) yang dapat mempengaruhi hambatan dan olah gerak kapal, perbandingan antara lebar dan sarat kapal yang mempengaruhi stabilitas utuh kapal, serta perbandingan panjang dan sarat yang berpengaruh pada kekuatan memanjang kapal. Rasio ukuran utama untuk setiap kapal memiliki batasan yang berbeda-beda sesuai dengan karakteristik setiap kapal. Untuk batasan rasio ukuran utama MDPS ditentukan dengan besaran harga seperti berikut:

- $3.5 < L/B < 10$
- $1.8 < B/T < 5$
- $10 < L/T < 30$

4. Batasan Berat dan Titik Berat

Mengingat kapal merupakan benda yang terapung bebas di atas air maka keadaan dari keseimbangan kapal menjadi penting untuk diperhatikan. Keseimbangan kapal dapat dibagi menjadi dua, searah memanjang dan melintang kapal. Hal ini sangat dipengaruhi oleh nilai berat dan titik berat kapal. Oleh karena itu perlu adanya batasan terhadap nilai berat dan titik berat agar kapal dapat beroperasi dalam kondisi *even keel*. Di bawah ini merupakan batas maksimum dan minimum dari koreksi berat dan titik berat kapal:

- Untuk koreksi berat ditentukan batasan nilai maksimum dari selisih antara gaya apung (Δ) dan gaya berat ($LWT+DWT$) terhadap dispasemen adalah 5%.
- Sedangkan untuk koreksi titik berat, nilai maksimum dari selisih antara jarak titik gaya apung (LCB) dan jarak titik gaya berat (LCG) terhadap panjang garis air (LWL) adalah 1%.

5. Batasan *Freeboard*

Batasan *freeboard* merupakan batasan terhadap jarak minimum dari lambung timbul kapal yang diukur secara vertikal menurun dari bagian tepi geladak utama kapal di area *midship* hingga ketinggian garis air. Batasan *freeboard* diperlukan dengan tujuan keselamatan *crew*, muatan, dan

kapal. Untuk besaran nilai dari batasan minimum *freeboard* dapat disesuaikan dengan peraturan (International Convention on Load Lines, 1966). Batasan terdiri dari batas jarak minimum *freeboard* yang sudah diatur dalam tabel *freeboard* serta penambahan dan pengurangan ukuran *freeboard* dikarenakan adanya koreksi pada beberapa aspek.

6. Batasan Stabilitas

Stabilitas kapal merupakan salah satu aspek yang dipengaruhi oleh keseimbangan kapal pada arah melintang kapal. Stabilitas kapal penting untuk diperhatikan karena berhubungan dengan *motion* kapal yang berdampak pada aspek keselamatan, oleh karena itu ditentukanlah batasan-batasan stabilitas yang terangkum dalam (Intact Stability Code, 1974). Berikut ini merupakan kriteria stabilitas untuk seluruh jenis kapal di atas 24 m, yaitu:

- Luasan minimum di bawah kurva lengan statis GZ sampai dengan sudut oleng 30° adalah 0.055 m.rad.
- Luasan minimum di bawah kurva lengan statis GZ sampai dengan sudut oleng 40° adalah 0.09 m.rad.
- Luasan minimum di bawah kurva lengan statis GZ antara sudut oleng 30° - 40° adalah 0.03 m.rad.
- Lengan statis GZ pada sudut oleng $\geq 30^\circ$ tidak boleh kurang dari 0.20 m.
- Jarak GM pada sudut oleng 0° tidak boleh kurang dari 0.15 m.
- Lengan statis (GZ) maksimum terjadi tidak boleh kurang dari 25° .

IV.3.3. Penentuan *Objective Fuction Model Optimisasi MDPS*

Objective function atau fungsi objektif adalah hubungan dari semua atau beberapa variabel serta parameter yang nilainya akan dioptimalkan. Fungsi objektif juga disesuaikan dengan tujuan dari proses optimisasi, apakah nilai yang diharapkan merupakan nilai minimum atau maksimum. Pada proses optimisasi penentuan ukuran utama MDPS ini memiliki tujuan untuk mendapatkan ukuran utama kapal optimal yang mampu meningkatkan efisiensi dari biaya pembangunan, dengan mempertimbangkan aspek teknis untuk memenuhi persyaratan teknis yang ada. Pada model optimisasi ini digunakan *objective function* dengan nilai paling minimum dari biaya pembangunan.

IV.3.4. *Running Model Iterasi Solver*

Dalam melakukan perhitungan optimisasi, dapat digunakan berbagai macam metode perhitungan, untuk proses optimisasi penentuan ukuran utama MDPS kali ini digunakan proses optimisasi dengan bantuan program *Solver* pada perangkat lunak *Microsoft-Excel 2010*. Program *Solver* sendiri merupakan program optimisasi dengan menggunakan metode iterasi *Generalized*

Reduced Gradient (GRG) Non-linear yang digunakan pada pemecahan permasalahan *smooth nonlinear*. Untuk mendapatkan ukuran utama kapal yang optimal terdapat beberapa tahapan yang perlu untuk diperhatikan, dengan langkah sebagai berikut:

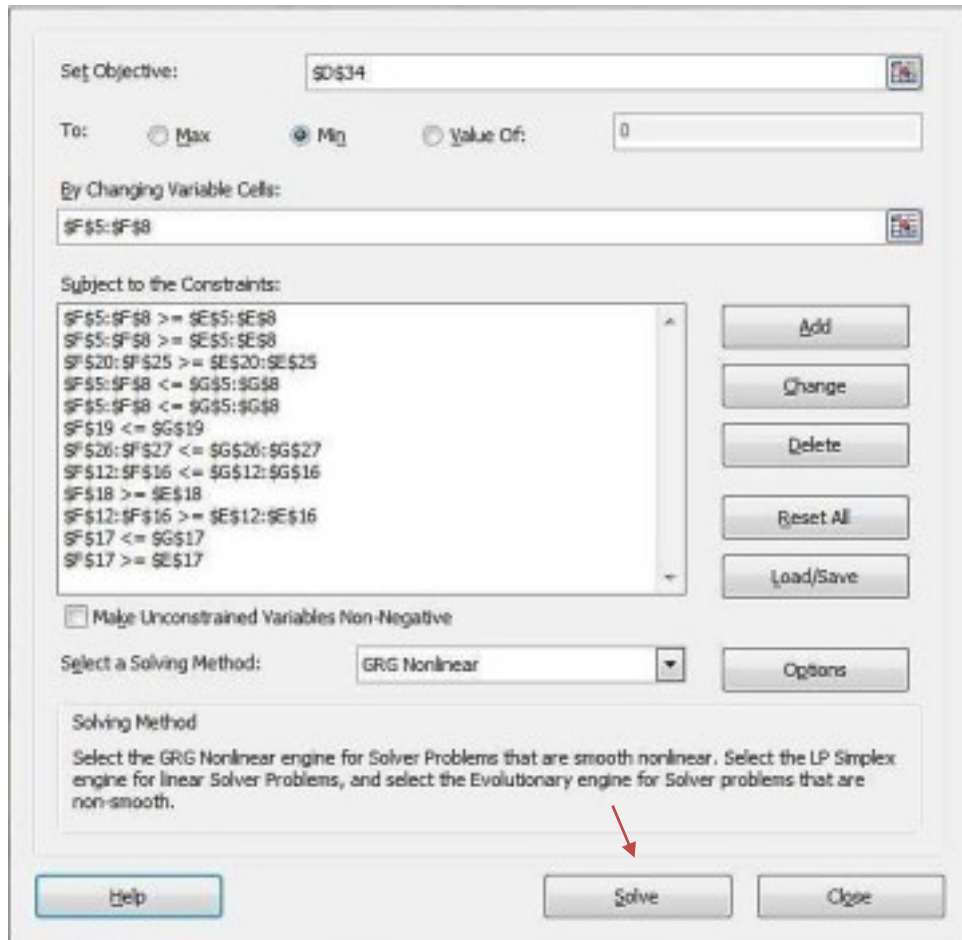
1. Membuat model *solver* pada *Microsoft-Excel 2010* dengan menginput data-data dari *spreadsheet* perhitungan yang digunakan sebagai *constrain* selama proses optimisasi berlangsung ke dalam tabel model optimisasi, dimana di dalamnya disediakan untuk *cell* bagi *changing variable*, *constrain* dan *objective function*.

OPTIMIZING							
CHANGING VARIABLE							
	ITEM	UNIT	SYMBOL	MIN	VALUE	MAX	STATUS
Main Dimensions	Length	m	L	52.602		79.568	REJECTED
	Breadth	m	B	10.594		17.485	REJECTED
	Draft	m	T	2.894		3.608	REJECTED
	Height	m	H	3.932		4.663	REJECTED
CONSTRAINT							
	ITEM	UNIT	SYMBOL	MIN	VALUE	MAX	STATUS
Froude Number	$F_n = V / (g \times L_{pp})^{0.5}$		F_n	0.147		0.181	REJECTED
Ratio	Length / Breadth		L/B	3.5		10	REJECTED
	Breadth / Draft		B/T	1.8		5	REJECTED
	Length / Draft		L/T	10		30	REJECTED
Displacement	Displacement Correction ($\Delta - (LWT + DWT)$)	%		0		5	REJECTED
Center of Mass	Center of Mass Correction (LCB - LCG)	%		0		1	REJECTED
Freeboard	Minimum freeboard	mm	F_2	1.012			REJECTED
Trim	Maximum trim	m				0.531	REJECTED
Stabilitas	The area GZ curve up to $\theta = 40^\circ$ angle of heel	m.rad	$e 0 - 30^\circ$	0.055			REJECTED
	The area GZ curve up to $\theta = 30^\circ$ angle of heel	m.rad	$e 0 - 40^\circ$	0.090			REJECTED
	The area GZ curve at $\theta = 30^\circ - 40^\circ$ angle of heel	m.rad	$e 30^\circ - 40^\circ$	0.030			REJECTED
	The righting lever GZ at an angle of heel 30°	m	GZ 30°	0.200			REJECTED
	The maximum righting arm	Degree ($^\circ$)	θ_{Max}	25			REJECTED
	The initial metacentric height GM_1	m	GM^*	0.150			REJECTED
Waterway Constraint	Maximum vessel draft	m	T_{max}			3.33333	REJECTED
	Maximum vessel breadth	m	B_{max}			15.782	REJECTED
Objective Function							
	ITEM	UNIT	VALUE				
Building Cost	Direct Cost	\$					
	Indirect Cost	\$					
	Margin Cost	\$					
	Total Cost	\$					

Gambar IV. 1 Tabel *Template* Model Optimisasi

2. Setelah tabel model optimisasi sudah dibuat maka langkah selanjutnya adalah memproses program *solver* dengan cara menginput data ke dalam *solver parameters*:
 - i. Menentukan *objective function* dengan memasukkan *cell* biaya pembangunan dan memilih opsi untuk membuat minimum harga.
 - ii. Memasukan *cell* dari *changing variable* berupa ukuran utama dan menentukan batasannya.
 - iii. Menambahkan *constrain* dari komponen batasan yang sudah ditentukan dan memilih hubungan antar *cell*. (\leq , $=$, atau \geq).

- iv. Apabila semua data sudah lengkap dan benar dimasukkan, maka model *solver* siap untuk diproses dengan cara klik tombol "Solve".



Gambar IV. 2 Solver Parameters

3. Setelah diproses maka keluarlah hasil dari optimisasi berupa ukuran kapal yang optimum, apabila hasil *solver* sudah sesuai dengan yang diharapkan maka dipilih tombol "Keep Solver Solution", apabila tidak maka pilih tombol "Restore Original Values" untuk mengembalikan ke harga semula.

Dari proses optimisasi dengan bantuan program *solver* yang telah dilakukan, maka didapatkan hasil ukuran utama optimal dan perhitungan teknis sebagai berikut:

Tabel IV. 5 Hasil Proses Optimisasi Pada Kapal Marine Disaster Prevention

OPTIMIZING – FW CONDITION							
CHANGING VARIABLE							
	ITEM	UNIT	SYMBOL	MIN	VALUE	MAX	STATUS
Main Dimensions	Length	m	L	54,900	58,008	61,800	ACCEPTED
	Breadth	m	B	8,500	9,73000	10,200	ACCEPTED
	Draft	m	T	3,000	3,21000	3,300	ACCEPTED
	Height	m	H	4,350	4,72000	4,850	ACCEPTED
CONSTRAIN							
	ITEM	UNIT	SYMBOL	MIN	VALUE	MAX	STATUS
Froude Number	$F_n = V / (g \times L_{pp})^{0.5}$		F_n	0,355	0,367	0,377	ACCEPTED
Ratio	Length / Breadth		L/B	3,5	5,959	10	ACCEPTED
	Breadth / Draft		B/T	1,8	3,031	5	ACCEPTED
	Length / Draft		L/T	10	18,064	30	ACCEPTED
Displacement	Displacement Correction ($\Delta - (LWT + DWT)$)	%		0	1,655	5	ACCEPTED
Center of Mass	Center of Mass Correction (LCB - LCG)	%		0	0,171	1	ACCEPTED
Freeboard	Minimum freeboard	mm	F_s	0,544	1,413		ACCEPTED
Stabilitas	The area GZ curve up to $\Theta = 40^\circ$ angle of heel	m.rad	$e 0 - 30^\circ$	0,055	0,796		ACCEPTED
	The area GZ curve up to $\Theta = 30^\circ$ angle of heel	m.rad	$e 0 - 40^\circ$	0,09	1,092		ACCEPTED
	The area GZ curve at $\Theta = 30^\circ - 40^\circ$ angle of heel	m.rad	$e 30^\circ - 40^\circ$	0,03	0,296		ACCEPTED
	The righting lever GZ at an angle of heel 30°	m	GZ 30°	0,2	0,637		ACCEPTED
	The maximum righting arm	Degree ($^\circ$)	Θ Max	24,9999	25,000		ACCEPTED
	The initial metacentric height GM_0	m	GM°	0,15	2,372		ACCEPTED
OBJECTIVE FUNCTION							
	ITEM	UNIT	VALUE				
Building Cost	Direct Cost	\$	3765608,68				
	Indirect Cost	\$	191844,876				
	Margin Cost	\$	147572,981				
	Total Cost	\$	4296871,42				

IV.4. Analisis Teknis Hasil Optimisasi MDPS

Setelah didapat owner requirement dari data-data pendukung yang ada, tahapan pengerjaan selanjutnya adalah melakukan perhitungan teknis. Perhitungan teknis adalah suatu proses perhitungan untuk mendapatkan hasil teknis dari kapal *marine disaster prevention*. Secara lebih lengkap akan di bahas pada sub bab berikut.

IV.4.1. Analisis Rasio dan Koefisien

Ukuran utama merupakan komponen penting dalam pertimbangan teknis mendesain kapal karena ukuran utama kapal dapat mempengaruhi batasan desain yang lainnya. Setelah didapatkan ukuran utama optimal, maka tahapan awal adalah melakukan perhitungan rasio dan koefisien. Berikut merupakan analisa terhadap hasil perhitungan rasio dan koefisien:

Diketahui:

$$\begin{array}{llll}
 L_{PP} = 58,10 & \text{m} & V_S = 17 & \text{kn} \\
 B = 9,73 & \text{m} & = 8,7456 & \text{m/s} \\
 H = 4,72 & \text{M} & \rho = 1.025 & \text{ton/m}^3 \text{ (air laut)} \\
 T = 3,21 & \text{M} & g = 9.81 & \text{m/s}^2
 \end{array}$$

Dari data yang diketahui, maka didapatkan besar rasio ukuran utama sebagai berikut:

Tabel IV. 6 Rekapitulasi Rasio Ukuran Utama

Rasio	Min	Harga	Max	Status	Keterangan Harga Rasio Rasio
L/B	3.5	5,95	10.0	Memenuhi	Memiliki hambatan kapal besar
B/T	1.8	3,03	5.0	Memenuhi	Memiliki stabilitas yan kaku
L/T	10	18,06	30	Memenuhi	Memiliki kekuatan memanjang yang cukup

Dalam menentukan perhitungan hidrostatis dan perhitungan lainnya, selain ukuran utama kapal, terdapat komponen lain yang berperan terhadap perhitungan teknis suatu kapal, yaitu koefisien-koefisien yang merupakan fungsi dari perbandingan dimensi ukuran utama kapal. Berikut hasil perhitungan terhadap koefisien-koefisien kapal mengacu pada formula yang dijelaskan oleh (Parsons, 2001):

Tabel IV. 7 Rekapitulasi Harga Koefisien

Koefisien	Harga
<i>Froude Number</i> (F_n)	0,367
<i>Block Coefficient</i> (C_B)	0,539
<i>Midship Coefficient</i> (C_M)	0,972
<i>Prismatic Coefficient</i> (C_P)	0,555
<i>Waterplane Coefficient</i> (C_{WP})	0,657

Setelah diketahui besar harga dari masing-masing koefisien, maka didapatkan analisa seperti berikut:

- F_n adalah fungsi dari kecepatan dinas dan panjang kapal, yang mana harga dari kedua fungsi tersebut adalah konstan.
- Dari hasil perhitungan di atas dapat dijelaskan bahwa harga C_B merupakan fungsi dari F_n . Secara tidak langsung bahwa perhitungan C_B sangat dipengaruhi oleh kecepatan dinas dan panjang kapal. Apabila kecepatan dinas kapal semakin tinggi maka menghasilkan C_B yang semakin besar, sedangkan apabila panjang kapal semakin besar maka menghasilkan C_B yang semakin kecil. Pada kasus kapal *marine disaster prevention* ini dapat dilihat bahwa rasio kecepatan kapal memiliki harga yang cukup bear sehingga menghasilkan C_B yang dihasilkan juga cukup kecil.
- Hasil perhitungan C_M menghasilkan harga yang kecil, karena harga berbanding lurus dengan harga C_B , mengingat harga C_B yang cukup kecil, mengakibatkan harga C_M menjadi kecil.
- Harga C_P dari suatu kapal akan mempengaruhi besar hambatan kapal yang digunakan dalam pertimbangan untuk menentukan beberapa koefisien hambatannya.
- Besaran harga C_{WP} dipengaruhi oleh harga C_B dan C_M yang terakumulasi menjadi C_P , harga C_{WP} berbanding lurus dengan harga C_P dan biasa digunakan dalam perhitungan untuk penentuan luasan permukaan basah.

Setelah diketahui besaran masing-masing koefisien, maka ditentukan besar harga panjang garis air, displasemen, dan jarak terhadap titik apung kapal. Seperti perhitungan di bawah ini:

- Length of Waterline (L_{WL})

Merupakan panjang kapal pada ketinggian tepat di garis air. Berbeda dengan L_{PP} yang digunakan untuk kebutuhan konstruksi, L_{WL} umum digunakan untuk kebutuhan menghitung kriteria hidrostatis, baik itu koefisien, displasemen, hambatan, dll. Pada umumnya besar harga L_{PP} berada pada batas antara 0.96-0.97 dari harga L_{WL} , maka dapat ditarik persamaan bahwa besar harga L_{WL} sama dengan 1-03-1.04 harga L_{PP} . Pada kapal *Marine disaster prevention Ships* (MDPS) ini didapatkan harga L_{WL} sebesar:

$$\begin{aligned} L_{WL} &= 104 \% L_{PP} \\ &= 60,33 \quad \text{m} \end{aligned}$$

- Displasemen Ton (Δ)

Adalah berat total dari air yang dipindahkan oleh kapal tersebut selama kapal tercelup dalam air. Displasemen ton merupakan fungsi dari volume displacemen dan masa jenis air. Berikut merupakan panjabaran perhitungan displasemen ton menurut (Parsons, 2001):

$$\begin{aligned} \Delta &= L \times B \times T_{FW} \times C_B \times \rho_{FW} \\ &= 1022,289 \quad \text{ton} \end{aligned}$$

- Volume Displasemen (V)

Yaitu volume dari air yang dipindahkan oleh kapal tersebut. Besar harga dari volume displasemen dipengaruhi oleh ukuran utama dan koefisien blok dari suatu kapal. Dan berikut ini merupakan analisa terhadap volume displasemen:

$$\begin{aligned} V &= L \times B \times T_{SW} \times C_B \\ &= 997,355 \quad \text{m}^3 \end{aligned}$$

IV.4.2. Analisis Hambatan Kapal

Hambatan kapal merupakan aspek penting dalam pemilihan mesin penggerak utama kapal, terutama pada proses desain kapal. Ada hal yang harus diperhatikan dalam melakukan perhitungan hambatan. Tahap awal yang harus dilakukan dalam menghitung hambatan kapal adalah kecepatan dinas kapal harus diketahui.

Setelah diketahui berapa besar kecepatan dinas yang dibutuhkan, maka selanjutnya dilakukan perhitungan besar hambatan kapal. Berikut merupakan hasil analisa terhadap perhitungan hambatan kapal menggunakan metode Holtrop and Mennen menurut (Lewis E. V., Principles of Naval Architecture Volume II, 1988):

$$R_T = \frac{1}{2} \times \rho \times V_S^2 \times S_{Tot} \times (C_F(1+k) + C_A) + \left(\frac{R_W}{W}\right) \times W$$

Dimana:

P	= Masa jenis air laut	(ton/m ³)
V _S	= Kecepatan kapal	(m/s)
S _{Tot}	= Luas total permukaan kapal di bawah garis air	(m ²)
C _F	= Koefisien gesek (<i>Frictional coefficient</i>)	
(1+k)	= Faktor bentuk lambung	
C _A	= <i>Model-ship correlation allowance</i>	
R _W	= Hambatan akibat pengaruh gelombang	(kN)
W	= Displasemen kapal	(ton)

1. Wave-making Resistance (RW)

Besar *wave-making resistance* atau hambatan gelombang dapat dihitung menggunakan formula seperti di bawah ini:

$$\frac{R_W}{W} = C_1 C_2 C_3 e^{m_1 \times Fn^d + m_2 \cos(\lambda Fn^{-2})}$$

Kapal berkecepatan rendah dengan $Fn \leq 0.4$ maka perhitungan hambatan gelombang menggunakan *Havelock Formula*, untuk perhitungan rinci dapat dilihat dalam lampiran perhitungan hambatan kapal, dengan rekapitulasi perhitungan *wave-making resistance* sebagai berikut:

Tabel IV. 8 Besar *Wave-making Resistance (RW)*

Komponen	Harga	Satuan	Keterangan
Fn	0.177	-	-
C ₄	0.275	-	Untuk $0.11 \leq B/L \leq 0.275$
(T/B) ^{1.0796}	0.180	-	-
iE	55.410	° (derajat)	-
C ₁	22.884	-	-
C ₂	1	-	Untuk luas <i>bulbous bow</i> = 0 m ²
C ₃	1	-	Untuk luas <i>transom</i> = 0 m ²
D	-0.9	-	Untuk $Fn \leq 0.4$
C ₅	1.152	-	Untuk $C_P \geq 0.8$
m ₁	-2.625	-	-

C ₆	-1.694	-	Untuk L ³ / V ≤ 512
m ₂	-2.611x 10 ⁻⁵	-	-
Λ	1.091	-	Untuk L/B < 12
W	20672.7	kN	-
R _w /W	8.69 x 10 ⁻⁵	-	-
R _w	1.80	kN	-

2. *Form Factor of Bare Hull (1+k)*

Faktor ini dari pengaruh bentuk lambung kapal di dalamnya meliputi faktor bentuk lambung itu sendiri dan faktor penambahan bentuk lambung lainnya. Adapun komponen untuk menghitung harga dari faktor pengaruh bentuk lambung seperti di bawah ini:

$$(1 + k) = (1 + k_1) + [(1 + k_2) - (1 + k_1)] \times \frac{S_{App}}{S_{Tot}}$$

Tabel IV. 9 Besar *Form Factor of Bare Hull (1+k)*

Komponen	Harga	Satuan	Keterangan
L/L _R	4.484	-	Untuk L _R /L = 0.223
C _{Stem}	0	-	Untuk bentuk belakang normal
C	1	-	-
1+k ₁	1.469	-	-
(1+k ₂) _i	1.5	-	Untuk <i>spade rudder (twin screw)</i>
S _{Kemudi}	5.974	m ²	Untuk satu daun kemudi = 2.987 m ²
ΣS _i	5.974	-	-
1+k ₂	1.5	-	-
WSA	985.476	m ²	-
S _{App}	5.974	m ²	-
1+k	1.470	-	-

3. *Friction Coefficient (C_F)*

Koefisien gesek adalah koefisien dari hambatan gesek yang terjadi pada kapal selama kapal berlayar. Terdapat formula perhitungan untuk menghitung koefisien gesek seperti di bawah ini:

$$C_F = \frac{0.075}{(\log Rn - 2)^2}$$

Tabel IV. 10 Besar *Friction Coefficient* (C_F)

Komponen	Harga	Satuan	Keterangan
v_S	1.1883×10^{-6}	m^2/det	Untuk air laut
R_n	194769934.7	-	-
C_F	0.00190	-	-

4. Correlation Allowance (C_A)

Merupakan faktor penambahan terhadap nilai hambatan kapal yang disebabkan oleh adanya efek kekasaran pada lambung selama kapal mendapatkan hambatan kapal. Untuk menghitung besar C_A dapat digunakan formula sesuai dengan International Towing Tank Conference (ITTC) seperti di bawah ini:

Tabel IV. 11 Besar *Correlation Allowance* (C_A)

Komponen	Harga	Satuan	Keterangan
T/L _{WL}	0.05597	-	-
C_A	62.670×10^{-5}	-	Untuk T/L _{WL} > 0.4

5. Total Resistance (R_T)

Setelah keseluruhan komponen hambatan telah dihitung, maka dapat diperoleh besar hambatan total dengan perhitungan sebagai berikut:

Diketahui:

$$\begin{aligned}
 \rho &= 1000 \text{ kg/m}^3 & (1+k) &= 1.46999 \\
 V_S &= 4.19 \text{ m/sec} & C_A &= 0.00063 \\
 S_{Tot} &= 991.45 \text{ m}^2 & R_w &= 1.80 \text{ kN} \\
 C_F &= 0.00190 & W &= 20672.7 \text{ kN} \\
 R_T &= 1/2 \rho V^2 S_{Tot} [C_F (1+k) + C_A] + R_w / W * W \\
 &= 29729.6 \text{ N} \\
 &= 29.730 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

6. Resistance Margin

Resistance Margin atau biasa disebut *sea margin* merupakan margin yang diberikan akibat adanya penambahan hambatan kapal yang disebabkan bertambahnya kekasaran lambung kapal oleh korosi dan *fouling* pada lambung kapal. Berikut merupakan besar hambatan total yang sudah diberikan penambahan margin:

$$\begin{aligned} \text{Margin} &= 10 - 15 \% R_T \\ R_T + \text{Margin} &= R_T + 15\% \\ &= 34.189 \text{ kN} \end{aligned}$$

Jadi hambatan total yang diterima MDPS adalah sebesar 34.189 kN. Berikut ini akan ditampilkan tabel hasil rekapitulasi perhitungan hambatan kapal *marine disaster prevention*:

Tabel IV. 12 Rekapitulasi Besar Hambatan

Jenis Hambatan	Harga
ρ	1.025 ton/m ³
V _s	17 knot
R _w	1.83 kN
(1+k)	1.46872
C _F	0.0019
C _A	0.00063
R _T	29.196 kN
R _T + Margin	34.189 kN

IV.4.3. Analisis Kebutuhan Daya Mesin Induk

Sebelum dilakukan pemilihan mesin induk (*main engine*), perlu diketahui terlebih dahulu untuk kebutuhan daya penggerak. Kebutuhan daya penggerak dihitung guna mendapatkan besar daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal melawan besar hambatan sesuai dengan kecepatan yang diharapkan. Terdapat beberapa komponen dalam perhitungan daya kapal, seperti EHP, DHP, SHP, dan BHP.

Pada jenis kapal *Marine disaster prevention Ships* (MDPS) yang memiliki sarat yang rendah umumnya memiliki dua baling-baling (*twin-screw*). Hal ini dikarenakan bagian buritan *Marine disaster prevention Ships* (MDPS) memiliki bentuk yang datar dan kaku sehingga tidak mampu mengalirkan aliran air sampai ke bagian tengah buritan. Oleh karena itu digunakan dua *propeller* pada buritan kapal guna dapat menjangkau aliran air untuk masuk ke dalam baling-baling. Diameter dari *propeller* yang didesain ditentukan sebesar 2/3 sarat untuk kebutuhan satu kapal, dan bagi kapal dengan penggerak *twin-screw*, maka besar diameter masing-masing *propeller* adalah setengah dari kebutuhan diameter untuk satu kapal atau setara dengan 1/6 sarat. Berikut hasil dari perhitungan kebutuhan mesin induk untuk kapal *marine disaster prevention*:

1. Effective Horse Power (EHP)

EHP merupakan daya yang dibutuhkan yang dipengaruhi oleh fungsi hambatan total dan kecepatan kapal agar kapal dapat berlayar sesuai dengan kecepatan yang diinginkan. Berikut ini adalah perhitungan untuk menentukan harga EHP menurut (Lewis E. V., Principles of Naval Architecture Volume II, 1988):

$$EHP = RT \times Vs$$

Tabel IV. 13 Kebutuhan Daya EHP

Komponen	Harga	Satuan	Keterangan
R _T	34.189	kN	Kebutuhan satu kapal
V _s	4.191	m/s	V _s = 8.15 kn
EHP	143.296	kW	Kebutuhan satu kapal
	192.163	HP	Kebutuhan satu kapal
EHP/SCREW	71.648	kW	Kebutuhan satu <i>screw</i>
	96.082	HP	Kebutuhan satu <i>screw</i>

2. Delivery Horse Power (DHP)

Terdapat penambahan daya yang dibutuhkan untuk sampai di *propeller* yang diakibatkan oleh adanya pengurangan dari efisiensi lambung, efisiensi relatif-rotatif, dan *open water efficiency*. Berikut merupakan perhitungan dalam menentukan harga DHP menurut (Lewis E. V., Principles of Naval Architecture Volume II, 1988):

$$DHP = \frac{EHP}{\eta_D}$$

Tabel IV. 14 Kebutuhan Daya DHP

Komponen	Harga	Satuan	Keterangan
w	0.19693	-	Untuk kapal <i>twin screw</i>
T	0.19785	-	Untuk kapal <i>twin screw</i> dengan strut
η _H	0.99885	-	-
η _R	0.99650	-	Untuk P/D = 1.00
η _O	0.550	-	Untuk estimasi awal
η _D	0.54745	-	-
EHP	143.296	kW	Kebutuhan satu kapal
DHP	261.753	kW	Kebutuhan satu kapal

	351.017	HP	Kebutuhan satu kapal
DHP/SCREW	130.877	kW	Kebutuhan satu <i>screw</i>
	175.508	HP	Kebutuhan satu <i>screw</i>

3. Shaft Horse Power (SHP)

SHP merupakan daya yang dibutuhkan setelah melewati *stern tube* dan *bearing*. Terdapat pengurangan daya akibat adanya penurunan efisiensi *stern tube* dan *bearing*. Adapun perhitungan yang digunakan untuk menentukan besaran daya SHP menurut (Parsons, 2001):

$$SHP = \frac{DHP}{\eta_S \eta_B}$$

Tabel IV. 15 Kebutuhan Daya SHP

Komponen	Harga	Satuan	Keterangan
$\eta_S \eta_B$	0.98	-	Untuk kamar mesin dibelakang
DHP	261.753	kW	Kebutuhan satu kapal
SHP	267.095	kW	Kebutuhan satu kapal
	358.180	HP	Kebutuhan satu kapal
SHP/SCREW	133.548	kW	Kebutuhan satu <i>screw</i>
	179.090	HP	Kebutuhan satu <i>screw</i>

4. Break Horse Power (BHP)

Daya BHP yang dibutuhkan lebih besar dari SHP akibat adanya pengurangan daya yang diakibatkan pengurangan efisiensi transmisi. Untuk mendapatkan harga BHP dapat ditentukan dengan perhitungan menurut (Parsons, 2001) sebagai berikut:

$$BHP = \frac{SHP}{\eta_T}$$

Tabel IV. 16 Kebutuhan Daya BHP

Komponen	Harga	Satuan	Keterangan
l_i	0.010	-	Untuk <i>gear reduction</i>
l_i	0.005	-	Untuk <i>trust bearing</i>
l_i	0.010	-	Untuk <i>reversing gear path</i>
η_T	0.9752	-	-
SHP	267.095	kW	Kebutuhan satu kapal

BHP	273.888	kW	Kebutuhan satu kapal
	367.289	HP	Kebutuhan satu kapal
BHP/SCREW	136.944	kW	Kebutuhan satu <i>screw</i>
	183.645	HP	Kebutuhan satu <i>screw</i>

5. Maximum Continuous Rating (MCR)

Setelah didapatkan besar daya motor induk yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal sesuai dengan kecepatannya, tahapan terakhir adalah menghitung kebutuhan MCR yang merupakan kebutuhan daya mesin penggerak utama (BHP) yang telah diberikan margin oleh adanya penambahan dari *power design margin* dan *power service margin*. MCR juga digunakan sebagai daya yang digunakan dalam pemilihan *main engine*. Berikut merupakan tahapan untuk mendapatkan harga MCR menurut (Parsons, 2001):

$$MCR = BHP \frac{1 + M_D}{1 - M_S}$$

Tabel IV. 17 Kebutuhan Daya MCR

Komponen	Harga	Satuan	Keterangan
BHP	1435,182	kW	Kebutuhan satu kapal
M _v	10	%	Margin pelayaran (Indonesia)
BHP + M _v	1578,700	kW	-
M _D	5	%	Margin desain 3-5 %
M _S	25	%	Margin pemakaian 15-25 %
MCR	2210,180	kW	Kebutuhan satu kapal
	2963,900	HP	Kebutuhan satu kapal
MCR/SCREW	1105,09	kW	Kebutuhan satu <i>screw</i>
		HP	Kebutuhan satu <i>screw</i>

Rekapitulasi hasil analisa kebutuhan mesin induk dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel IV. 18 Rekapitulasi Kebutuhan Daya Mesin Induk

Power	Nilai
<i>R_T</i>	84,894 kN
EHP	742,443 kW
DHP	1371,591 kW
SHP	1399,589 kW

BHP	1435,182 kW
MCR	2210,18 kW
MCR/screw	1105,09 kW

Jika dilihat pada tabel di atas, daya yang dibutuhkan untuk maximum continous rating (MCR) pada kapal *marine disaster prevention* adalah sebesar 2210,18 kW. Karena kapal *marine disaster prevention* menggunakan double screw, maka hasil mcr sebesar 2210,18 kW tersebut di bagi dua dan di dapatkan daya mcr yang dibutuhkan pada tiap screw nya adalah 1105,09 kW

IV.4.4. Analisis Pemilihan Mesin Induk

Dari hasil analisa kebutuhan daya mesin induk yang sudah dilakukan sebelumnya, maka dapat diketahui besar kebutuhan daya minimum untuk setiap mesin induk. Oleh karena itu kebutuhan daya mesin induk minimum ditentukan sebesar 2219,18 kW untuk setiap mesin, yang selanjutnya digunakan sebagai acuan dalam pemilihan mesin induk.

Adapun kriteria yang harus diperhatikan dalam pertimbangan pemilihan mesin induk yaitu kebutuhan daya mesin, ukuran mesin induk yang dapat mempengaruhi dalam perencanaan kamar mesin, serta berat mesin induk yang mempengaruhi dalam perhitungan berat kapal. Seluruh kriteria mesin induk didapatkan dari keterangan yang tertera pada katalog mesin. Dari seluruh pertimbangan yang ada, maka dipilih mesin induk MTU 16V400M70 dengan spesifikasi teknis sebagai berikut:

Tabel IV. 19 Spesifikasi Teknis Mesin Induk

MTU 16V400M70	
<i>Type of Engine</i>	16V4000M70
<i>Bore</i>	165 mm
<i>Stroke</i>	190 mm
<i>Displacement</i>	12,99 l
<i>Normal Rating</i>	2320 kW
<i>Speed</i>	2000 rpm
<i>Specific Fuel Consumption</i>	201 g/kWh
<i>Fuel Consumption</i>	561,8 l/h
<i>Fuel Desnsity</i>	890 kg/m ³
Dimensions:	

<i>Length</i>	4,525 m
<i>Width</i>	1,520 m
<i>Height</i>	1,890 m
<i>Shaft-Top</i>	0.817 m
<i>Weight</i>	9,210 Ton

Setelah diketahui jenis mesin induk dan besar daya yang dibutuhkan, maka selanjutnya dilakukan analisa terhadap penentuan mesin bantu (*auxiliary engine*) yang digunakan sebagai *generator set* yang memiliki fungsi untuk pembangkit sumber listrik guna memenuhi kebutuhan pasokan listrik di atas kapal. Perhitungan kebutuhan daya mesin bantu diestimasikan sebesar 25% dari besar daya mesin induk dengan penggunaan dua buah unit mesin bantu. Berikut ini merupakan analisa terhadap kebutuhan daya mesin bantu:

$$\begin{aligned}
 P_{\text{AuxReq.}} &= 25\% \times 2210,18 \text{ kW} \\
 &= 552,545 \text{ kW} \\
 &= 740975 \text{ HP} \\
 \text{Jumlah} &= 3 \text{ unit}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{AuxReq.}} &= 184,182 \text{ kW/unit} \\
 &= 246,992 \text{ HP/unit}
 \end{aligned}$$

IV.4.5. Analisis LWT + DWT

Dari perhitungan komponen LWT yang terdiri dari berat baja kapal, berat E&O, berat instalasi permesinan, berat cadangan permesinan dan berat struktur tangki serta komponen DWT yang terdiri dari *payload*, berat bahan bakar, berat minyak pelumas, berat air tawar, berat *provision*, dan berat orang dengan bawaan, maka didapatkan hasilnya sebagai berikut:

Tabel IV. 20 Tabel hasil perhitungan berat

No	Item	Weight (ton)
<i>Displacement (Design)</i>		
1	<i>Displacement</i>	1022,289
<i>Light Weight Tonnage</i>		

1	Berat Baja Kapal	238,160
2	Berat E&O	36,405
3	Berat Instalasi Permesinan	13,249
4	Berat Lambung (hull) Kapal	238,160
5	Berat Konstruksi Lambung Kapal	170,160
6	Berat Bulwark	6,968
7	Equipment & Outfitting	9,266
8	Berat Atap Kapal	125,253
9	Berat Mesin	13,249
10	Berat bangunan atas	10,000
<i>Dead Weight Tonnage</i>		
1	Payload	269,66
2	Berat Bahan Bakar + Diesel Oil	136,962
3	Berat Minyak Pelumas	4,1089
4	Berat Air Tawar	54,600
5	Berat Provision	3,640
6	Berat Orang dan Bawaan	4,940
7	Berat Sewage	70,980
LWT + DWT		1005,371
<i>Displacement (Design)</i>		1022,289
Margin		16,97 (1.655%)

Dari hasil perhitungan LWT dan DWT kapal yang terdapat pada Tabel IV. 20, dapat dilihat bahwa komponen DWT lebih berat dari LWT dengan jumlah 2578 ton untuk DWT dan 1265.83 ton untuk LWT.

Lalu setelah perhitungan berat selesai maka akan dilakukan proses pengecekan selisih antara *displacement* dengan LWT+DWT, margin yang diperbolehkan maksimal sebesar 5%. Untuk nilai *displacement* sudah dijelaskan pada subbab perhitungan koefisien yaitu sebesar 3887.01 ton dan untuk total berat LWT+DWT yaitu sebesar 3844.18 ton. Jadi didapatkan selisih sebesar 42.83 ton ton atau 1.10%, dan hasil ini masih di dalam batasan margin yang diizinkan.

Untuk detail dari perhitungan ini dapat dilihat pada Lampiran A laporan Tugas Akhir ini.

IV.4.6. Analisis Titik Berat MDPS

Dalam perhitungan titik berat komponen yang dihitung titik beratnya berupa *light weight tonnage* (LWT) dan *dead weight tonnage* (DWT). Hasil perhitungan titik berat kapal dengan menggunakan formula yang sudah dijelaskan pada bab metodologi penelitian sebelumnya. Setelah semua hasil dikalkulasikan maka didapatkan titik berat secara total dari kapal ini. Nilai *keel to gravity*(KG) untuk kapal ini sebesar 2,58 m dan nilai *longitudinal centre of gravity* (LCG) sebesar -33,033 m dari FP.

Untuk detail dari perhitungan ini dapat dilihat pada Lampiran A laporan Tugas Akhir ini.

IV.4.7. Analisis *Freeboard* MDPS

Perhitungan *freeboard* menggunakan standar yang ada di *International Convention on Load Lines 1966 and protocol of 1988*, seperti yang sudah dijabarkan pada bab metodologi penelitian.

Tabel IV. 21 Tabel rekapitulasi *freeboard*

Rekapitulasi Freeboard			
No	Item	Result	Unit
1	Tipe Kapal	Tipe B	
2	<i>Freeboard Standard</i>	544	mm
Koreksi-Koreksi			
3	Koreksi kapal ukuran < 100 m	0.00	mm
	Koreksi Cb	0.00	mm
	Koreksi Tinggi	0.00	mm
	Koreksi Bangunan Atas	0.00	mm
	Koreksi Sheer	0.00	mm
	Koreksi <i>minimum bow height</i>	0.00	mm
	<i>TotalFreeboard</i>	544,12	mm
	<i>Actual Freeboard</i>	796.98	mm
	<i>Remark</i>	OK	

Pada dapat dilihat hasil dari perhitungan *freeboard* kapal, tipe kapal yang diambil merupakan tipe B yaitu kapal yang tidak memenuhi persyaratan kapal tipe A, yang mana kapal tipe A mempunyai persyaratan sebagai berikut:

- Kapal yang didesain memuat muatan cair dalam bulk.

- 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*.

- Mempunyai permeabilitas yang rendah pada ruang muat yang terisi penuh

Pengukuran *freeboard standard* dengan menggunakan tabel yang terdapat dalam *rule* sesuai tipe kapal. Nilai actual *freeboard* lebih besar daripada *freeboard standard* + koreksi, sehingga untuk perhitungan *freeboard* memenuhi standar.

Untuk detail dari perhitungan ini dapat dilihat pada Lampiran A laporan Tugas Akhir ini..

IV.4.8. Analisis Stabilitas MDPS

Stabilitas kapal adalah salah satu aspek yang penting untuk diperhitungkan dalam proses mendesain kapal, hal ini dikarenakan stabilitas kapal adalah kemampuan kapal untuk kembali kepada kedudukan keseimbangan dalam kondisi air tenang ketika kapal mengalami gangguan dalam kondisi tersebut. Pemeriksaan kondisi keseimbangan dilakukan untuk mengetahui karakteristik kapal pada beberapa kondisi, antara lain pada saat kondisi oleng atau trim akibat adanya perbedaan kondisi pemuatan (*loadcase*) dan adanya pengaruh faktor dari luar seperti angin, gelombang, cuaca, dan sebagainya.

Dalam penelitian ini, analisis keseimbangan yang dilakukan hanya mencakup pada kondisi oleng dan trim akibat perbedaan kondisi pemuatan. Karena saat kapal beroperasi, kapal tidak hanya beroperasi dalam satu kondisi pemuatan saja, tetapi juga ada kondisi dimana kapal dalam kondisi muatan penuh atau kosong. Dengan adanya perbedaan kondisi pemuatan itulah yang akan mengakibatkan karakteristik keseimbangan kapal yang berbeda.

Kriteria kondisi pemuatan dalam perhitungan stabilitas kapal yang digunakan pada Tugas Akhir ini mengacu berdasarkan peraturan pada (IMO, 1974).

- *Load Case 1* = Kondisi muatan penuh (100%), persediaan dan bahan bakar kondisi penuh (100%)
- *Load Case 2* = Kondisi muatan penuh (100%), persediaan dan bahan bakar kondisi tidak penuh (10%)
- *Load Case 3* = Kondisi muatan kosong (0%), persediaan dan bahan bakar kondisi penuh (100%)
- *Load Case 4* = Kondisi muatan kosong (0%), persediaan dan bahan bakar kondisi tidak penuh (10%)

Pemeriksaan *load case* ini menggunakan *software Maxsurf Stability Advanced*. Langkah-langkahnya adalah:

- Membuka *file* rencana garis yang dibuat menggunakan *software Maxsurf Modeler Advanced*
- Merencanakan letak tangki

Setelah perencanaan letak tangki sudah dibuat, perlu didefinisikan massa jenis muatan yang berada di dalam tangki tersebut. Pada *software Maxsurf Stability Advanced* terdapat analisis massa jenis (*density*) muatan yang dapat dilihat dan dipilih pada menu *analysis – density*.

Tabel IV. 22 Tabel *density*

	Fluid	Code	Specific gravity	Density tonne/m ³	Density bbbls/t	API Gravity	Color
1	Sea Water	S	1,0250	1,0250	6,1364		
2	Water Ballast	B	1,0250	1,0250	6,1364		
3	Fresh Water	W	1,0000	1,0000	6,2898		
4	Diesel	D	0,8400	0,8400	7,4879	36,95	
5	Fuel Oil	F	0,9443	0,9443	6,8608	18,35	
6	Lube Oil	L	0,9200	0,9200	6,8368	22,30	
7	ANS Crude	C	0,8883	0,8883	7,0807	27,79	
8	DMA (ISO 8217)	DMA	0,8900	0,8900	7,0672	27,49	
9	DMB (ISO 8217)	DMB	0,9000	0,9000	6,9687	25,72	
10	DMC (ISO 8217)	DMC	0,9200	0,9200	6,8368	22,30	
11	Gasoline leaded	G	0,7499	0,7499	8,3875	57,19	
12	Unlead. Gas.	U	0,7499	0,7499	8,3875	57,19	
13	JFA	J	0,8203	0,8203	7,6677	41,00	
14	MTBE	M	0,7471	0,7471	8,4190	57,90	
15	Gasol	GO	0,8524	0,8524	7,3789	34,50	
16	Slops	SL	0,9130	0,9130	6,8892	23,48	

- Pemeriksaan kondisi stabilitas

Setelah melakukan perencanaan kondisi pemuatan, maka perlu ditentukan kriteria pemeriksaan kondisi stabilitas. Pada penelitian ini, kriteria yang digunakan adalah kriteria stabilitas yang diatur oleh (IMO, 1974). Kriteria tersebut antara lain:

- Ketika lengan pengembali GZ pada sudut oleng $>30^\circ$, luasan area di bawah kurva lengan pengembali(GZcurve) antara sudut $0^\circ - 30^\circ$ tidak boleh kurang dari 0,055 m.rad atau 3,151 m.deg.

$$(\theta > 30^\circ, e 0^\circ - 30^\circ \geq 3,151 \text{ m.deg})$$

- Luasan area di bawah kurva lengan pengembali(GZcurve) antara sudut $30^\circ - 40^\circ$ tidak boleh kurang dari 0,030 m.rad atau 1,719 m.deg.

$$(e 30^\circ - 40^\circ \geq 1,719 \text{ m.deg})$$

- Lengan pengembali GZ pada sudut oleng $\geq 30^\circ$ tidak boleh kurang dari 0.200 m.

$$(GZ 30^\circ \text{ atau lebih} \geq 0,2 \text{ m})$$

- o Lengan pengembali(*GZcurve*) maksimum terjadi pada kondisi oleng sebaiknya tidak boleh kurang dari 25°.

($\theta_{Maks} \geq 25^\circ$)

- o Tinggi titik metacenter awal (GM_0) tidak boleh kurang dari 0.15 m.

($GM^\circ \geq 0,15 \text{ m}$)

- o Luasan area di bawah kurva lengan pengembali(*GZcurve*) antara sudut 0° - 40° tidak boleh kurang dari 0,090 m.rad 5,157 m.deg

($e_{0^\circ - 40^\circ} \geq 5,157 \text{ m.deg}$)

Dengan menggunakan *software Maxsurf stability Advanced* kita dapat melihat hasil pengecekan stabilitas tersebut yang dapat dilihat pada Tabel IV. 23

Tabel IV. 23 Hasil pengecekan *load case*

	Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
1	267(85) Ch2	2.3: IMO rol					
2		L, Stability c	73.212	m			
3		B, Stability c	20.007	m			
4		d, Stability c	2.212	m			
5		GMf, Stabilit	13.770	m			
6		VCG, Stabilit	3.400	m			
7		CB, Stability	0.810				
8		Ak, keel are	10.800	m^2			
9		Method for k	Tabulated v				
10		Evaluates t	27.9	deg			
11		Intermediate					
12		B / d			9.046		
13		100 Ak / L /			0.737		
14		C		IMO units	0.55		
15		T		s	5.926		
16		OG, Centre		m	1.189		
17		X1		IMO units	0.8		
18		X2		IMO units	1		
19		k tabulated		IMO units	0.985		
20		r		IMO units	1.053		
21		s		IMO units	0.1		
22							
23	267(85) Ch2	2.2.1: Area				Pass	
24		from the gre					
25		spec. heel a	0.0	deg	0.0		
26		to the lesser					
27		spec. heel a	30.0	deg	30.0		
28		angle of vani	89.3	deg			
29		shall not be	3.1513	m.deg	84.0054	Pass	+2565.74

IV.4.9. Analisis *Trim* Pada MDPS

Perhitungan *trim* dilakukan untuk mengetahui kondisi kapal apakah dalam keadaan *trim* buritan atau haluan, hal ini juga menjadi salah satu batasan dalam evaluasi desain.

Tabel IV. 24 Tabel perhitungan trim

<i>Trim Summary</i>		
No	Item	Result
1	KB/T	0,55
2	KB	1,78
3	C1	0,039
4	IT	2082,056
5	BMT	2,088
6	CIL	0,031
7	IL	58906,735
8	BML	59,063
9	GML	58,316
10	Trim	0,171

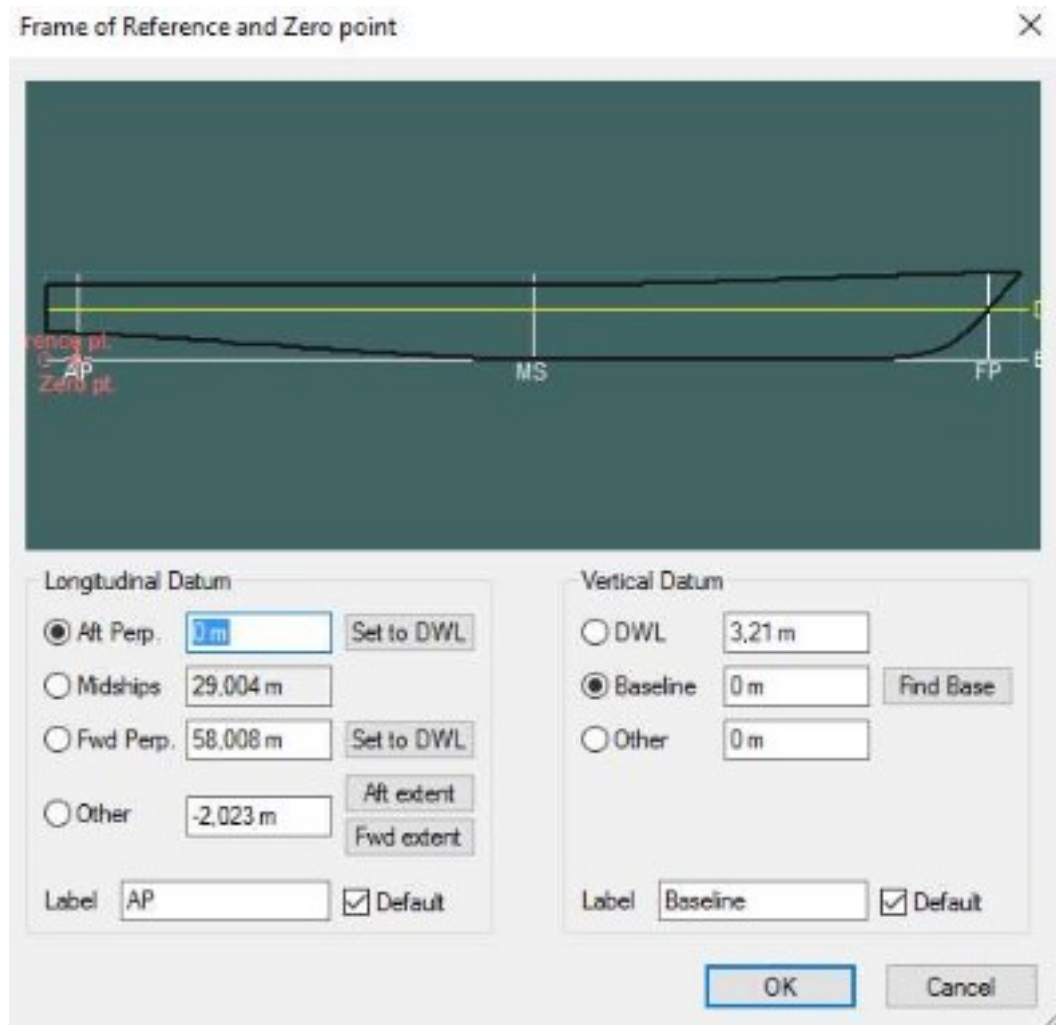
Pada Tabel IV. 24 merupakan hasil rekapitulasi perhitungan *trim* dengan menggunakan metode yang sudah dijelaskan pada bab metodologi penelitian. Pada tabel telah ditunjukkan bahwa nilai *trim* sebesar 0.087 m (trim buritan), apabila dijadikan presentase akan menjadi 0.15%. sehingga menurut kriteria selisih LCB dan LCG (*trim*) harus kurang dari 0.5% L yaitu kurang dari 0,29 m. Maka nilai *trim* sebesar 0,171 m masih memenuhi standar.

Untuk detail dari perhitungan ini dapat dilihat pada Lampiran A laporan Tugas Akhir ini..

IV.5. Pembuatan Rencana Garis

Untuk merancang sebuah kapal maka yang pertama dilakukan adalah pembuatan Rencana Garis. Dalam pembuatan Rencana Garis ini digunakan *software Maxsurf 20*. Caranya adalah dengan perpaduan antara *Maxsurf* dengan *AutoCAD*. Pada Program *software Maxsurf* tersebut juga disediakan beberapa desain dasar kapal, seperti *Tanker Bow, series 60, ship 1, ship 2, ship 3* dan sebagainya. Dengan memanfaatkan desain dasar tersebut (berupa bagian bentuk kapal), maka bisa dibuat bagian kapal lainnya dengan menggunakan bentuk-bentuk dasar seperti model kapal yang dipilih. Dalam mendesain model kapal *marine disaster prevention* menggunakan *maxsurf*, dipilih *sample design* kapal *frigate*.

Dari model kemudian dimasukkan ukuran yang diinginkan, maka bentuk garis baru telah didapatkan. Penggunaan metode ini harus memperhatikan beberapa aspek. Yaitu tipe kapal, Cb, dan LCB. Rencana Garis yang akan dibuat tidak boleh memiliki nilai Cb dan LCB yang berbeda jauh dari desain awal. Kemudian dilakukan penentuan *zero point*. Pada perancangan ini *zero point* ditentukan pada *base line* di AP. Selanjutnya *zero point* tersebut diaplikasikan ke desain. Pada proses ini dilakukan juga penentuan sarat *Marine disaster prevention Ships* (MDPS) dan penentuan panjang *perpendicular*.



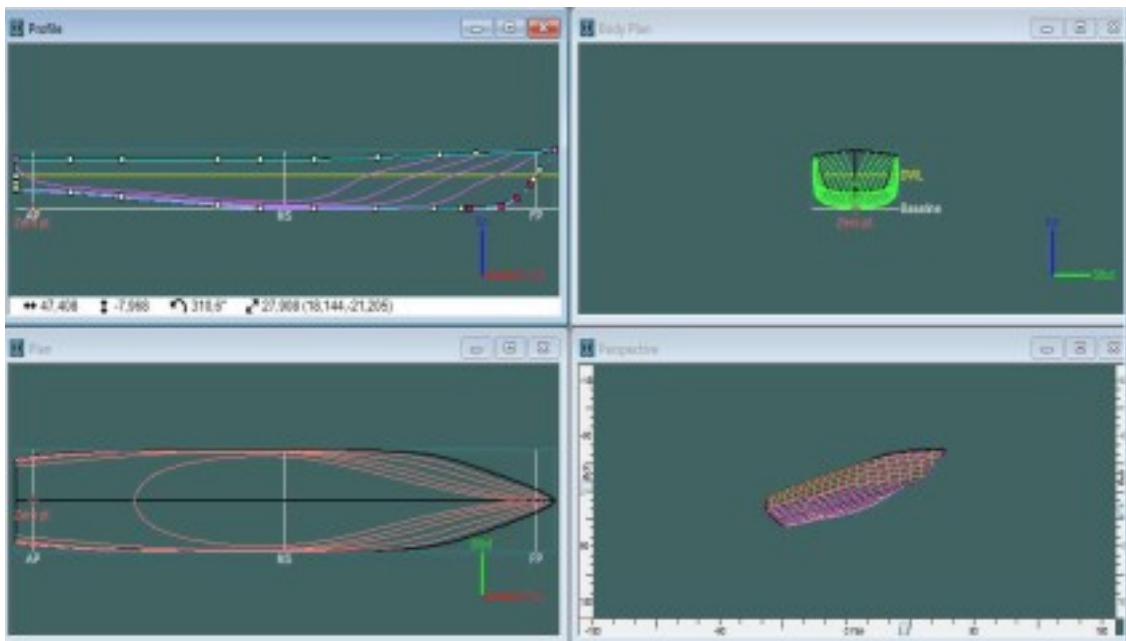
Gambar IV. 3 Desain *lines plan* menggunakan *maxsurf modeler*

Gambar IV. 3 adalah proses *parametric transformation*. Dengan memasukkan batasan yang sesuai perhitungan, maka *Maxsurf* akan menentukan bentuk kapal yang sesuai dengan perhitungan tersebut.

Pada gambar hasil *Maxsurf* tersebut terdapat point-point yang digunakan untuk menentukan bentuk *lines plan* kapal, point-point tersebut bisa di pindah-pindah sehingga bentuk *lines plan* dapat sesuai dengan yang diinginkan. Tetapi jika *point-point* tersebut di pindah maka nilai-nilai ukuran utama dan koefisien-koefisiennya akan berubah. Dalam *maxsurf* bisa melihat nilai-nilai ukuran utama dan koefisien-koefisien kapal setelah diubah.

Penentuan jumlah *waterline*, *buttock line*, dan *station* ditentukan di *maxsurf*. Dengan memasukkan jumlah garis dan jarak antar garis pada *data-grid spacing*, maka bentuk *body plan*, *sheer plan*, dan *half breadthplan* bisa terlihat dengan jelas. Ditentukan jumlah *station* yaitu 20 buah termasuk AP dan FP. Dengan jarak *station* 3.725 m. Jumlah *waterline* ditentukan 10 buah. Dengan jarak *waterline* 0.5 m dan sarat 2,96 m. Untuk jumlah garis *buttock* ditentukan 10 buah dengan jarak sama selebar kapal.

Setelah semua langkah-langkah di atas dilaksanakan maka akan tampak hasil tampilan secara keseluruhan desain *Marine disaster prevention Ships (MDPS)* dapat dilihat pada gambar Gambar IV-1:



Gambar IV-1 Proses pembuatan *lines plan*

Dari model tersebut juga bisa langsung diketahui bagaimana karakteristik badan kapal model. Nilai yang muncul harus sama atau setidaknya mendekati nilai yang

diperoleh dari hasil perhitungan teknis yang sebelumnya telah dilakukan. Adapun karakteristik model tersebut seperti tampak pada Gambar IV. 4.

Hydrostatics at DWL

	Measurement	Value	Units
1	Displacement	1023	t
2	Volume (displaced)	997,806	m ³
3	Draft Amidships	3,210	m
4	Immersed depth	3,210	m
5	WL Length	59,938	m
6	Beam max extents o	9,710	m
7	Wetted Area	669,696	m ²
8	Max sect. area	27,154	m ²
9	Waterpl. Area	454,885	m ²
10	Prismatic coeff. (Cp)	0,613	
11	Block coeff. (Cb)	0,534	
12	Max Sect. area coeff	0,888	
13	Waterpl. area coeff.	0,782	
14	LCB length	24,804	from z
15	LCF length	23,176	from z
16	LCB %	41,384	from z
17	LCF %	38,668	from z
18	KB	1,977	m
19	KG fluid	0,000	m
20	BMt	2,930	m
21	BML	97,432	m
22	GMI corrected	4,907	m
23	GML	99,409	m
24	KMt	4,907	m
25	KML	99,409	m
26	Immersion (TPc)	4,863	tonne/c
27	MTc	17,527	tonne.
28	RM at 1deg = GMt.Di	87,595	tonne.

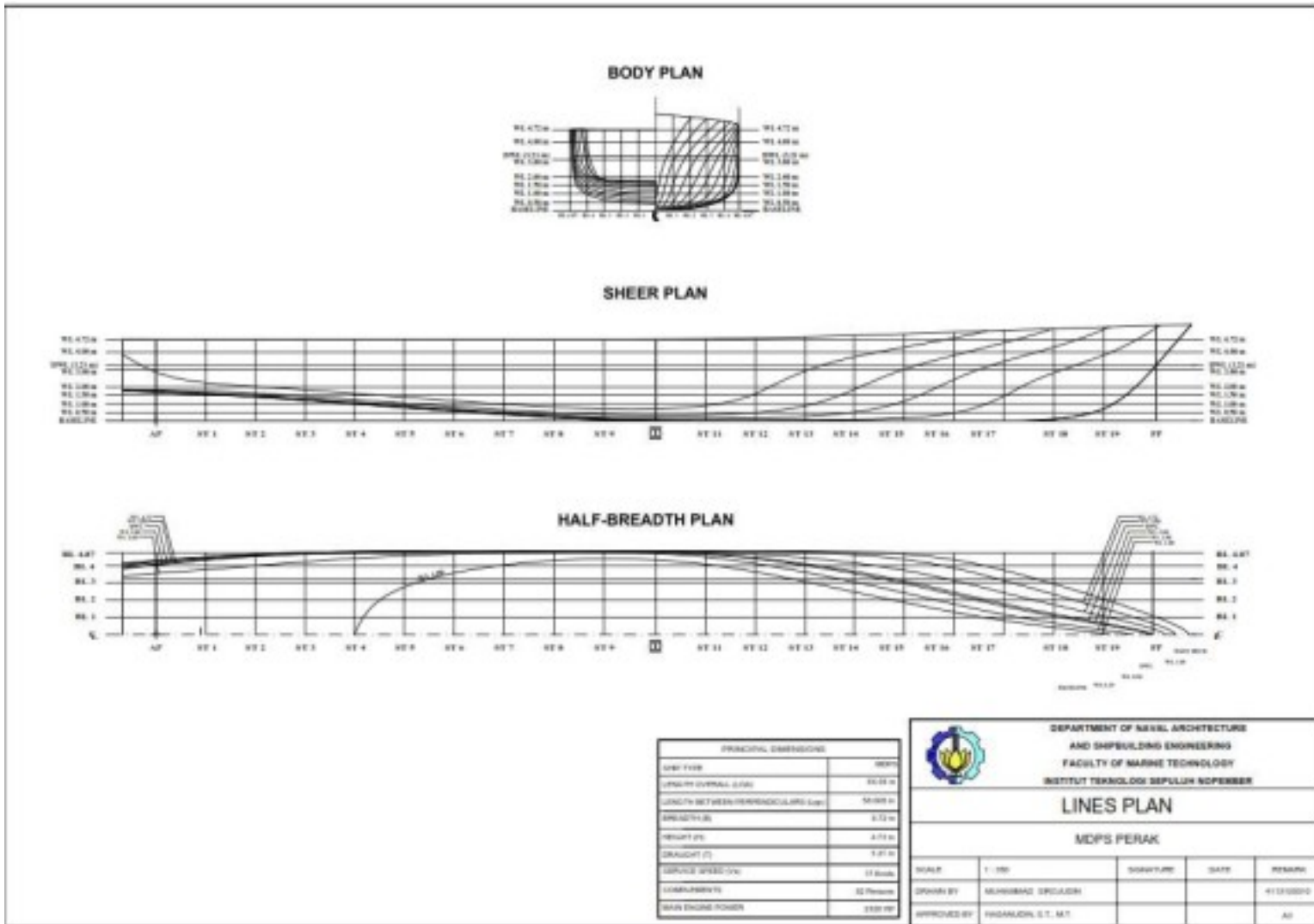
Density (water)

Std. densities

VCG

Gambar IV. 4 Hasil hidrostatik model

Dari model gambar *body plan*, *sheer plan*, dan *half breadthplan* kemudian diekspor ke dalam *Software AutoCAD* untuk kemudian diperhalus tampilannya. Sehingga didapatkan gambar Rencana Garis seperti pada Gambar IV. 5. Untuk gambar yang lebih jelas dapat dilihat pada Lampiran B laporan Tugas Akhir ini.



Gambar IV. 5 Lines Plan kapal *marine disaster prevention*

IV.6. Pembuatan Rencana Umum

Setelah rencana garis selesai dibuat, selanjutnya adalah pembuatan rencana umum. Rencana Umum berisi perencanaan peletakan muatan, peletakan perlengkapan dan peralatan, pembagian sekat, dan sebagainya. Berikut adalah beberapa pertimbangan yang dilakukan dalam pembuatan Rencana Umum.

- *Basic function* kapal

Marine disaster prevention Ships (MDPS) suatu kapal special purpose yang fungsinya adalah untuk mengawasi, menangani, dan mencegah terjadinya pencemaran laut oleh aktivitas pelayaran. Kapal *marine disaster prevention* tergolong ke dalam jenis kapal patroli. *Basic function* dari kapal ini adalah meliputi: *search and rescue, oil spill recovery, fire fighting, disaster command and co-ordination*.

- Sistem propulsi

Kapal patroli khusus jenis *Marine disaster prevention Ships (MDPS)* ini membutuhkan kecepatan dan kemampuan manuver yang cukup tinggi. Kebanyakan sistem propulsi yang dipakai adalah *twin screw propulsion*. Sistem propulsi ini memiliki dua propeller dan dua mesin utama sehingga mempunyai kelebihan dalam segi *efficiency* dan *manoeuvrability*.

- Penentuan sistem keselamatan

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

- Pelampung Penolong (*Lifebuoy*)

Adapun ketentuan-ketentuan dalam menentukan pelampung adalah sebagai berikut:

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

- Baju Penolong (*Life Jacket*)

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

- Setiap ABK dilengkapi dengan satu baju penolong.
- Baju penolong disimpan di tiap lemari dari ABK
- *Life jacket* harus mampu menahan dalam air tawar selama 24 jam, berat 7,5 kg besi.
- Jumlah baju penolong = Jumlah ABK + 5%
= 52 + 3
= 55 buah

- Tanda- Tanda Bahaya dengan Sinyal atau Radio

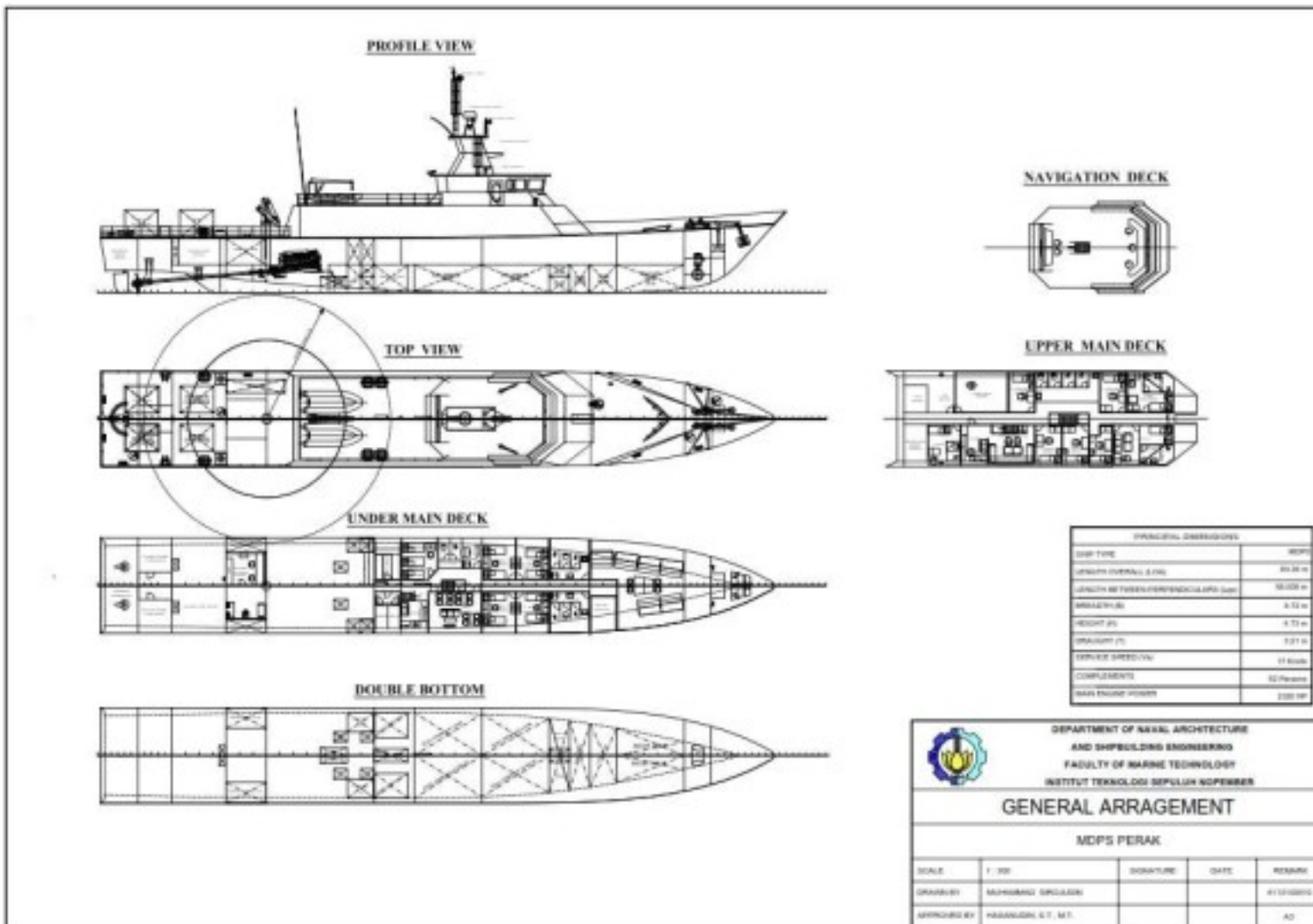
Kapal dilengkapi dengan tanda bahaya. Untuk menunjukkan tanda bahaya bisa menggunakan sinyal ataupun radio. Tanda bahaya yang berupa sinyal seperti:

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

- Alat Pemadam Kebakaran

Alat pemadam kebakaran diletakkan di tempat-tempat yang memungkinkan terjadinya kebakaran, misalnya pada gang, kamar mesin ataupun dapur. Ada berbagai tipe, umumnya seperti yang ada di darat. Sistem pemadam kebakaran berupa foam. Sistem ini dibuat dalam tangki khusus foam dan pembuatannya dapat dilakukan di atas kapal. Selain itu terdapat juga sistem pemadam kebakaran berupa pompa air. Kecepatan dan tekanan pompa harus mampu mencapai deck teratas dan saluran selang terdapat pada tiap deck.

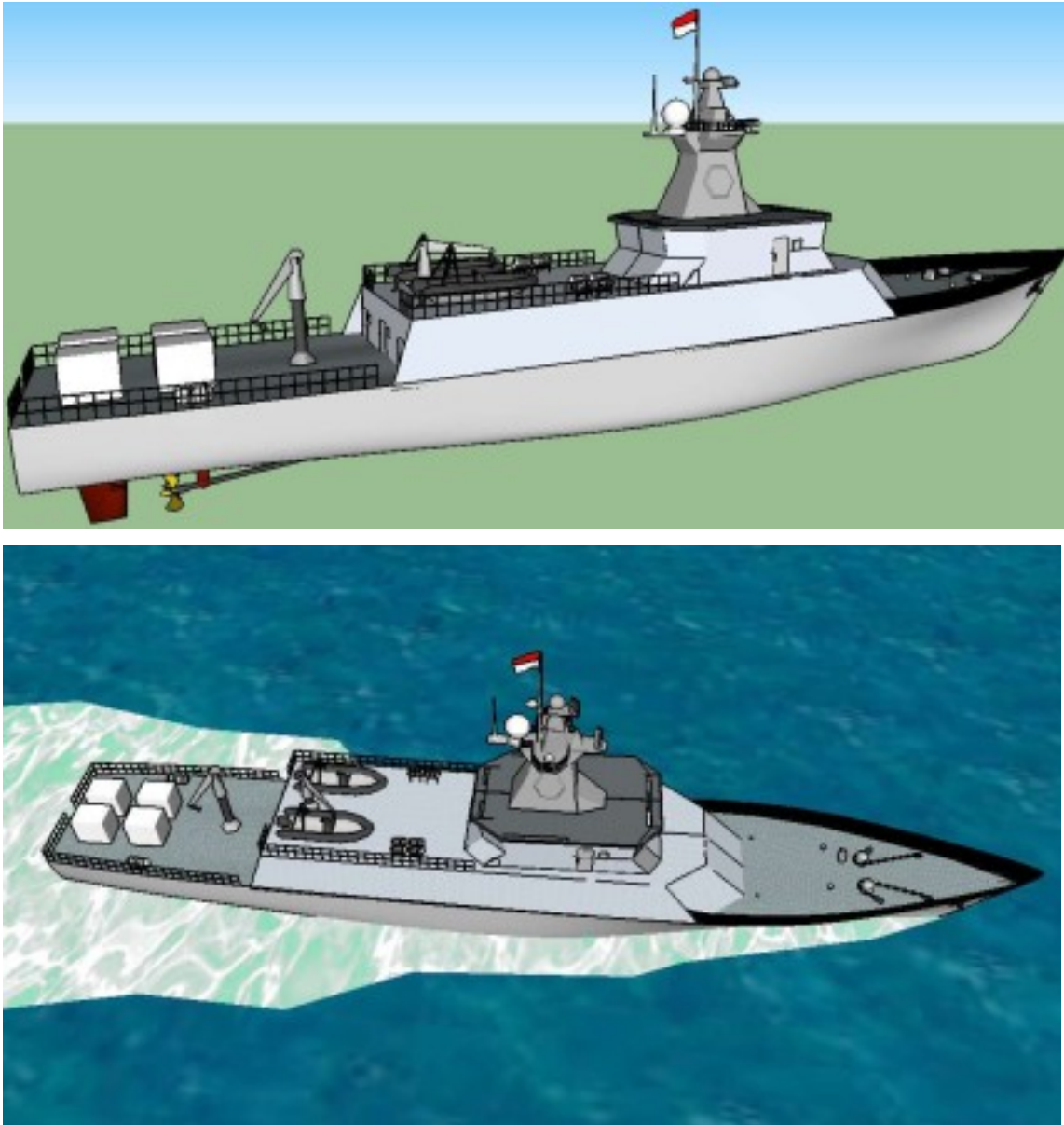
Berdasarkan perencanaan peletakan muatan, peletakan perlengkapan dan peralatan fasilitas kapal *Marine Disaster Prevention*, pembagian sekat serta mempertimbangkan beberapa hal lainnya, maka didapatkan desain Rencana Umum akhir dari *Marine disaster prevention Ships (Marine disaster prevention Ships (MDPS)* seperti tampak pada Gambar IV. 6. Untuk gambar yang lebih jelas dapat dilihat pada Lampiran C laporan Tugas Akhir ini.



Gambar IV. 6 *General arrangement kapal marine disaster prevention*

IV.7. Permodelan 3D

Tahapan berikutnya adalah membuat permodelan 3 dimensi dari kapal ini. Permodelan 3D dibuat menggunakan bantuan *software maxsurf modeller* dan *software Sketch Up*.



Gambar IV. 7 Gambar Permodelan 3D MDPS

IV.8. Perhitungan Ekonomis Biaya Pembangunan

Mengingat tahapan desain yang digunakan dalam desain ini baru sebatas *conceptual design*, maka estimasi biaya pembangunan kapal yang digunakan adalah tahap *conceptual or screening estimate* atau tingkatan estimasi kelas 5 yang merupakan tingkatan paling awal dalam proses penentuan biaya pembangunan. Estimasi yang dibuat berdasarkan data proyek sejenis yang pernah dibuat di waktu lalu atau menggunakan *parametric model, judgement*, dan *analogy*. Estimasi ini dibuat dengan tingkat penyelesaian lingkup pekerjaan 0% s.d. 2% dan memiliki tingkat akurasi berkisar antara batas bawah -20% s.d. -50% dan batas atas +30% s.d. +100%.

Tahapan pertama dalam melakukan estimasi biaya pembangunan adalah menentukan komponen biaya yang dijadikan acuan, dalam hal ini adalah biaya dari komponen baja yang dibutuhkan. Besar biaya komponen baja didapatkan dari berat baja kapal yang dikalikan dengan harga baja per satuan ton. Diketahui berat komponen baja seberat 517,447 ton dan harga baja didapatkan dari indeks harga baja menurut (Krakatau Steel, 1 Januari 2017). Berikut perhitungan kebutuhan biaya komponen baja yang dibutuhkan:

$$\begin{aligned} \$ \text{ Steel Plate} &= W_s \times UP_s \\ W_s &= 517,447 \text{ ton} \\ UP_s &= \text{Unit Price Baja} \\ &= \$ 747.0 / \text{ton} \\ \$ \text{ Steel Plate} &= \$1197,815 \\ \% \text{ Total Cost} &= 21 \% \end{aligned}$$

Setelah diketahui besar harga komponen baja yang dibutuhkan, maka dihitung biaya pembangunan dari komponen lainnya berdasarkan harga baja yang dijadikan acuan dan persentase dari masing-masing komponen sesuai (PERTAMINA, 2007). Contoh perhitungan biaya dari persentase yang ada didapatkan sebagai berikut:

$$\$ \text{ Komponen} = (\% \text{ Komponen} / \% \text{ Acuan}) \times \$ \text{ Acuan}$$

Sebagai contoh: Ingin mencari biaya detail dari design cost (\$ Desain)

$$\begin{aligned} \% \text{ Desain} &= 3.00 \% (\text{Total Cost}) \\ \% \text{ Acuan} &= \% \text{ Steel and profile} \\ &= 21.00 \% (\text{Total Cost}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \$ \text{ Acuan} &= \$ \text{ Steel and profile} \\
 &= \$ 619.806,52 \\
 \% \text{ Desain} &= (3.00 / 21.00) \times 619.806,52 \\
 &= \$ 88.543,79
 \end{aligned}$$

Dari contoh perhitungan di atas, maka didapatkan besar biaya pembangunan dengan rincian sebagai berikut:

Tabel IV. 25 Rekapitulasi Biaya Pembangunan Kapal

Cost	Detail	%	\$
DIRECT COST	1. Hull Part		
	1.a. Steel plate and profile	21.00	\$619.806,52
	1.b. Hull outfit, deck machiney and accommodation	7.00	\$206.602,17
	1.c. Piping, valves and fittings	2.50	\$73.786,49
	1.d. Paint and cathodic protection/ICCP	2.00	\$59.029,19
	1.e. Coating (BWT only)	1.50	\$44.271,89
	1.f. Fire fighting, life saving and safety equipment	1.00	\$29.514,60
	1.g. Hull spare part, tool, and inventory	0.30	\$8.854,38
	Subtotal (1)	35.30	\$1.041.865,25
	2. Machinery Part		
	2.a. Propulsion system and accessories	12.00	\$1.022.736,35
	2.b. Auxiliary diesel engine and accessories	3.50	\$298.298,10
	2.c. Boiler and Heater (Tidak Ada)	1.00	\$85.228,03
	2.d. Other machinery in in E/R	3.50	\$298.298,10
	2.e. Pipe, valves, and fitting	2.50	\$106.535,04
	2.f. Machinery spare part and tool	0.50	\$21.307,01
	Subtotal (2)	23.00	\$1.832.402,63
	3. Electric Part		
	3.a. Electric power source and accessories	3.00	\$88.543,79
	3.b. Lighting equipment	1.50	\$44.271,89
	3.c. Radio and navigation equipment	2.50	\$73.786,49
	3.d. Cable and equipment	1.00	\$29.514,60
	3.e. Electric spare part and tool	0.20	\$5.902,92
	Subtotal (3)	8.20	\$242.019,69

	4. Construction cost		
	Consumable material, rental equipment and labor	20.00	\$590.291,93
	Hydraulic	-	\$590.291,93
	Subtotal (4)	20.00	\$590.291,93
	5. Launching and testing		
	Subtotal (5)	1.00	\$29.514,60
	6. Inspection, survey and certification		
	Subtotal (6)	1.00	\$29.514,60
	TOTAL I (sub 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6)	88.50	\$3.765.608,68
INDIRECT COST	7. Design cost	3.00	\$88.543,79
	8. Insurance cost	1.00	\$29.514,60
	9. Freight cost, import duties, IDC, Q/A, guarantee engineer, handling fee, guarantee & warranty cost.	2.50	\$73.786,49
	TOTAL II (sub 7+ 8 + 9)	6.50	\$191.844,88
MARGIN	TOTAL III	5.00	\$147.572,98
GRAND TOTAL (I + II + III)		100.00	\$4.296.871,42

Dari rincian estimasi biaya pembangunan di atas, maka diketahui estimasi biaya pembangunan total sebesar 4.296.871,42 USD. Kurs jual USD terhadap Rupiah menurut indeks mata uang Bank Indonesia per tanggal 22 Februari 2017 sebesar Rp. 13.357,00. Maka estimasi biaya pembangunan total dalam Rupiah sebesar Rp. 57.393.311.509. Dalam tugas akhir ini dilakukan 3 Estimasi biaya pembangunan, yaitu estimasi biaya pembangunan MDPS dengan ukuran utama optimum dan MDPS dengan ukuran utama minimum/maksimum yang didapat dari batasan pada saat proses optimisasi. Berikut adalah tabel rekapitulasi dari ke 3 hasil estimasi biaya pembangunan MDPS:

Tabel IV. 26 Rekapitulasi Perbandingan Hasil Estimasi Biaya pembangunan

No.	Nama Kapal (Ukuran Utama)	Biaya Pembangunan (Rp)
1.	MDPS (Minimum)	51.442.319.953,-
2.	MDPS (Optimum)	57.393.311.509,-
3.	MDPS (Maksimum)	60.302.030.470,-

Pada Tabel IV. 26 dapat di lihat bahwa biaya pembangunan MDPS dengan batasan ukuran utama minimum didapatkan hasil biaya pembangunan yang paling rendah. Akan tetapi, pada perhitungan teknis, hasil koreksi *displacement*-nya tidak memenuhi. Oleh karena itu MDPS (ukuran utama optimum) dengan biaya pembangunan sebesar Rp. 57.393.311.509,- adalah hasil yang paling optimum. Untuk perhitungan secara detail bisa di lihat pada bagian Lampiran B.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1. Kesimpulan

Untuk mencegah atau mengurangi tingkat pencemaran laut yang disebabkan oleh aktifitas pelayaran, perlu adanya kapal patroli khusus tipe *Marine disaster prevention Ships* (MDPS) yang harus ada dan beroperasi. Di Indonesia sendiri jumlah kapal patroli khusus tipe *Marine disaster prevention Ships* (MDPS) masih sedikit jumlahnya, hanya ada 7 buah kapal. Di pelabuhan tanjung perak, Surabaya yang merupakan pelabuhan dengan aktivitas terpadat ke dua setelah tanjung priok belum ada kapal patroli khusus tipe *Marine disaster prevention Ships* (MDPS) yang beroperasi di wilayah tersebut. Maka didesain kapal patroli kelas I tipe *Marine disaster prevention Ships* (MDPS) yang beroperasi di Surabaya dan perairan sekitarnya sangat diperlukan.

Berdasarkan pembahasan yang telah dijelaskan di bab-bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Lokasi operasi dari *Marine disaster prevention Ships* (MDPS) ini berada di sekitaran area pelabuhan Tanjung Perak Surabaya
2. Ukuran utama yang optimum *Marine disaster prevention Ships* (MDPS) adalah:
 - Tipe kapal = *Marine disaster prevention*
 - Jenis muatan = Fasilitas *Marine disaster prevention*
 - *Length Over All* (Loa) = 60,33 meter
 - *Length Between Perpendicular* (Lpp) = 58,01 meter
 - *Breadth* (B) = 9,73 meter
 - *Height* (H) = 4.73 meter
 - *Draught* (T) = 3,21 meter
 - *Block coefficient* (C_b) = 0.539
 - *Displacement* = 1022,29 ton
 - Jumlah *crew* = 52 orang
3. Gambar desain Rencana Garis, Rencana Umum, dan permodelan 3D terlampir

4. Total estimasi biaya pembangunan yang dibutuhkan untuk membangun kapal patroli *Marine disaster prevention Ships* (MDPS) dengan payload 297 ton dengan lokasi operasi di sekitaran perairan Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya yang didapatkan melalui data biaya pembangunan *Marine disaster prevention Ships* (MDPS) sebelumnya adalah Rp. 57.393.311.509,-

V.2. Saran

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

1. Perlu dilakukan kajian lebih lanjut tentang kapal patroli khusus tipe *Marine disaster prevention Ships* (MDPS) untuk melayani wilayah lain di Indonesia selain di Surabaya, karena jumlah kapal patroli tipe *Marine disaster prevention Ships* (MDPS) di Indonesia masih kurang jika dibandingkan dengan luas wilayah perairannya.
2. Perlu adanya peninjauan lebih rinci terhadap aspek konstruksi, stabilitas dan kekuatan kapal mengingat sangat dibutuhkannya kapal *Marine disaster prevention Ships* (MDPS) di Indonesia karena jumlahnya yang masih sedikit, sementara pada Tugas Akhir ini masih banyak digunakan perhitungan secara pendekatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariany, Z. (2011). Kajian Aspek Hukum Internasional Pada Kasus Tumpahan Minyak Kapal Tanker Exxon Valdes. *Teknik*.
- Barrass, D. B. (2004). *Ship Design and Performance for Masters and Mates*. Oxford: Elsevier.
- Biro Klasifikasi Indonesia. (2006). *Rules For The Classification and Construction of Seagoing Steel Ships Vol II Rules For Hull*. Jakarta: Biro Klasifikasi Indonesia.
- Djarmiko, E. B. (2013). Urgency In The Establishment Of A National Sea Wave Forecasting Center To Enhance *Marine disaster prevention* And Control In Indonesia.
- Evans, J. H. (1959). *Basic Design Concepts*. Massachusetts: Cornell Maritime Press Inc.
- IMO. (1966). *International Convention on Load Lines*. London: Lloyd's Register.
- IMO. (1974). *Intact Stability Code*. IMO.
- IMO. (1974). *International Convention for the Safety of Life at Sea*. London: Lloyd's Register.
- Laporan Analisis Trend Kecelakaan Laut 2003-2008*. (2009). (No. 002/STD/KNTR/KNKT/IV/09).
- Lewis, E. V. (1988). *Principles of Naval Architecture Vol I Stability and Strength*. New Jersey: The Society of Naval Architects and Marine Engineers.
- Lewis, E. V. (1988). *Principles of Naval Architecture Vol II Resistance, Propulsion and Vibration*. New Jersey: The Society of Naval Architectures and Marine Engineers.
- Lewis, E. V. (1988). *Principles of Naval Architecture Volume II*. Jersey City: The Society of Naval Architectures and Marine Engineers.
- Malisan, J. (2011). Kajian Pencemaran Laut dari Kapal dalam Rangka Penerapan PP Nomor 21 Tahun 2010 Tentang Perlindungan Lingkungan Laut.

- Manning, G. C. (n.d.). *The Theory and Technique of Ship Design*.
- Metcalf & Eddy Inc. (1991). *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*. McGraw Hill Inc.
- Parsons, M. G. (2001). *Parametric Design, Chapter 11*. Michigan: University of Michigan.
- PERTAMINA. (2007). *Estimasi Harga Pembangunan Kapal Baru*. Jakarta: PERTAMINA.
- Purwanto, Y. I. (2015, Agustus). www.kompasiana.com.
- Regulations for the safe transport of radioactive material*. (2000) (1996 ed. (rev.)). Vienna:
Internat. Atomic Energy Agency.
- Schneekluth H., & V., B. (1998). *Ship Design for Efficiency and Economy (second edition)*.
Oxford: Plant A Tree.
- Watson, D. (1998). *Practical Ship Design*. Oxford: Elsevier.
- Yunoki, K. (n.d.). *The First Issue of Maritime White Paper. 2004*.

LAMPIRAN A
PERHITUNGAN TEKNIS

Owner Requirement

Jenis Kapal = *Marine Disaster Prevention Ships (MDPS)*

Jenis Muatan =

Payload = Fasilitas *Marine disaster Prevention*

Kecepatan Dinas = 17 kn = 8,7456 m/s

Radius Pelayaran = 2778 km = 1500 mil laut

Daerah Pelayaran = Perairan Domestik (Indonesia)

Payload

Ukuran Kapal MDPS

Dimensi :

L = 61,80 m

B = 9,73 m

H = 4,72 m

Payload = Fasilitas *Marine disaster Prevention* & Kru tambahan

1. *oil booms* = 50 & 200 m
2. *Oil skimmers* = 1000 m³/jam**Power pack* 55 kW
3. *Oil storage* = 2 x 25 m³
4. JIB = 15 m jib *in three sections*
5. *Dispersant system* = 3 m³
6. *Transfer Pump* = 30 m³/jam+ *Power pack* 30 kW
7. Kru tambahan (52 org) = 4,16 ton

Payload (ton) = Fasilitas *Marine disaster Prevention*

= 269,66 ton

Studi Kasus

Rute Pelayaran = Daerah perairan sekitar tanjung perak surabaya

Radius Pelayaran = 2778 km

Deadweight (DWT) Requirement

Payload = Fasilitas *Marine disaster Prevention* & Kru tambahan

Paylaod (ton) = Fasilitas *Marine disaster Prevention* & Kru tambahan

= 269,66 ton

DWT = *Payload* / C_{cargoDWT}

= 270 +10%

= 296,626 ton

OPTIMIZING

CHANGING VARIABLE							
	ITEM	UNIT	SYMBOL	MIN	VALUE	MAX	STATUS
Main Dimensions	Length	m	L	54,900	58,01	61,800	ACCEPTED
	Breadth	m	B	8,500	9,73000	10,200	ACCEPTED
	Draft	m	T	3,000	3,21000	3,300	ACCEPTED
	Height	m	H	4,350	4,72000	4,850	ACCEPTED

CONSTRAINT							
	ITEM	UNIT	SYMBOL	MIN	VALUE	MAX	STATUS
Froude Number	$F_n = V / (g \times L_{pp})^{0.5}$		F_n	0,355	0,355	0,377	ACCEPTED
Ratio	Length / Breadth		L/B	3,5	6,349	10	ACCEPTED
	Breadth / Draft		B/T	1,8	2,950	5	ACCEPTED
	Length / Draft		L/T	10	18,727	30	ACCEPTED
Displacement	Displacement Correction ($\Delta - (LWT + DWT)$)	%		0	10,084	5	REJECTED
Center of Mass	Center of Mass Correction (LCB - LCG)	%		0	0,171	1	ACCEPTED
Freeboard	Minimum freeboard	mm	FS	0,544	1,413		ACCEPTED
Stabilitas	The area GZ curve up to $\theta = 40^\circ$ angle of heel	m.rad	e 0 - 30°	0,055	0,796		ACCEPTED
	The area GZ curve up to $\theta = 30^\circ$ angle of heel	m.rad	e 0 - 40°	0,09	1,092		ACCEPTED
	The area GZ curve at $\theta = 30^\circ - 40^\circ$ angle of heel	m.rad	e $30^\circ - 40^\circ$	0,03	0,296		ACCEPTED
	The righting lever GZ at an angle of heel 30°	m	GZ 30°	0,2	0,637		ACCEPTED
	The maximum righting arm	Degree ($^\circ$)	θ Max	24,9999	25,000		ACCEPTED
	The initial metacentric height GM0	m	GM $^\circ$	0,15	2,372		ACCEPTED

0,00% 0%

OBJECTIVE FUNCTION			
	ITEM	UNIT	VALUE
Building Cost	Direct Cost	\$	3765608,68
	Indirect Cost	\$	191844,876
	Margin Cost	\$	147572,981
	Total Cost	\$	4296871,42

Penentuan Ukuran Utama Awal

Metode Geosim

Data yang dibutuhkan untuk menggunakan metode ini adalah ukuran utama kapal (L, B, T, dan H) dengan C_D (Coefficient Displacement) dan C_B (Coefficient Block) yang hampir serupa.

Metode Geosim dapat dihitung dengan persamaan:

$$(L_2/L_1)^3 = W_2/W_1$$

$L_2/L_1 = K =$ Koefisien perbandingan geometris suatu kapal

$W_2 =$ DWT kapal yang akan dicari (ton)

$W_1 =$ DWT kapal *parent ship* (ton)

$$L_2 = L_1 \times K \quad (\text{m})$$

$$B_2 = B_1 \times K \quad (\text{m})$$

$$T_2 = T_1 \times K \quad (\text{m})$$

$$H_2 = H_1 \times K \quad (\text{m})$$

Perhitungan Ukuran Utama Awal Menggunakan Metode Geosim

Parent Ship = MDPS CHUNDAMANI

$$W_1 = 289 \text{ ton}$$

$$W_2 = 292,05 \text{ ton}$$

$$L_1 = 61,80 \text{ m}$$

$$B_1 = 9,70 \text{ m}$$

$$T_1 = 3,20 \text{ m}$$

$$H_1 = 4,70 \text{ m}$$

$$C_D = 0,296$$

$$C_B = 0,542$$

$$W_2 = 296,626 \text{ ton}$$

$$\Delta_2 = \text{DWT} / \text{CD}$$

$$\text{CD} = 0,500$$

$$\Delta_2 = 297 / 0.000$$

$$= 1000,96 \text{ ton}$$

$$(L_2/L_1)^3 = W_2/W_1$$

$$L_2/L_1 = (W_2/W_1)^{1/3}$$

$$L_2/L_1 = (292 / 289)^{1/3}$$

$$L_2/L_1 = 1,0035$$

$$K = 1,0035$$

$$L_2 = L_1 \times K = 62 \times 0,001 = 62,0166 \text{ m}$$

$$B_2 = B_1 \times K = 010 \times 0,001 = 9,734 \text{ m}$$

$$T_2 = T_1 \times K = 003 \times 0,001 = 3,21122 \text{ m}$$

$$H_2 = H_1 \times K = 005 \times 0,001 = 4,71648 \text{ m}$$

Displacement Check

$$\begin{aligned}\Delta_2 &= L_2 \times B_2 \times T_2 \times CB \times \rho \\ &= 062 \times 010 \times 003 \times 0.001 \times 1.025 \\ &= 1076,94 \text{ ton} \\ &= \text{Displacement Tidak Sesuai}\end{aligned}$$

Parent Ship = ALNILAM

$W_1 = 289 \text{ ton}$	$W_2 = 296,626 \text{ ton}$
$W_2 = 296,626 \text{ ton}$	$\Delta_2 = \text{DWT} / \text{CD}$
$L_1 = 54,90 \text{ m}$	$\text{CD} = 0,500$
$B_1 = 10,20 \text{ m}$	$\Delta_2 = 297 / 0.000$
$T_1 = 3,00 \text{ m}$	$= 1000,96 \text{ ton}$
$H_1 = 4,35 \text{ m}$	
$C_D = 0,296$	
$C_B = 0,537$	

$$\begin{aligned}(L_2/L_1)^3 &= W_2/W_1 \\ L_2/L_1 &= (W_2/W_1)^{1/3} \\ L_2/L_1 &= (297 / 289)^{1/3} \\ L_2/L_1 &= 1,0087 \\ K &= 1,0087\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}L_2 &= L_1 \times K = 54,90 \times 1,0087 = 55,3787 \text{ m} \\ B_2 &= B_1 \times K = 10,20 \times 1,0087 = 10,2889 \text{ m} \\ T_2 &= T_1 \times K = 3,00 \times 1,0087 = 3,02616 \text{ m} \\ H_2 &= H_1 \times K = 4,35 \times 1,0087 = 4,38793 \text{ m}\end{aligned}$$

Displacement Check

$$\begin{aligned}\Delta_2 &= L_2 \times B_2 \times T_2 \times CB \times \rho \\ &= 055 \times 010 \times 003 \times 0.001 \times 1.025 \\ &= 949,081 \text{ ton} \\ &= \text{Displacement Tidak Sesuai}\end{aligned}$$

Parent Ship =

$W_1 = 289 \text{ ton}$	$W_2 = 296,626 \text{ ton}$
$W_2 = 296,626 \text{ ton}$	$\Delta_2 = \text{DWT} / \text{CD}$
$L_1 = 61,00 \text{ m}$	$\text{CD} = 0,500$
$B_1 = 8,50 \text{ m}$	$\Delta_2 = 297 / 0.000$
$T_1 = 3,00 \text{ m}$	$= 873,278 \text{ ton}$
$H_1 = 4,85 \text{ m}$	
$C_D = 0,33967$	
$C_B = 0,542$	

$$(L_2/L_1)^3 = W_2/W_1$$

$$L_2/L_1 = (W_2/W_1)^{1/3}$$

$$L_2/L_1 = (297 / 289)^{1/3}$$

$$L_2/L_1 = 1,0087$$

$$K = 1,0087$$

$$L_2 = L_1 \times K = 061 \times 00.001 = 61,2138 \text{ m}$$

$$B_2 = B_1 \times K = 009 \times 00.001 = 8,5298 \text{ m}$$

$$T_2 = T_1 \times K = 003 \times 00.001 = 3,01052 \text{ m}$$

$$H_2 = H_1 \times K = 005 \times 00.001 = 4,867 \text{ m}$$

Displacement Check

$$\Delta Z = L_2 \times B_2 \times T_2 \times CB \times \rho$$

$$= 061 \times 009 \times 003 \times 0.001 \times 1.025$$

$$= 873,278 \text{ ton}$$

= Displacement Tidak Sesuai

Main Dimension

Main Dimension (tidak optimum)

$$L_{PP} = 61,80 \text{ m}$$

$$B = 9,73 \text{ m}$$

$$T = 3,30 \text{ m}$$

$$H = 4,72 \text{ m}$$

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

Coeffisien calculation

Input Data :

L _o =	61,80 m	L _o /B _o =	6,349
H _o =	4,72 m	B _o /T _o =	2,950
B _o =	9,73 m	T _o /H _o =	0,700
T _o =	3,30 m	Vs =	17,000 knot
			8,745 m/s
Fn =	0,355	ρ =	1,025 g/cm ³

Perhitungan :

• Froude Number Dasar

$$Fn_o = \frac{Vs}{\sqrt{g \cdot L}} \quad g = 9,810 \text{ m/s}^2$$

$$= 0,355$$

Principle of Naval Architecture Vol.II hlm.154

• Perhitungan ratio ukuran utama kapal :

$$L_o/B_o = 6,349 \rightarrow 3.5 < L/B < 10$$

$$B_o/T_o = 2,950 \rightarrow 1.8 < B/T < 5$$

$$L_o/T_o = 18,727 \rightarrow 10 < L/T < 30$$

Principle of Naval Architecture Vol.I hlm.19

Principle of Naval Architecture Vol.I hlm.19

Principle of Naval Architecture Vol.I hlm.19

• Block Coeffisien (Watson & Gilfillan) :

$$Cb = 0,70 + \frac{1}{8} \tan^{-1} \frac{(23-100Fn)}{4} \text{ radians}$$

$$= 0,542$$

Parametric design halaman 11-11

• Midship Section Coeffisien (Series 60')

$$Cm = 0.977 + 0.085(Cb-0.6)$$

$$= 0,972$$

Parametric design halaman 11-12

• Waterplan Coeffisien

$$Cwp = 0.180 + 0.860 Cp$$

$$= 0,660$$

Parametric design halaman 11-16

• Longitudinal Center of Bouyancy (LCB)

a. LCB % = (-13.5) + 19.4 · Cp

$$= -2,677 \quad \%LPP$$

b. LCB dari M

$$LCB = (LCB(\%))/100 \cdot LPP$$

$$= -1,654 \quad \text{m dari M}$$

c. LCB dari AP

$$LCB = 0.5 \cdot L_{LPP} - LCB_M$$

$$= 29,246 \text{ m dari AP}$$

$$= 32,554 \text{ m dari FP}$$

• Lwl

$$Lwl = 1.04 Lpp$$

$$= 63,036 \text{ m}$$

• Prismatic Coeffisien

$$Cp = Cb/Cm$$

$$= 0,558$$

• Δ (ton)

$$\Delta = L \cdot B \cdot T \cdot CB \cdot \gamma$$

$$= 1125,568 \text{ ton}$$

• ∇ (m³)

$$\nabla = Lwl \cdot B \cdot T \cdot CB$$

$$= 1098,115 \text{ m}^3$$

[Holtrop & Mennen Method]

Input Data :

Lo =	61,800 m	Cb =	0,542
Ho =	4,716 m	Cm =	0,972
Bo =	9,734 m	Cwp =	0,660
To =	3,300 m	Cp =	0,56

Choice No.	C _{stern}	Used for
1,000	-25,000	Pram with Gondola
2,000	-10,000	V - Shaped Sections
3,000	0,000	Normal Sectional Shape
4,000	10,000	U - Shaped Section With Hogner Stern

Perhitungan :

Viscous Resistance

$$L_{wl} = 104\% \cdot L_{pp} = 64,272 \text{ m}$$

$$F_n = \frac{V_s}{\sqrt{g \cdot L}} = 0,355$$

• **C_{F0} (Friction Coefficient - ITTC 1957)**

PNA Vol II hlm. 100

$$R_n = L_{wl} \cdot \frac{V_s^2}{\nu}$$

$$= 472979092,661$$

$$C_{F0} = \frac{0,075}{(\log R_n - 2)^2}$$

$$= 0,001683$$

$\nu = 1,18831 \cdot 10^{-6}$ (koefisien viskositas kinematis)

• Harga 1 + k₁

$$1 + k_1 = 0,93 + 0,487 \cdot c \left(\frac{B}{L}\right)^{1.0681} \cdot \left(\frac{T}{L}\right)^{0.4611} \cdot \left(\frac{L}{L_R}\right)^{0.1216} \cdot \left(\frac{L^3}{\nabla}\right)^{0.3649} \cdot (1 - C_p)^{-0.6042}$$

PNA Vol II hlm. 100

$$= 1,161$$

$$c = 1 + 0.011 C_{stern} \quad C_{stern} = 0, \text{ karena bentuk lambung normal}$$

$$= 1,000$$

$$\frac{L_R}{L} = 1 - C_p + \frac{0.06 C_p \cdot LCB}{(4C_p - 1)}$$

LCB = -5,016

$$= 0,306$$

$$Lwl^3 / \nabla = 241,778$$

Resistance of Appendages

• Wetted Surface Area

A_{BT} = cross sectional area of bulb in FP

$$= 10\% \cdot B \cdot T \cdot C_m$$

$$= 0,000 \rightarrow \text{tanpa bulb}$$

$$S = L(2T + B)C_M^{0.5} (0.4530 + 0.4425C_B - 0.2862C_M - 0.00346\frac{B}{T} + 0.3696C_{WP}) + 2.38\frac{A_{BT}}{C_B}$$

$$= 671,128$$

$$S_{Rudder} = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot \frac{1.75 \cdot L \cdot T}{100} \quad \text{dengan } L = L_{pp}$$

BKI 2009 Vol II

$$= 7,138$$

$$S_{Bilge\ Keel} = L_{Keel} \cdot H_{Keel} \cdot 4 \quad L_{Keel} = 0.6 \cdot C_b \cdot Lwl \quad H_{Keel} = 0.18 / (C_b - 0.2)$$

Watson 1998, hal 254

$$= 43,988$$

$$= 20,914$$

$$= 0,526$$

S_{app} = total wetted surface of appendages

$$= S_{Rudder} + S_{Bilge\ Keel}$$

$$= 51,125$$

S_{tot} = wetted surface of bare hull and appendages

$$= S + S_{app}$$

$$= 722,253$$

• Harga 1 + k2

$$(1+k_2)_{\text{effective}} = \frac{\sum S_i (1+k_2)_i}{\sum S_i}$$

$$= 1,400$$

Harga (1+k2) = 2,8 → rudder of twin screw ship

$$= 2,800$$

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

$$= 1,277$$

PNA Vol II hlm. 102

Wave Making Resistance

$$C_1 = 2223105 C_4^{3.7861} \left(\frac{T}{B}\right)^{1.0796} (90 - i_E)^{-1.3757}$$

$$= 1,286$$

$$C_4 = B/L \rightarrow 0.11 \leq B/L \leq 0.25 \quad B/L = 0,151$$

$$= 0,151$$

Even Keel → Ta = T

$$Tf = T$$

$$i_E = 12567 \frac{B}{L} - 16225 C_p^2 + 23432 C_p^3 + 0.155 \left(LCB + \frac{6.8(T_o - T)}{T} \right)^3$$

$$i_E = 8,805 \text{ drg}$$

PNA Vol II hlm. 103

• Harga m1

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

$$= -2,136$$

$$C_5 = 8.0798 C_p - 13.8673 C_p^2 + 6.9844 C_p^3 \rightarrow C_p \leq 0.8$$

$$= 1,404$$

• Harga m2

$$m_2 = C_6 0.4 e^{-0.034 F_n^{-3.29}} \quad F_n^{-3.29} = 30,138$$

$$e^{-0.034 F_n^{-3.29}} = 0,3589$$

$$= -0,2431738$$

• Harga λ

$$\lambda = 1.446 C_p - 0.03 L/B \quad L/B \rightarrow \leq 12$$

$$= 0,609$$

• Harga C_2

$$C_2 = 1,000 \quad \rightarrow \text{without Bulb} \quad d = -0,900$$

• Harga C_3

$$C_3 = 1 - 0.8A_T/(B.T.C_M)$$

$$= 1,000$$

$$A_T = 0,000$$

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

• Harga R_w/w

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

$$= -0,02166034$$

• C_A (Correlation Allowance)

$$C_A = 0.006 (Lwl + 100)^{-0.16} - 0.00205 \quad \rightarrow Tf/Lwl \geq 0.04 \quad Tf/Lwl = 0,051$$

$$= 0,00060253$$

• W (Gaya Berat)

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

$$= 11041,821 \text{ N}$$

• R_{total}

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

$$= 77673,514 \text{ N}$$

$$= 77,674 \text{ kN}$$

• $R_{total} + 15\%$ (margin)

$$= 89,325 \text{ kN}$$

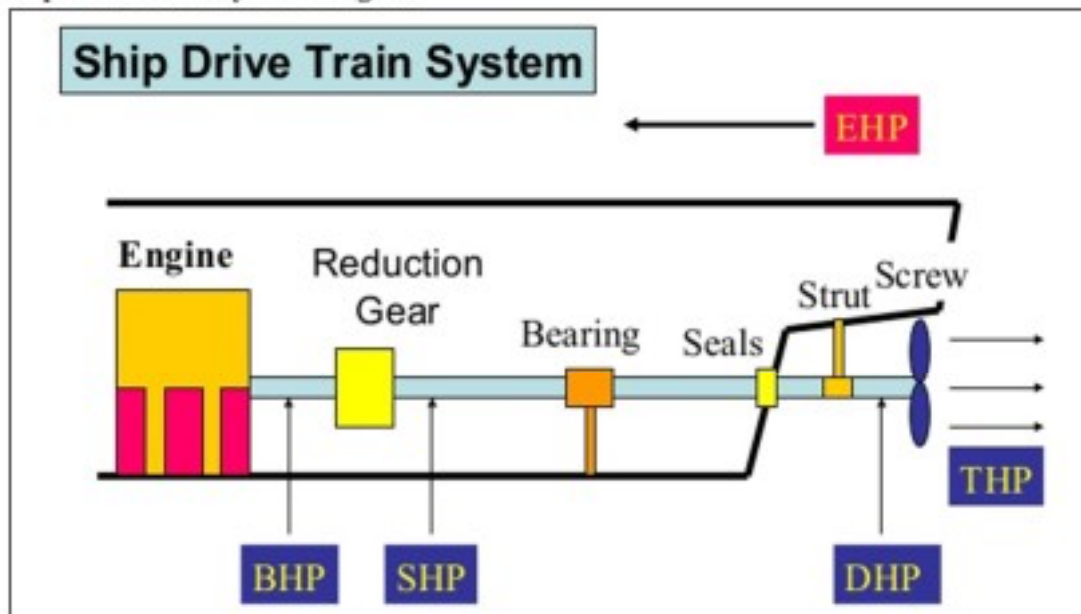
Propulsion Calculation

Input Data :

$L_{PP} = 61,80 \text{ m}$	$L_{WL} = 64,27 \text{ m}$
$B = 9,73 \text{ m}$	$F_n = 0,36$
$T = 3,30 \text{ m}$	$C_B = 0,542$
$H = 4,72 \text{ m}$	$C_M = 0,972$
$V_S \text{ design} = 17,00 \text{ kn}$	$C_P = 0,558$
$= 8,75 \text{ m/s}$	$C_{WP} = 0,660$
$\rho = 1,025 \text{ ton/m}^3$	$R_T = 89,3245 \text{ kN}$
$g = 9,81 \text{ m/s}^2$	$D = 1,1 \text{ m}$
$V = 1098,115 \text{ m}^3$	
$\Delta = 1125,57 \text{ ton}$	
$1 \text{ HP} = 0,7457 \text{ kW}$	

Perhitungan sistem propulsi kapal menggunakan referensi:
 PNA Vol. II - Resistance, Propulsion, and Vibration.
 Parametric Design - Chapter 11.

Ship Drive Train System Diagram



Effective Power (P_E) (PNA Vol. II, page 2.)

P_E = Power yang dibutuhkan kapal

$$P_E = R_T \times V_S$$

R_T = Total Resistance (kW)

V_S = Service speed (m/sec)

$$\begin{aligned}
 P_E &= 089 \times 0.009 \\
 &= 781,193 \text{ kW} \\
 &= 1047,597 \text{ HP}
 \end{aligned}$$

Delivered Power (P_D)

P_D = Power yang sampai di propeller. Dipengaruhi oleh hull efficiency, relative-rotative efficiency, dan open water efficiency.

$$P_D = P_E / \eta_D$$

P_E = Effective Power (kW)

η_D = Propeller Efficiency

$$\eta_D = \eta_H \times \eta_R \times \eta_O$$

η_H = Hull Efficiency

η_R = Relative-rotative Efficiency

η_O = Open Water Efficiency

Hull Efficiency (η_H)

η_H = Hull Efficiency

$$\eta_H = (1 - t) / (1 - w)$$

t = Thrust deduction

w = Wake Fraction

Wave Fraction (w)

Wave fraction for twin screw ships:

$$w = 2 \times C_B^5 (1 - C_B) + 0.04$$

$$w = 2 \times 0.001^5 \times (1 - 0.001) + 0.04$$

$$= 0,1069401$$

Thrust Deduction (t)

Thrust deduction for twin screw ships with struts:

$$t = 0.70 w + 0.06$$

$$= 0.70 \times 0.000 + 0.06$$

$$= 0,1348581$$

Hull Efficiency (η_H) Calculation

$$\eta_H = (1 - t) / (1 - w)$$

$$= (1 - 0.000) / (1 - (0.000))$$

$$= 0,968739$$

Open Water Efficiency (η_O)

η_O = Open Water Efficiency

$$\eta_O = 0,575$$

Relative-rotative Efficiency (η_R)

η_R = Relative-rotative Efficiency

Relative-rotative Efficiency equations for twin screw ships:

$$\eta_R = 0.9737 + 0.111 (C_P - 0.0225 LCB) + (-0.06325 P/D)$$

P/D = Pitch ratio

$$= 1,00$$

$$\eta_R = 0.9737 + 0.111 \times (0.001 - 0.0225 \times 0.000) + (-0.06325 \times 0.001)$$

$$= 0,9723752$$

Propeller Efficiency (η_D):

$$\eta_D = \eta_H \times \eta_R \times \eta_O$$

$$= 0.000.001 \times 0.001 \times 0.001$$

$$= 0,54164$$

Delivered Power (P_D):

$$P_D = P_E / \eta_D$$

$$= 781 / 0.001$$

$$= 1442,2805 \text{ kW}$$

$$= 1934,1297 \text{ HP}$$

Shaft Power (P_S)

(Parametric Design Chap. 11, page 29 & 31.)

P_S = Power yang telah melewati proses transmisi pada reduction gear.

$$P_S = P_D / \eta_S \eta_B$$

$\eta_S \eta_B$ = Sterntube and Line Bearing Efficiency

$$= 0,98 \text{ (for machinery aft.)}$$

$$= 0,97 \text{ (for machinery amidship)}$$

Letak kamar mesin di belakang, maka:

$$\eta_S \eta_B = 0,98$$

$$P_S = P_D / \eta_S \eta_B$$

$$= 1.442 / 0.01$$

$$= 1471,7148 \text{ kW}$$

$$= 1973,602 \text{ HP}$$

Break Power (P_B)

P_B = Power minimum yang dibutuhkan oleh mesin penggerak utama.

$$P_B = P_S / \eta_T$$

η_T = *Transmission Efficiency*

$$\eta_T = \prod (1 - li)$$

$li = 0,010$ for each gear reduction

$li = 0,005$ for the trust bearing

$li = 0,010$ for a reversing gear path

$$\begin{aligned}\eta_T &= (1 - 0.000) \times (1 - 0.000) \times (1 - 0.000) \\ &= 0,9751995\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_B &= P_S / \eta_T \\ &= 1.472 / 001 \\ &= 1509,1423 \text{ kW} \\ &= 2023,7928 \text{ HP}\end{aligned}$$

Voyage Margin Calculation

Voyage = Perairan Indonesia

Margin = 10%

$$P_B = 1509,1423 \text{ kW}$$

Margin = 150,91423 kW

$$\begin{aligned}P_{B+M} &= P_B + M_{\text{voyage}} \\ &= 1.509 + 10\% \\ &= 1660,0565 \text{ kW} \\ &= 2226,172 \text{ HP}\end{aligned}$$

Maximum Continuous Rating (MCR)

MCR = Margin pada power yang disebabkan oleh penambahan power design margin dan power service margin

$$MCR = P_B \times (1 + M_D) / (1 - M_S)$$

M_D = Power Design Margin (3-5%)

M_S = Power Service Margin (15-25%)

$$M_D = 5\%$$

$$M_S = 25\%$$

$$\begin{aligned}MCR &= 1.660 \times (1 + 000) / (1 - 000) \\ &= 2324,08 \text{ kW} \\ &= 3116,64 \text{ HP}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{\text{TOTAL}} &= 2324,08 \text{ kW} \\ &= 3116,64 \text{ HP}\end{aligned}$$

Pemilihan Mesin Induk

BHP = 1509,142 kW
= 2051,83 HP

Engine Data

MTU 16V400M70

Type	Eng. [kW]	Bore	Main Data		Consumption		Diesel Fuel Operation				
			Stroke	Speed	P	Fuel oil * (l/h)	Cyl. No.	H (mm)	W (mm)	L (mm)	Dry mass (Kg)
16V4000 M70	2320	165	190	2000	100%	561,8	8	1890	1520	4525	9210



Pemilihan Genset

Daya Genset yang Diminta = 25% x Daya Mesin Induk
= 581,02 kW
= 779,1602 HP

Perhitungan Berat Permesinan

Input Data :

$D = 1,1$ $P_D = 1442,28 \text{ kW}$
 $n \text{ (rpm)} = 2100$ $P_B = 1509,142 \text{ kW}$
 $Z = 4 \text{ buah}$
 $AE/AO = 0,4$

Perhitungan :

Main Engine

$W_E = 9,81 \text{ ton}$

Propulsion Unit

Ship Design for Efficiency and Economy-2nd Edition hal 175

• Gear Box

$$W_{\text{GEAR}} = (0.3 \sim 0.4) \frac{P_B}{n}$$

$$= 0,287456 \text{ ton}$$

• Shafting

Panjang poros (l) = 6,5 m

Panjang Poros _____

$$M_s/l = 0,081 \left(\frac{P_B}{n} \right)^{\frac{2}{3}}$$

5 m untuk area gearbox, poros, gangway dsb + 1.5 m untuk area gangway

$$= 0,064987$$

$$M_s = M_s/l \cdot l$$

$$= 0,422415 \text{ ton}$$

• Propeller

$$d_s = 11 \cdot 5 \left(\frac{P_D}{n} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$= 10,14631$$

$$K \approx \left(\left(\frac{d_s}{D} \right) \left(1.85 \frac{A_E}{A_o} \right) - (Z - 2) \right) / 100$$

$$= 0,048257$$

$$W_{\text{Prop}} = D^3 \cdot K$$

$$= 0,06423 \text{ ton}$$

• Total

$$W_{T, \text{Prop}} = W_{\text{Gear}} + M_s + W_{\text{prop}}$$

$$= 0,7741 \text{ ton}$$

Electrical Unit

Ship Design for Efficiency and Economy-2nd Edition hal 175

• $W_{\text{GS}} =$ Berat untuk 3 Genset

$$= 2,604 \text{ Kg}$$

Other Weight

• $W_{\text{ow}} = (0,04 \text{ hingga } 0,07)P_B$ estimasi diambil 0,065

$$= 0,098094 \text{ kg}$$

Total Machinery Weight

- Total Machinery Weight 13,28619 ton

Titik Berat Machinery Plant

Parametric Design hlm.11

- h_{db} = Tinggi Double bottom
= $B/15$; $h_{min} = 600 \text{ mm}$
= 0,648934 m
- KG_m = $h_{db} + 0.35 \cdot (H - h_{db})$
= 2,072574 m
- LCB = Panjang Ceruk Buritan
= 10 · jarak gading
= 6 m
- LCG_{FP} = $L_{WL} - LCB - 5$
= 52,036 m 5,974
- LCG_M = $-(LCG_{FP} - 0.5 \cdot L_{PP})$
= -21,136 m

PERHITUNGAN BEBAN

INPUT DATA :

Lpp =	61,80	Cb =	0,542
B =	9,73	Cm =	0,972
H =	4,72	Cp =	0,558
T =	3,30	Cw =	0,660
Fn =	0,355158	lwl =	64,272

PERHITUNGAN :

- L konstruksi

Lpp =	61,8 m
0.96 Lwl =	61,70 m
0.97 Lwl =	62,34 m
Yang diambil :	
L konstruksi =	61,80 m

- Pelat Lunas Alas dan Bilga

Lebar pelat lunas tidak boleh kurang dari :

$$b = 800 + 5L$$

$$= 800 + 5 * 58,01 = 1109,0 \text{ mm}$$

Jadi : Lebar pelat lunas diambil = 1200 mm

Lebar pelat bilga diambil = 1200 mm *(Ref : BKI vol 2 seci*

- Wrang Pelat

Tinggi wrang pelat tidak boleh kurang dari :

$$h = 55B - 45$$

$$= 490,3702 \text{ mm}$$

$$h_{min} = 180 \text{ mm}$$

Jadi : h yang diambil ialah : 500 mm

- Basic external dynamic load (P0)

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

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

$$C_0 = 5,915$$

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

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

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

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

$$= 0,829$$

$$C_{RW} = 0,9 \quad ; \text{ untuk pelayaran lokal (L)}$$

$$P_0 = 0,2 \times (0,000 + 0,7) \times 0,006 \times 0,001 \times 1 \times 0,01$$

$$= 12,787 \quad [\text{kN/m}^2]$$

$$P_{01} = 2,6 \cdot (C_B + 0,7) \cdot C_0 \cdot C_L \quad [\text{kN/m}^2] \quad (\text{Ref : BKI vol 2 section 4})$$

$$= 3,913 \quad [\text{kN/m}^2]$$

Beban pelat pada sisi kapal (PS)

Tabel 1

	Range	Factor C_D	Factor C_F
A	$0 \leq x/L < 0,2$	$1,2 - x/L$	$1,0 + 5/C_B [0,2 - x/L]$
	$x/L = 0,100$	$C_D = 1,100$	$C_F = 1,514$
M	$0,2 \leq x/L < 0,7$	1	1
	$x/L = 0,450$	$C_D = 1$	$C_F = 1$
F	$0,7 \leq x/L \leq 1$	$1,0 + c/3 [x/L - 0,7]$	$1 + 20/C_B [x/L - 0,7]^2$
	$x/L = 0,850$	$c = 0,15 \cdot L - 10$ $C_D = 1,250$	$C_F = 1,463$

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

$$P_0 = 12,787 \text{ kN/m}^2$$

untuk, $Z_1 = 0,600 \text{ m}$ (di bawah garis air)

$$\begin{aligned} P_S &= 10 (T - Z) + P_0 \times C_F \times (1 + Z / 1 (\text{Ref : BKI vol 2 section 4})) \\ &= 10 (0,3 - 0,001) + 0,013 \times 1 \times (1 + 0,001/0,3) \\ &= 49,885 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

untuk, $Z_2 = 1,600 \text{ m}$ (di atas garis air)

$$\begin{aligned} P_S &= 20 \times P_0 \times C_F / (10 + Z - T) \\ &= 20 \times 0,013 \times 0,002 / (10 + 0,002 - 0,5) \\ &= 46,660 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

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

untuk, $Z_1 = 0,600 \text{ m}$ (di bawah garis air)

$$\begin{aligned} P_S &= 10 (T - Z) + P_0 \times C_F \times (1 + Z / T) \\ &= 10 (0,3 - 0,001) + 0,013 \times 1 \times (1 + 0,001/0,3) \\ &= 42,112 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

untuk, $Z_2 = 1,600 \text{ m}$ (di atas garis air)

$$\begin{aligned} P_S &= 20 \times P_0 \times C_F / (10 + Z - T) \\ &= 20 \times 0,013 \times 1 / (10 + 0,002 - 0,3) \\ &= 30,812 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

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

untuk, $z_1 = 0,600 \text{ m}$ (dibawah garis air)

$$\begin{aligned} P_S &= 10 (T - Z) + P_0 \times C_F \times (1 + Z / T) \\ &= 10 (0,3 - 0,001) + 0,013 \times 0,000 \times (1 + 0,001/0,3) \\ &= 49,107 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

untuk, $z_2 = 1,600 \text{ m}$ (diatas garis air)

$$\begin{aligned} P_S &= 20 \times P_0 \times C_F / (10 + Z - T) \\ &= 20 \times 0,013 \times 0,000 / (10 + 0,002 - 0,3) \\ &= 45,075 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Rekapitulasi beban pada sisi kapal

A	49,885	kN/m ²
	46,660	
M	42,112	kN/m ²
	30,812	kN/m ²
F	49,107	kN/m ²
	45,075	kN/m ²

diambil nilai maksimal, maka

$$P_S = 49,885 \text{ kN/m}^2$$

Beban pada dasar kapal (P_B)

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

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

$$P_B = 10 \times 0.3 + 0.013 \times 0.002$$

$$= 52,364 \quad \text{kN/m}^2$$

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

$$P_B = 10 \times 0.3 + 0.013 \times 1$$

$$= 45,787 \quad \text{kN/m}^2$$

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

$$P_B = 10 \times 0.3 + 0.013 \times 0.001$$

$$= 51,706 \quad \text{kN/m}^2$$

Rekapitulasi beban pada dasar kapal

A	52,364	kN/m ²
M	45,787	kN/m ²
F	51,706	kN/m ²

diambil nilai maksimal, maka

$$P_B = 52,364 \quad \text{kN/m}^2$$

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

$$P_S = 49,885 \quad \text{kN/m}^2$$

$$P_B = 52,364 \quad \text{kN/m}^2$$

diambil beban yang paling besar, maka beban maksimal pada hull

$$P = 52,364 \quad \text{kN/m}^2$$

Beban pada geladak cuaca (P_D)

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

$$P_0 = 12,787 \quad \text{kN/m}^2$$

$$H = 3,3 \quad \text{m}$$

$$Z = 3,3 \quad \text{m}$$

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

$$C_D = 1,100$$

$$P_D = (0.013 \times 20 \times 0.3 \times 0.000) / [(10 + 0.003 - 0.3) \times 0.013]$$

$$= 7,260 \quad \text{kN/m}^2$$

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

$$C_D = 1$$

$$P_D = (0.013 \times 20 \times 0.3 \times 0.000) / [(10 + 0.003 - 0.3) \times 0.013]$$

$$= 6,600 \quad \text{kN/m}^2$$

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

$$C_D = 1,250$$

$$P_D = (0.013 \times 20 \times 0.3 \times 0.000) / [(10 + 0.003 - 0.3) \times 0.013]$$

$$= 8,250 \quad \text{kN/m}^2$$

Rekapitulasi beban pada geladak cuaca

A	7,260	kN/m ²
M	6,600	kN/m ²
F	8,250	kN/m ²

diambil nilai maksimal, maka

$$P_D = 8,250 \text{ kN/m}^2$$

PERHITUNGAN TEBAL PLAT

INPUT DATA :

Lpp =	61,80	Cb =	0,542
B =	9,73	Cm =	0,972
H =	4,72	Cp =	0,558
T =	3,30	Cw =	0,660
Fn =	0,355158	lwl =	64,272

PERHITUNGAN :

- Jarak Gading (a)

Jarak yang diukur dari pinggir mal ke pinggir mal gading.

$$a_0 = L/500 + 0,48 \text{ m} \quad (\text{Ref: BKI 98})$$
$$= 0,52$$

diambil : a = 0,60 m

- Tebal Pelat Minimum

$$t_{\min} = (1,5 - 0,01 \cdot L) \cdot (L \cdot k)^{1/2}; \text{ untuk } L < 50 \text{ m}$$
$$= 5,814 \text{ mm} \quad \gg \quad 6 \text{ mm}$$
$$t_{\max} = 16 \text{ mm}$$

- Tebal Pelat Alas

untuk 0.4 L amidship :

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

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

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

dimana :

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

$$k = 1$$

nf = 1 Untuk Konstruksi melintang

nf = 0,83 Untuk Konstruksi memanjang

a = jarak gading

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

tK = 1,5 untuk t' < 10 mm

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

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

$$P_B = 52,364 \text{ kN/m}^2$$

$$t_{B1} = 1,9 \times 1 \times 0,60 \times \text{SQRT}(0,052 \times 0,60 + t_K)$$

$$= 8,249 + t_K$$

$$= 0,008 + 02$$

$$= 9,749 \text{ mm} \quad \gg \quad 10 \text{ mm}$$

$$t_{B2} = 1,21 \times 0,60 \times \text{SQRT}(0,052 \times 0,60) + t_K$$

$$= 5,254 + t_K$$

$$= 0,005 + 02$$

$$= 6,754 \text{ mm} \quad \gg \quad 7 \text{ mm}$$

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

$$t = 10 \text{ mm}$$

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

$$P_B = 16,337 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned} t_{B1} &= 1.9 \times 1 \times 001 \times \text{SQRT}(0.016 \times x + t_K) \\ &= 4,608 + t_K \\ &= 0.005 + 02 \\ &= 6,108 \text{ mm} \quad \gg \quad 7 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_{B2} &= 1.21 \times 001 \times \text{SQRT}(0.052 \times 1) + t_K \\ &= 2,934 + t_K \\ &= 0.003 + 02 \\ &= 4,434 \text{ mm} \quad \gg \quad 5 \text{ mm} \end{aligned}$$

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

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

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

$$P_B = 19,998 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned} t_{B1} &= 1.9 \times 1 \times 001 \times \text{SQRT}(0.020 \times x + t_K) \\ &= 5,098 + t_K \\ &= 0.005 + 02 \\ &= 6,598 \text{ mm} \quad \gg \quad 7 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_{B2} &= 1.21 \times 001 \times \text{SQRT}(0.020 \times 1) + t_K \\ &= 3,247 + t_K \\ &= 0.003 + 02 \\ &= 4,747 \text{ mm} \quad \gg \quad 5 \text{ mm} \end{aligned}$$

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

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

Rekapitulasi tebal pelat alas :

A	10	mm	diambil nilai t yang paling besar, maka t alas = 10 mm
M	7	mm	
F	7	mm	

Tebal Pelat Sisi

untuk 0.4 L amidship :

$$t_{s1} = 1,9 \cdot n_f \cdot a \cdot (P_S \cdot k)^{1/2} + t_K ; \text{ untuk } L < 90 \text{ m}$$

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

$$t_{s2} = 1,21 \cdot a \cdot (P_S \cdot k)^{1/2} + t_K$$

dimana :

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

$$k = 1$$

$n_f = 1$ Untuk Konstruksi melintang

$n_f = 0,83$ Untuk Konstruksi memanjang

a = jarak gading

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

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

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

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

$$\begin{aligned}
 P_s &= 18,606 \text{ kN/m}^2 \\
 t_{s1} &= 1.9 \times 1 \times 001 \times \text{SQRT}(0.019 \times x + t_k) \\
 &= 4,917 + t_k \\
 &= 0.005 + 02 \\
 &= 6,417 \text{ mm} \quad \gg \quad 7 \text{ mm} \\
 t_{s2} &= 1.21 \times 001 \times \text{SQRT}(0.019 \times 1) + t_k \\
 &= 3,132 + t_k \\
 &= 0.003 + 02 \\
 &= 4,632 \text{ mm} \quad \gg \quad 5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

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

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

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

$$\begin{aligned}
 P_s &= 16,337 \text{ kN/m}^2 \\
 t_{s1} &= 1.9 \times 1 \times 001 \times \text{SQRT}(0.016 \times x + t_k) \\
 &= 4,608 + t_k \\
 &= 0.005 + 02 \\
 &= 6,108 \text{ mm} \quad \gg \quad 7 \text{ mm} \\
 t_{s2} &= 1.21 \times 001 \times \text{SQRT}(0.016 \times 1) + t_k \\
 &= 2,934 + t_k \\
 &= 0.003 + 02 \\
 &= 4,434 \text{ mm} \quad \gg \quad 5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

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

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

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

$$\begin{aligned}
 P_s &= 19,998 \text{ kN/m}^2 \\
 t_{s1} &= 1.9 \times 1 \times 001 \times \text{SQRT}(0.020 \times x + t_k) \\
 &= 5,098 + t_k \\
 &= 0.005 + 02 \\
 &= 6,598 \text{ mm} \quad \gg \quad 7 \text{ mm} \\
 t_{s2} &= 1.21 \times 001 \times \text{SQRT}(0.019 \times 1) + t_k \\
 &= 3,247 + t_k \\
 &= 0.003 + 02 \\
 &= 4,747 \text{ mm} \quad \gg \quad 5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

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

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

Rekapitulasi tebal pelat sisi :

A	7	mm	diambil nilai t yang paling besar, maka t sisi = 7 mm
M	7	mm	
F	7	mm	

Tebal Pelat Geladak

Tebal pelat geladak ditentukan dari nilai terbesar dari formula berikut:

$$t_D = 1,21 \cdot a \cdot (P_D \cdot k)^{1/2} + t_K$$

dimana :

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

$$k = 1$$

a = jarak gading

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

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

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

$$L = 16,5094 \text{ m}$$

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

$$P_D = 5,301 \quad \text{kN/m}^2$$

$$t_{E1} = 1.21 \times 0.1 \times \text{SQRT}(0.005 \times 1) + t_K$$

$$= 1,672 + t_K$$

$$= 0.002 + 0.2$$

$$= 3,172 \text{ mm} \quad \gg \quad 4 \text{ mm}$$

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

$$t = 5 \text{ mm}$$

daerah $0.2 \leq x/L < 0.7$ [M], diambil $0.5 L$

$$P_D = 4,819 \quad \text{kN/m}^2$$

$$t_{E1} = 1.21 \times 0.5 \times \text{SQRT}(0.005 \times 1) + t_K$$

$$= 1,594 + t_K$$

$$= 0.002 + 0.2$$

$$= 3,094 \quad \gg \quad 4 \text{ mm}$$

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

$$t = 5 \text{ mm}$$

daerah $0.7 \leq x/L$ [F], diambil $0.8 L$

$$P_D = 6,024 \quad \text{kN/m}^2$$

$$t_{E1} = 1.21 \times 0.8 \times \text{SQRT}(0.006 \times 1) + t_K$$

$$= 1,782 + t_K$$

$$= 0.002 + 0.2$$

$$= 3,282 \text{ mm} \quad \gg \quad 4 \text{ mm}$$

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

$$t = 5 \text{ mm}$$

Rekapitulasi tebal pelat geladak :

A	5	mm	diambil nilai t yang
M	5	mm	paling besar, maka
F	5	mm	geladak = 5 mm

Rekapitulasi tebal pelat keseluruhan :

	A	M	F	Diambil	Unit
Pelat alas	10	7	7	7	mm
Pelat sisi	7	7	7	7	mm
Pelat geladak	5	5	5	5	mm

untuk memudahkan dalam perhitungan berat baja lambung kapal, maka tebal pelat yang digunakan untuk pembangunan kapal Marine Disaster Prevention ini adalah

Tebal pelat alas dan sisi = **10 mm**

Tebal pelat geladak = **5 mm**

PERHITUNGAN BERAT KAPAL (DWT dan LWT)

Berat Kapal Bagian DWT			
No	Item	Value	Unit
1	Berat Crew Kapal dan Barang Bawaan		
	Jumlah crew kapal	52	persons
	Berat crew kapal	75	kg/persons
	Berat barang bawaan	20	kg/persons
	Berat total crew kapal	3900	kg
	Berat total barang bawaan crew kapal	1040	kg
	Berat total	4940	kg
		4,940	ton
2	Berat bahan bakar mesin induk	131841,687	kg
	Berat bahan bakar genset	11581,764	kg
	total	143,423	ton
3	Berat Air Tawar		
	Berat Air Tawar	54600	kg
	Berat total	54600	kg
		54600,000	kg
4	Berat Sewage	70980,000	kg
5	Berat Provision	3640,000	kg
6	Berat Minyak Pelumas	4,303	ton
Total Berat Bagian DWT			
No	Komponen Berat Kapal Bagian DWT	Value	Unit
1	Berat Crew Kapal dan Barang Bawaan	4,940	ton
2	Berat bahan bakar	143,423	ton
3	Berat Air tawar	54,600	ton
4	Berat Sewage	70,980	ton
5	Berat Provision	3,640	ton
6	Berat Minyak Pelumas	4,3027	ton
Total		281,886	ton

apal Bagian LWT			
No	Item	Value	Unit
1	Berat Lambung (hull) Kapal		
	<i>Dari software Maxsurf Pro, didapatkan luasan permukaan</i>		
	Luas lambung	4334,130	m ²
	Total luasan lambung kapal	4334,130	m ²
	Tebal pelat lambung	7	mm
		0,007	m
	Volume shell plate = luas x tebal	30,339	m ³

<i>r</i> baja	7,85	gr/cm ³
	7850	kg/m ³
Berat Total	238160,444	kg
	238,160	ton

2	Berat Geladak (deck) Kapal	
	<i>Dari software Maxsurf Pro, didapatkan luasan permukaan geladak kapal</i>	
	Total luasan geladak kapal	2602,780 m ²
	Tebal pelat geladak	5 mm
		0,005 m
	Volume shell plate = luas x tebal	13,014 m ³
	<i>r</i> baja	7,85 gr/cm ³
		7850 kg/m ³
	Berat Total	102159,115 kg
		102,159 ton

3	Berat Konstruksi Lambung Kapal	
	<i>Berat konstruksi lambung kapal menurut pengalaman empiris 30% - 50% dari berat baja lambung kapal (diambil 25%)</i>	
	Berat baja lambung + geladak kapal	340,320 ton
	50% dari berat baja kapal	170,160 ton
	Berat Konstruksi Total	170,160 ton

4	Berat Bulwark	
	<i>Panjang railing didapatkan dari pengukuran railing dari rancangan umum</i>	
	Panjang Bulwark	70,000 m
	tinggi Bulwark	1,000 m
	Tebal Bulwark	4,000 mm
		0,004 m
	Luas permukaan Bulwark	221,920 m ²
	Volume	0,888 m ³
	<i>r</i> baja	7,85 gr/cm ³
		7850 kg/m ³
	Berat Total	6968,288 kg
		6,968 ton

5	Equipment & Outfitting	
	Jangkar	350,000 kg
	rantai jangkar	840 kg
	winch	5500 kg
	Pintu	600,000 kg
	Jendela	510,000 kg
	Kursi nahkoda	60,000 kg
	Tali Tambat	1200,000 kg
	Peralatan Navigasi	27000 kg
	closet	120 kg

westafle	60	kg
bak mandi	60	kg
Life jacket	55	kg
Lifeboy	50	kg
Berat Total	36405,000	kg
	36,405	ton

6	Berat Atap Kapal		
	<i>Luasan atap didapat dari pengukuran dengan software AutoCAD</i>		
	Luas bangunan atas & Navigasi	2233,770	m ²
	Total luasan bangunan atas dan navigasi	3211,170	m ²
	Tebal pelat atap kapal	5	mm
		0,005	m
	Volume shell plate = luas x tebal	16,056	m ³
	<i>r</i> baja	7,85	gr/cm ³
		7850	kg/m ³
Berat Total	126038,423	kg	
	126,038	ton	

7	Berat Mesin		
	Berat Total	13286,195	kg
		13,286	ton

8	Berat bangunan atas		
	Berat Total	10000,000	kg
		10,000	ton

8	Berat peralatan navigasi		
	Berat Total	27000,000	kg
		27,000	ton

Berat Bagian LWT			
No	Komponen Berat Kapal Bagian LWT	Value	Unit
1	Berat Lambung (hull) Kapal	238,160	ton
2	Berat Geladak (deck) Kapal	102,159	ton
3	Berat Konstruksi Lambung Kapal	170,160	ton
4	Berat Bulwark	6,968	ton
5	Equipment & Outfitting	36,405	ton
6	Berat Atap Kapal	126,038	ton
7	Berat Mesin	13,286	ton
8	Berat bangunan atas	10,000	ton
9	Berat peralatan navigasi	27,000	ton
Total		730,177	ton

Kapal (DWT + LWT)			
No	Komponen Berat Kapal	Value	Unit
1	Berat Kapal Bagian DWT	281,886	ton
2	Berat Kapal Bagian LWT	730,177	ton
Total		1012,063	ton

displasment kapal 1125,56789 ton
koreksi displasment 10,084 %

$L_{pp} = 61,80$ $C_b = 0,542317626$
 $B = 9,73$ $C_m = 0,972096998$
 $H = 4,72$ $C_p = 0,557884271$
 $T = 3,30$ $C_w = 0,659780473$
 $F_n = 0,355158$ $l_{wl} = 64,272$

• Jumlah Crew
 $C_{st} = 1,2$ (Coef steward dept 1,2 - 1.33)
 $C_{dk} = 11,5$ (Coef deck dept. 11,5 - 14,5)
 $C_{eng} = 8,5$ (Coef engine dept 8,5 - 11,00 diesel)
 cadet = - (umumnya 2 orang)
 $Z_c = C_{st}.C_{dk}.(L.B.H.35/105)^{1/6} + C_{eng}.(BHP/105)^{1/3} + \text{cadet}$
 $= 9,133786$ orang

• Fuel Oil

$SFR = 0,00019$ ton/kW.hr (0.000190 ton/kW hr untuk diesel engine)
 $MCR = 2324,079$ kW
 $\text{Margin} = 0,1$ $[1+(5\% \sim 10\%)].WFO$
 $W_{FO} = SFR * MCR * S/V_s * \text{margin}$
 $= 131,8417$ ton 131841,7 kg
 $V_{FO} = 141,5563$ m³

fuel consum genset 147 L/jam
 kebutuhan dalam satu ha 24 jam
 Kebutuhan bahan bakar ξ 3528 liter
 volume bahan bakar 1,419 m³
 ρ Solar 0,832 ton/m³

Berat bahan bakar 11,58176 ton
 Berat 11581,76 kg

• Fresh Water

$\text{range} = 1500$ mil laut
 $V_s = 17$ knot
 $\text{day} = 7$
 $W_{FW \text{ Tot}} = 0,17$ ton/(person.day) 170 kg
 $= 54,6$ ton 54600 kg
 $\rho_{FW} = 1$ ton/m³
 $V_{FW} = 54,6$ m³

• Provision and Store

$W_{PR} = 0,01$ ton/(person.day)
 $= 3,64$ ton 2935,296
 $= 3640$ kg

Center Gravity

Input Data :

$$\begin{aligned}L_{PP} &= 61,800 \text{ m} \\ B &= 9,734 \text{ m} \\ H &= 4,716 \text{ m} \\ T &= 3,300 \text{ m} \\ F_n &= 0,355 \\ V_A = \text{Superstructure} &= 4,787 \text{ m}^3 \\ V_{DH} = \text{Deckhouse} &= 11,169 \text{ m}^3 \\ LCB (\%) &= -6,282 \%L_{pp}\end{aligned}$$

Perhitungan :

KG

$$C_{KG} = 0,53 \rightarrow \text{koefisien titik berat}$$

$$\begin{aligned}KG = C_{KG} \cdot D_A &= C_{KG} \cdot H + \frac{\nabla_A + \nabla_{DH}}{L_{PP} \cdot B} \\ &= 2,526 \text{ m}\end{aligned}$$

LCG dari midship

$$\text{dalam \%L} = -0.15 + LCB (5\%)$$

$$= -6,432 \%L$$

$$\text{dalam m} = LCG(\%) \cdot L_{pp}$$

$$= -3,975 \text{ m}$$

LCG dari FP

$$LCG_{FP} = 0.5 \cdot L - LCG \text{ dr midship}$$

$$= 34,875 \text{ m}$$

LCG dari AP

$$LCG_{AP} = 26,925 \text{ m}$$

Ship Design for Efficiency and Economy-2nd Edition hlm.150

Parametric Design Chapter 11 , Hlm.25

Trim Calculation

Chapter 11 Parametric Design , Michael G. Parsons

Input Data

L _{PP}	=	61,8 m
B	=	9,734 m
T	=	3,300 m
C _M	=	0,972
C _B	=	0,542
C _{WP}	=	0,660
∇	=	1098,115 m ³
KG	=	2,526 m
LCG _{FP}	=	24,975 m
LCB _{dari FP}	=	24,804 m

Sifat Hidrostatik

1. KB

$$KB/T = 0.9 - 0.3 \cdot C_M - 0.1 \cdot C_B$$

Parametric Ship Design hal. 11 - 18

$$= 0,554139138$$

$$KB = 1,828659155 \text{ m}$$

2. BM_T

$$C_i = 0.1216 \cdot C_{WP} - 0.041$$

Transverse Inertia Coefficient
Parametric Ship Design hal. 11 - 19

$$= 0,039229306$$

$$I_T = C_i \cdot L_{PP} \cdot B^3$$

$$= 2236,009611 \text{ m}^4$$

$$BM_T = I_T / \nabla \quad ; \text{ jarak B dan M secara melintang}$$

$$= 2,036 \text{ m}$$

3. BM_L

$$C_{iL} = 0.350 \cdot C_{WP}^2 - 0.405 \cdot C_{WP} + 0.146$$

Longitudinal Inertia Coefficient

$$= 0,031147504$$

$$I_L = C_{iL} \cdot L_{PP}^3 \cdot B$$

$$= 71561,6255 \text{ m}^4$$

$$BM_L = I_L / \nabla \quad ; \text{ jarak B dan M secara melintang}$$

$$= 65,16769608 \text{ m}$$

4. GM_L

$$= KB + BM_L - KG$$

$$= 64,47009879$$

5. Trim

$$= ((LCG - LCB) \cdot L_{PP}) / GM_L \quad ; \text{ Parametric Ship Design hal 11 - 27}$$

$$= 0,16391785 \text{ m}$$

Kondisi Trim

Even Keel ; (karena jika nilai trim < 0 maka trim haluan; trim > 0 maka trim buritan; trim = 0 maka even keel)

6. Batasan Trim

$$(LCG - LCB) = 0,171 \quad ; \text{ dimana selisih LCG dan LCB harus } \leq 0.5 \% \cdot L_{PP}$$

$$0.5 \% \cdot L_{PP} = 0,309 \quad (\text{SOLAS 2001 chapter II-1 part B REG. 22})$$

Kondisi Batasan Trim

Diterima

Perhitungan Lambung Timbul

International Convention on Load Lines, 1966 and Protocol of 1988

Input Data

H	=	4,71648 m	
d	=	85% · H	; H= moulded depth
	=	4,009 m	
L _{1 (1)}	=	96% · LWL _{0.85D}	
	=	60,5146	
L _{1 (2)}	=	L _{PP}	
	=	61,8 m	
L ₁	=	61,8 m	; L ₁ diambil yang terbesar
B	=	9,734 m	
C _B	=	$\nabla / (L_1 \cdot B \cdot d)$	
	=	0,46	
ℓ _{FC}	=	0,000 m	; panjang forecastle
ℓ _{PO}	=	0,000 m	; panjang poop

Koreksi

1. C _B	; C _B > 0.68
F _{b2}	= F _b · (C _B + 0.68) / 1.36
	= tidak ada koreksi
	= 0 mm
2. Depth (D)	
L/15	= 4,120
R	= 128,75 mm
	untuk L < 120m ; R = L/0.48
	untuk L > 120m ; R = 250
	jika, D < L/15 ; tidak ada koreksi
	jika, D > L/15 ; F _{b3} = F _{b2} + (R(H-(L/15)))
F _{b3}	= 0 mm

Lambung Timbul Standar (F_b)

International Convention on Load Line 1996
as modified 1998 and 2003 - Table 28.2

L ₁ (m)	⇒	F _b (mm)
58	⇒	544 mm
59	⇒	559 mm
interpolasi		
61,8	⇒	601,000 mm
	⇒	0,6010 m

Tipe Kapal

International Convention on Load Line 1996
as modified 1998 and 2003 - Regulation 27 Type of Ship

Tipe = B

LAMPIRAN B
PERBANDINGAN ESTIMASI BIAYA PEMBANGUNAN

Main Dimension

Main Dimension (optimum)

$$\begin{aligned}L_{PP} &= 58,01 \text{ m} \\ B &= 9,73 \text{ m} \\ T &= 3,21 \text{ m} \\ H &= 4,72 \text{ m} \\ g &= 9,81 \text{ m/s}^2\end{aligned}$$

XVIII. Building Cost Calculation

Ref: Pedoman Pembuatan Perkiraan Biaya (Cost Estimate), Direktorat Pengolahan, PERTAMINA

Input Data :

Steel Weight = 517,448 ton

Copyright © 2017 by MEPS International Ltd.

Month	Hot Rolled Coil	Hot Rolled Plate	Cold Rolled Coil	Hot Rolled Commercial Coil	Electro-slab Coil	Wire Rod (Metric)	Structural Sections and Rebars	Ribbed	Merchant Bar
Nov-2015	398	406	465	376	313	420	378	354	341
Dec-2015	375	425	495	351	349	368	358	415	335
Jan-2016	369	436	473	358	394	367	367	412	338
Feb-2016	392	438	458	367	324	388	358	408	324
Mar-2016	406	445	440	366	328	373	366	406	327
Apr-2016	438	460	479	443	369	407	368	445	362
May-2016	377	379	444	374	382	328	338	318	367
Jun-2016	348	381	460	365	368	368	438	404	371
Jul-2016	357	428	469	374	368	367	367	402	378
Aug-2016	368	460	460	374	367	367	347	408	366
Sep-2016	378	466	472	340	367	407	327	477	367
Oct-2016	378	432	442	378	377	407	327	408	347

Ref: Meps.co.uk (Nov 2015 - Okt 2016)

XVIII.1 Reference Cost

Yang dijadikan acuan dalam perhitungan adalah biaya steel plate and profile

$$\text{\$ Steel Plate} = W_s \times UP_s$$

$$W_s = \text{Steel Weight}$$

$$= 517,4476258 \text{ ton}$$

$$\%_s = \% \text{ biaya steel dari biaya total}$$

$$= 21,00 \%$$

$$UP_s = \text{Unit Price for Steel}$$

$$= \$1197,815 /\text{ton}$$

$$\text{\$ Steel Plate} = \$619806,521$$

XVIII.2 Example of Detail Cost Calculation

Perhitungan dilakukan dengan melakukan perbandingan antara persentase detail dengan reference cost, dalam hal ini yang dijadikan acuan adalah steel plate and profile cost

$$\text{\$ Detail} = (\% \text{ Detail} / \% \text{ Reference}) \times \text{\$ Reference}$$

ex:

Ingin mencari biaya detail dari design cost (\\$ Design)

$$\% \text{ Detail} = \% \text{ Design}$$

$$= 3,00 \% \text{ (Total Cost)}$$

$$\% \text{ Reference} = \% \text{ Steel Plate and Profile}$$

$$= 21,00 \% \text{ (Total Cost)}$$

$$\text{\$ Reference} = \text{\$ Steel Plate and Profile}$$

$$= \$619806,521$$

$$\% \text{ Design} = (003 / 021) \times 619.807$$

$$= \$88.543,79$$

XVIII.3 Table of Building Cost Calculation Calculation

Cost	Detail	%	\$
DIRECT COST	1. Hull Part		
	1.a. Steel plate and profile	21,00	\$619.806,52
	1.b. Hull outfit, deck machinery and accommodation	7,00	\$206.602,17
	1.c. Piping, valves and fittings	2,50	\$73.786,49
	1.d. Paint and cathodic protection/ICCP	2,00	\$59.029,19
	1.e. Coating (BWT only)	1,50	\$44.271,89
	1.f. Fire fighting, life saving and safety equipment	1,00	\$29.514,60
	1.g. Hull spare part, tool, and inventory	0,30	\$8.854,38
	Subtotal (1)	35,30	\$1.041.865,25
	2. Machinery Part		
	2.a. Propulsion system and accessories	12,00	\$1.022.736,35
	2.b. Auxiliary diesel engine and accessories	3,50	\$298.298,10
	2.c. Boiler and Heater	1,00	\$85.228,03
	2.d. Other machinery in in E/R	3,50	\$298.298,10
	2.e. Pipe, valves, and fitting	2,50	\$106.535,04
	2.f. Machinery spare part and tool	0,50	\$21.307,01
	Subtotal (2)	23,00	\$1.832.402,63
	3. Electric Part		
	3.a. Electric power source and accessories	3,00	\$88.543,79
	3.b. Lighting equipment	1,50	\$44.271,89
3.c. Radio and navigation equipment	2,50	\$73.786,49	
3.d. Cable and equipment	1,00	\$29.514,60	
3.e. Electric spare part and tool	0,20	\$5.902,92	
Subtotal (3)	8,20	\$242.019,69	
4. Construction cost			
Consumable material, rental equipment and labor	20,00	\$590.291,93	
Subtotal (4)	20,00	\$590.291,93	
5. Launching and testing			
Subtotal (5)	1,00	\$29.514,60	
6. Inspection, survey and certification			
Subtotal (6)	1,00	\$29.514,60	
TOTAL I (sub 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6)	88,50	\$3.765.608,68	
INDIRECT COST	7. Design cost	3,00	\$88.543,79
	8. Insurance cost	1,00	\$29.514,60
	9. Freight cost, import duties, IDC, Q/A, guarantee engineer, handling fee, guarantee & warranty cost.	2,50	\$73.786,49
	TOTAL II (sub 7+ 8 + 9)	6,50	\$191.844,88
MARGIN TOTAL III	5,00	\$147.572,98	
GRAND TOTAL (I + II + III)	100,00	\$4.296.871,42	


XVIII.4 TOTAL Cost in IDR Calculation

Bank Indonesia (22/02/2017) 22:47 - JUAL

1 USD = Rp13.357,00

Rp_{TOTAL} =

Rp57.393.311.509


THE STEEL INDEX

The Steel Index Reference Prices (Exports/Imports)							
		1-week change		4-week change		Low*	High*
Chinese Exports to EU/USA (FOB China Port)							
HRC (USD/tonne)	514	▲ 3	+0.6%	▼ 1	-0.2%	502	555
CRC (USD/tonne)	583	= 0	0.0%	▼ 11	-1.9%	583	632
Chinese Exports to Asia (FOB China Port)							
HRC (USD/tonne)	508	▲ 1	+0.2%	▼ 1	-0.2%	505	551
Asean Imports (CFR Asean Port)							
HRC (USD/tonne)**	539	▲ 2	+0.4%	▼ 5	-0.9%	533	580
CRC (USD/tonne)	592	= 0	0.0%	▼ 15	-2.5%	582	648
Plate (USD/tonne)	520	▼ 2	-0.4%	▼ 6	-1.1%	520	554

* Past 12 months ** SAE grade Price shown is weekly average of daily prices

Reference Prices for Week of June 08 - 14, 2015 (Week 24)

Main Dimension

Main Dimension (tidak optimum)

$$L_{PP} = 61,80 \text{ m}$$

$$B = 9,73 \text{ m}$$

$$T = 3,30 \text{ m}$$

$$H = 4,72 \text{ m}$$

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

XVIII. Building Cost Calculation

Ref: *Pedoman Pembuatan Perkiraan Biaya (Cost Estimate), Direktorat Pengolahan, PERTAMINA*

Input Data :

Steel Weight = 563,171 ton

Copyright © 2017 by MEPS International Ltd.

MEPS - WORLD CARBON STEEL PRICES - 800/metric ton

All tables and forecasts are updated monthly.

Month	Hot Rolled Coil	Hot Rolled Plate	Cold Rolled Coil	Hot Dipped Galvanized Coil	Electrolytic Coil	Wire Rod (Metric)	Structural Sections and Shapes	Rebar	Merchant Bar
Nov-2015	390	430	440	510	510	420	510	400	340
Dec-2015	370	420	430	500	500	390	500	410	320
Jan-2016	360	410	420	490	490	380	490	410	320
Feb-2016	360	410	420	490	490	390	500	400	320
Mar-2016	400	440	470	530	520	410	530	400	320
Apr-2016	400	440	490	540	530	410	530	400	320
May-2016	320	370	390	430	430	320	430	310	260
Jun-2016	340	390	410	450	450	340	450	310	270
Jul-2016	330	380	400	440	440	330	440	310	270
Aug-2016	340	390	410	450	450	340	450	310	270
Sep-2016	330	380	400	440	440	330	440	310	270
Oct-2016	330	380	400	440	440	330	440	310	270

Ref: *Meps.co.uk (Nov 2015 - Okt 2016)*

XVIII.1 Reference Cost

Yang dijadikan acuan dalam perhitungan adalah biaya steel plate and profile

$$\text{\$ Steel Plate} = W_s \times UP_s$$

$$W_s = \text{Steel Weight}$$

$$= 563,1707515 \text{ ton}$$

$$\%_s = \% \text{ biaya steel dari biaya total}$$

$$= 21,00 \%$$

$$UP_s = \text{Unit Price for Steel}$$

$$= \$1197,815 / \text{ton}$$

$$\text{\$ Steel Plate} = \$674574,367$$

XVIII.2 Example of Detail Cost Calculation

Perhitungan dilakukan dengan melakukan perbandingan antara persentase detail dengan reference cost, dalam hal ini yang dijadikan acuan adalah steel plate and profile cost

$$\text{\$ Detail} = (\% \text{ Detail} / \% \text{ Reference}) \times \text{\$ Reference}$$

ex:

Ingin mencari biaya detail dari design cost (\\$ Design)

$$\% \text{ Detail} = \% \text{ Design}$$

$$= 3,00 \% \text{ (Total Cost)}$$

$$\% \text{ Reference} = \% \text{ Steel Plate and Profile}$$

$$= 21,00 \% \text{ (Total Cost)}$$

$$\text{\$ Reference} = \text{\$ Steel Plate and Profile}$$

$$= \$674574,367$$

$$(003 / 021) \times 674.574$$

$$\% \text{ Design} = \$96.367,77$$

XVIII.3 Table of Building Cost Calculation Calculation

Cost	Detail	%	\$
DIRECT COST	1. Hull Part		
	1.a. Steel plate and profile	21,00	\$674.574,37
	1.b. Hull outfit, deck machinery and accommodation	7,00	\$224.858,12
	1.c. Piping, valves and fittings	2,50	\$80.306,47
	1.d. Paint and cathodic protection/ICCP	2,00	\$64.245,18
	1.e. Coating (BWT only)	1,50	\$48.183,88
	1.f. Fire fighting, life saving and safety equipment	1,00	\$32.122,59
	1.g. Hull spare part, tool, and inventory	0,30	\$9.636,78
	Subtotal (1)	35,30	\$1.133.927,39
	2. Machinery Part		
	2.a. Propulsion system and accessories	12,00	\$1.022.736,35
	2.b. Auxiliary diesel engine and accessories	3,50	\$298.298,10
	2.c. Boiler and Heater	1,00	\$85.228,03
	2.d. Other machinery in in E/R	3,50	\$298.298,10
	2.e. Pipe, valves, and fitting	2,50	\$106.535,04
	2.f. Machinery spare part and tool	0,50	\$21.307,01
	Subtotal (2)	23,00	\$1.832.402,63
	3. Electric Part		
	3.a. Electric power source and accessories	3,00	\$96.367,77
	3.b. Lighting equipment	1,50	\$48.183,88
3.c. Radio and navigation equipment	2,50	\$80.306,47	
3.d. Cable and equipment	1,00	\$32.122,59	
3.e. Electric spare part and tool	0,20	\$6.424,52	
Subtotal (3)	8,20	\$263.405,23	
4. Construction cost			
Consumable material, rental equipment and labor	20,00	\$642.451,78	
Subtotal (4)	20,00	\$642.451,78	
5. Launching and testing			
Subtotal (5)	1,00	\$32.122,59	
6. Inspection, survey and certification			
Subtotal (6)	1,00	\$32.122,59	
TOTAL I (sub 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6)	88,50	\$3.936.432,20	
INDIRECT COST	7. Design cost	3,00	\$96.367,77
	8. Insurance cost	1,00	\$32.122,59
	9. Freight cost, import duties, IDC, Q/A, guarantee engineer, handling fee, guarantee & warranty cost.	2,50	\$80.306,47
	TOTAL II (sub 7+ 8 + 9)	6,50	\$208.796,83
MARGIN TOTAL III	5,00	\$160.612,94	
GRAND TOTAL (I + II + III)	100,00	\$4.514.638,80	

XVIII.4 TOTAL Cost in IDR Calculation

Bank Indonesia (22/02/2017) 22:47 - JUAL

1 USD = Rp13.357,00

Rp_{TOTAL} =

Rp60.302.030.470



THE STEEL INDEX

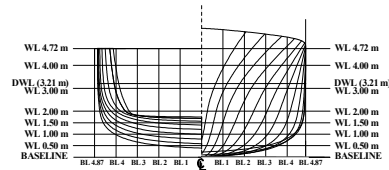
The Steel Index Reference Prices (Exports/Imports)							
		1-week change		4-week change		Low*	High*
Chinese Exports to EU/USA (FOB China Port)							
HRC (USD/tonne)	514	▲ 3	+0.6%	▼ 1	-0.2%	502	555
CRC (USD/tonne)	593	= 0	0.0%	▼ 11	-1.8%	563	632
Chinese Exports to Asia (FOB China Port)							
HRC (USD/tonne)	508	▲ 1	+0.2%	▼ 1	-0.2%	505	551
Asean Imports (CFR Asean Port)							
HRC (USD/tonne)**	539	▲ 2	+0.4%	▼ 5	-0.9%	533	580
CRC (USD/tonne)	592	= 0	0.0%	▼ 15	-2.5%	562	648
Plate (USD/tonne)	520	▼ 2	-0.4%	▼ 6	-1.1%	520	554

* Past 12 months ** SAE grade Price shown is weekly average of daily prices

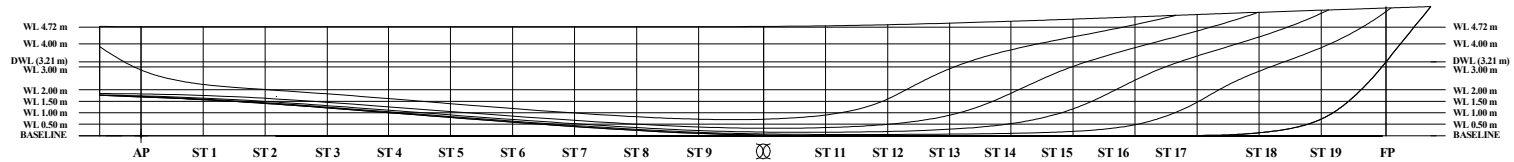
Reference Prices for Week of June 08 - 14, 2015 (Week 24)

LAMPIRAN C
RENCANA GARIS

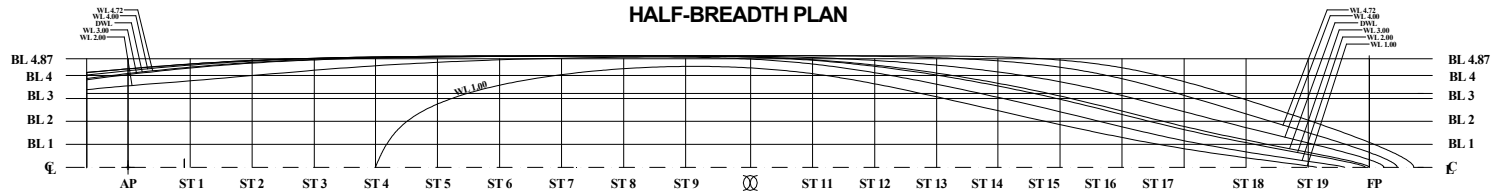
BODY PLAN



SHEER PLAN



HALF-BREADTH PLAN



PRINCIPAL DIMENSIONS

SHIP TYPE	MDPS
LENGTH OVERALL (LOA)	64.04 m
LENGTH BETWEEN PERPENDICULARS (L _{pp})	58.008 m
BREADTH (B)	9.72 m
HEIGHT (H)	4.73 m
DRAUGHT (T)	3.21 m
SERVICE SPEED (V _s)	17 Knots
COMPLEMENTS	52 Persons
MAIN ENGINE POWER	2320 HP



DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE
AND SHIPBUILDING ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

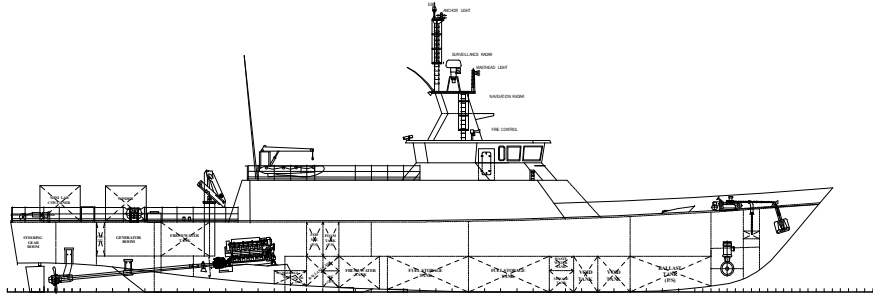
LINES PLAN

MDPS PERAK

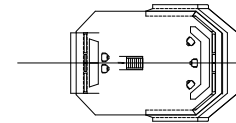
SCALE	1 : 350	SIGNATURE	DATE	REMARK
DRAWN BY	MUHAMMAD SIROJUDIN			4113100010
APPROVED BY	HASANUDIN, S.T., M.T.			A3

LAMPIRAN D
RENCANA UMUM

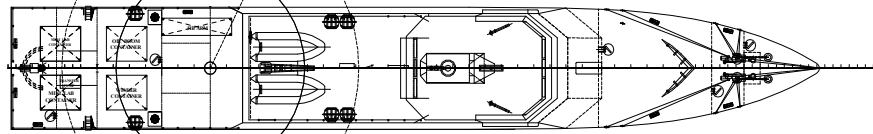
PROFILE VIEW



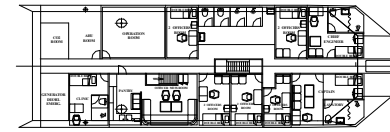
NAVIGATION DECK



TOP VIEW



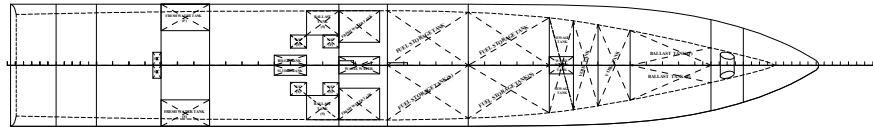
UPPER MAIN DECK



UNDER MAIN DECK



DOUBLE BOTTOM



PRINCIPAL DIMENSIONS	
SHIP TYPE	MDPS
LENGTH OVERALL (LOA)	64.04 m
LENGTH BETWEEN PERPENDICULARS (Lpp)	58.008 m
BREADTH (B)	9.72 m
HEIGHT (H)	4.73 m
DRAUGHT (T)	3.21 m
SERVICE SPEED (Vs)	17 Knots
COMPLEMENTS	52 Persons
MAIN ENGINE POWER	2320 HP



DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE
AND SHIPBUILDING ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

GENERAL ARRAGEMENT

MDPS PERAK

SCALE	1 : 300	SIGNATURE	DATE	REMARK
DRAWN BY	MUHAMMAD SIROJUDIN			4113100010
APPROVED BY	HASANUDIN, S.T., M.T.			A3

BIODATA PENULIS



MUHAMMAD SIROJUDIN, dilahirkan di Lumajang 29 Mei 1996. Penulis merupakan anak ke-2 dari 3 bersaudara dalam keluarga. Dibesarkan di desa Tukum, Lumajang dan menamatkan pendidikan formal tingkat SD di SDI Al-Ittihad Tukum, tingkat SMP di SMP N 3 Lumajang dan tingkat SMA di SMA N 2 Lumajang sebelum selanjutnya melanjutkan pendidikan perguruan tinggi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis diterima di Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan ITS pada tahun 2012 melalui jalur SNMPTN Undangan.

Di Jurusan Teknik Perkapalan, Penulis mengambil Bidang Studi Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal. Selama masa studi di ITS, Penulis banyak aktif berkegiatan di Himpunan Mahasiswa Teknik Perkapalan (HIMATEKPAL), selain itu penulis juga sempat aktif di Jamaah Masjid Manarul Ilmi (JMMI) ITS, menjadi volunteer Pengajar ABC (Aksi Belajar Ceria) dan yang terakhir Penulis aktif di dalam Komunitas Relawan Rumah Zakat. Untuk kepanitiaan dalam acara jurusan antara lain menjadi anggota panitia SAMPAN 8 ITS tahun 2014, dan koordinator sie di SAMPAN 9 ITS tahun 2015. Penulis menaruh minat yang cukup besar dalam kegiatan-kegiatan Seni dan Keilmiahan. Di bidang keilmiahan, penulis sering mengikuti pelatihan-pelatihan keilmiahan baik yang diadakan oleh fakultas, maupun institut seperti pelatihan Hak Cipta dan Paten dan Pelatihan Pendamping Keilmiahan. Beberapa kali juga penulis meraih penghargaan dalam event-event perlombaan karya ilmiah baik nasional maupun internasional seperti meraih *runner up International Conference ASEAN and Technology Students (ICAST)* pada tahun 2015. Di bidang seni yang mana adalah hobi, penulis menyalurkannya dengan membuat sebuah sebuah bisnis souvenir papercraft dengan label “ItsPapertown”.

E : msjudnn@yahoo.com/sirojud21@gmail.com

M : +62 823 3185 9257