



TUGAS AKHIR - MN 184802

**DESAIN KAPAL PATROLI TNI-AL UNTUK WILAYAH
KEPULAUAN NATUNA**

**Naufaldy Fakhri
NRP 0411164000027**

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

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



TUGAS AKHIR - MN 184802

**DESAIN KAPAL PATROLI TNI-AL UNTUK WILAYAH
KEPULAUAN NATUNA**

**Naufaldy Fakhri
NRP 0411164000027**

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

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



FINAL PROJECT - MN 184802

TNI-AL PATROL BOAT DESIGN FOR NATUNA ISLANDS

**Naufaldy Fakhri
NRP 0411164000027**

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

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

LEMBAR PENGESAHAN

DESAIN KAPAL PATROLI TNI-AL UNTUK WILAYAH KEPULAUAN NATUNA

TUGAS AKHIR

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

Oleh:

NAUFALDY FAKHRI
NRP 0411164000027

Disetujui oleh:

Dosen Pembimbing



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

Mengetahui,

Kepala Departemen Teknik Perkapalan



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

SURABAYA, 21 JANUARI 2020

LEMBAR REVISI

DESAIN KAPAL PATROLI TNI-AL UNTUK WILAYAH KEPULAUAN NATUNA

TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir
Tanggal 07 Januari 2020

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

Oleh:

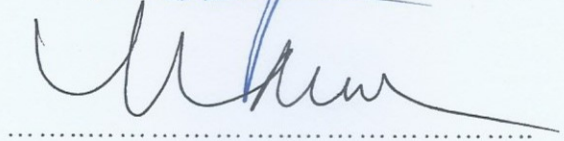
NAUFALDY FAKHRI
NRP 0411164000027

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

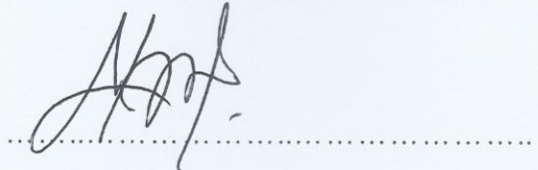
1. Totok Yulianto, S.T., M.T.



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



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



Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

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



SURABAYA, 21 JANUARI 2020

Dipersembahkan kepada kedua orang tua atas segala dukungan dan doanya

KATA PENGANTAR

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

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

1. Hasanudin, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan dan motivasinya selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
2. Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D. selaku Kepala Departemen Teknik Perkapalan ITS;
3. Totok Yulianto, S.T., M.T., Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng., dan Danu Utama, S.T., M.T selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan sarannya untuk perbaikan Laporan Tugas Akhir ini;
4. Ibu dan Kakak serta keluarga penulis yang telah memberikan dukungan, motivasi, dan semangat dalam pengerjaan Tugas Akhir ini;
5. Miranda Putri yang telah memberikan dukungan, motivasi, dan semangat dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Surabaya, 21 Januari 2020

Naufaldy Fakhri

DESAIN KAPAL PATROLI TNI-AL UNTUK WILAYAH KEPULAUAN NATUNA

Nama Mahasiswa : Naufaldy Fakhri
NRP : 0411164000027
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : Hasanudin, S.T., M.T.

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan wilayah laut yang luas dan memiliki kekayaan alam yang sangat banyak, hal ini memicu terjadinya pelanggaran kedaulatan wilayah NKRI oleh negara asing. Terlebih kasus yang menjadi sorotan belakangan ini yaitu kasus kapal *coast guard* milik China yang menabrak kapal TNI-AL KRI Tjiptadi 381 di laut Natuna Utara. Hal tersebut secara nyata telah mengganggu kedaulatan negara dan memberikan kerugian yang besar bagi negara. Kehadiran kapal patroli dapat meningkatkan pengawasan terhadap kedaulatan hukum negara dan kemampuan kontrol di wilayah tersebut. Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk melakukan analisis *operational requirement*, menentukan ukuran utama kapal, menggambar *linesplan*, *general arrangement*, dan 3D kapal, dan juga melakukan analisis biaya pembangunan kapal. *Payload* kapal patroli ini diidentifikasi dan dianalisa berdasarkan kebutuhan kapal patroli tersebut. *Payload* yang digunakan yaitu berupa kru kapal, persenjataan beserta amunisinya, dan alat-alat navigasi. Dari hasil analisa yang dilakukan didapatkan *payload* sebesar 38,715 ton. Dalam perancangan kapal ini juga dilakukan analisa teknis dan ekonomis. Secara teknis perhitungan lambung timbul menggunakan standar *International Convention on Load Lines 1966* (ICLL 1966), perhitungan Trim menggunakan standar SOLAS 1974, dan perhitungan stabilitas menggunakan kriteria *Stability for U.S. Naval Surface Ship*. Didapatkan ukuran utama yaitu Lpp 57,00 m, lebar 7,47 m, tinggi 4,70 m, dan sarat 1,87 m, *displacement* sebesar 406.4 ton, *resistance* sebesar 355,9 kN, kapasitas mesin 3600 kW, dan *freeboard* sebesar 2,83 m. Perhitungan lambung timbul, trim, dan stabilitas telah memenuhi semua kriteria yang disyaratkan. Serta pembangunan kapal ini telah diperhitungkan dan membutuhkan dana sekitar Rp 8.253.095.241,00. Harapannya kapal patroli ini dapat menunjang kegiatan patroli untuk sekitar wilayah kepulauan Natuna.

Kata kunci : kapal, kedaulatan, patroli, wilayah

TNI-AL PATROL BOAT DESIGN FOR NATUNA ISLANDS

Author : Naufaldy Fakhri
Student Number : 0411164000027
Department / Faculty : Naval Architecture / Marine Technology
Supervisor : Hasanudin, S.T., M.T.

ABSTRACT

Indonesia is a country with a huge area of sea and has a lot of natural resources, somehow it triggers a sovereignty violation for Republic of Indonesia by foreign countries. Especially in the recent spotlight is the case of a Chinese Coast Guard Vessel that crashed into the Indonesian Navy KRI Tjiptadi 381 in the North Natuna Sea. The presence of patrol vessels can increase supervision of the country's legal sovereignty and control capabilities in the region. The purpose of this assignment is to carry out operational requirements analysis, determine the main size of the ship, draw lines plans, general arrangements and 3D ships, and also analyze the cost of building the ship. Payload of this patrol boat is identified and analyzed based on the needs of the patrol boat. The payloads are ship crews, weaponry and ammunition, and also navigation equipments. From the results of the analysis carried out the payload was 38,715 tons. In the design of this ship also carried out technical and economic analysis. Technically the freeboard calculation uses the International Convention on Load Lines 1966 standard (ICLL 1966), trim calculation uses the SOLAS 1974 standard, and the stability calculation uses the Stability for U.S. criterion naval surface ships. From the calculations, the main dimensions of ship are $L_{pp} = 57.00$ m, $B = 7.47$ m, $H = 4.70$ m, and $T = 1.87$ m, displacement 406.4 tons, resistance 355.9 kN, engine capacity 3600 kW, and freeboard 2.83 m. Calculation of freeboard, trim, and stability meet all the required criteria. As well as the construction of this ship has been calculated and requires funding of around Rp 8,253,095,241.00. It is hoped that this patrol boat can support patrol activities around the Natuna islands.

Keywords: area, boat, patrol, sovereignty

DAFTAR ISI

LEMBAR REVISI.....	vii
KATA PENGANTAR.....	xi
ABSTRAK.....	xiii
ABSTRACT.....	xv
DAFTAR ISI.....	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR TABEL.....	xxi
DAFTAR SIMBOL.....	xxiii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Manfaat.....	3
BAB 2 STUDI LITERATUR.....	5
2.1. Dasar Teori.....	5
2.1.1. Tahapan Desain Kapal.....	5
2.1.2. Metode Desain Kapal.....	7
2.1.3. Lambung Kapal.....	7
2.1.4. Perhitungan Koefisien.....	8
2.1.5. Perhitungan Hambatan Kapal.....	11
2.1.6. Propulsi Kapal.....	12
2.1.7. Perhitungan Berat dan Titik Berat Kapal.....	13
2.1.8. Perhitungan <i>Freeboard</i>	14
2.1.9. Perhitungan Trim.....	17
2.1.10. Perhitungan Stabilitas.....	18
2.2. Tinjauan Pustaka.....	20
2.2.1. Kapal Patroli.....	20
2.2.2. Pola Operasional Patroli.....	21
2.2.3. Persenjataan.....	22
2.2.4. Pembagian Kewenangan Penegakan Hukum di Laut Indonesia.....	23
BAB 3 METODOLOGI.....	25
3.1. Bagan Alir.....	25
3.2. Tahap Pengerjaan.....	26
3.2.1. Tahap Identifikasi Masalah.....	26
3.2.2. Tahap Studi Literatur.....	26
3.2.3. Tahap Pengumpulan Data.....	26
3.2.4. Tahap Pengolahan Data.....	27
3.2.5. Tahap Perencanaan.....	27
3.2.6. Tahap Perhitungan Biaya.....	27
3.2.7. Kesimpulan dan Saran.....	28
BAB 4 ANALISIS TEKNIS.....	29
4.1. Umum.....	29

4.1.1. Penentuan Operational Requirement.....	29
4.1.2. Rute Operasi.....	29
4.1.3. Penentuan Kecepatan Kapal.....	30
4.1.4. Penentuan <i>Payload</i>	31
4.2. Penentuan Ukuran Utama Awal.....	32
4.3. Penentuan Ukuran Utama Akhir.....	33
4.4. Pemeriksaan Ukuran Utama Kapal.....	34
4.5. Perhitungan Koefisien dan Hambatan Kapal.....	34
4.5.1. Perhitungan <i>Froude Number</i>	34
4.5.2. Perhitungan Koefisien Bentuk Kapal.....	35
4.5.3. Perhitungan Hambatan Kapal.....	35
4.6. Perhitungan Propulsi dan Pemilihan Mesin.....	36
4.6.1. Perhitungan Daya <i>Main Engine</i>	36
4.6.2. Perhitungan Daya <i>Auxiliary Engine</i>	38
4.7. Perhitungan Berat dan Titik Berat Kapal.....	39
4.7.1. Perhitungan Berat dan Titik Berat DWT.....	40
4.7.2. Perhitungan Berat dan Titik Berat LWT.....	40
4.7.3. Pengecekan Margin.....	41
4.8. Perhitungan <i>Freeboard</i>	42
4.9. Perhitungan Trim.....	45
4.10. Perhitungan Stabilitas.....	46
BAB 5 DESAIN KAPAL.....	55
5.1. Desain <i>Lines Plan</i>	55
5.1.1. Bentuk <i>Midship Section</i>	55
5.1.2. Bentuk Haluan.....	55
5.1.3. Bentuk Transom Kapal.....	57
5.1.4. Pembuatan <i>Lines Plan</i>	58
5.2. Desain <i>General Arrangement</i>	60
5.2.1. Penentuan Sekat.....	60
5.2.2. <i>Side View</i>	61
5.2.3. <i>Upper Deck</i>	61
5.2.4. <i>Main Deck</i>	63
5.2.5. <i>Double Bottom</i>	65
5.2.6. Perlengkapan Keselamatan.....	67
5.2.7. Penentuan Jangkar, Rantai Jangkar, dan Tali Tambat.....	67
5.3. Desain 3D.....	68
BAB 6 PERHITUNGAN BIAYA PEMBANGUNAN KAPAL.....	71
BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN.....	73
7.1.1. Kesimpulan.....	73
7.2. Saran.....	74
DAFTAR PUSTAKA.....	75
LAMPIRAN	
LAMPIRAN A Perhitungan Teknis dan Ekonomis	
LAMPIRAN B Desain <i>Lines Plan</i>	
LAMPIRAN C Desain <i>General Arrangement</i>	
LAMPIRAN D Desain 3D	
LAMPIRAN E Katalog	
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Ship Design Spiral</i>	5
Gambar 2.2 Koefisien Blok	9
Gambar 2.3 Koefisien <i>Midship</i>	9
Gambar 2.4 Koefisien <i>Waterplane</i>	10
Gambar 2.5 Koefisien Prismatic	10
Gambar 2.6 Ilustrasi Stabilitas Stabil	18
Gambar 2.7 Ilustrasi Stabilitas Netral	18
Gambar 2.8 Ilustrasi Stabilitas Negatif	19
Gambar 2.9 Kapal Patroli	20
Gambar 2.10 Bofor	22
Gambar 2.11 Radar	23
Gambar 2.12 Pembagian Kewenangan Penegakan Hukum di Laut Indonesia	24
Gambar 3.1 Bagan Alir Pengerjaan Tugas Akhir	26
Gambar 4.1 Rute Operasi	30
Gambar 4.2 Asumsi Titik Kapal Patroli dan Kapal Ikan	31
Gambar 4.3 <i>Layout Awal</i>	34
Gambar 4.4 Luasan A	44
Gambar 4.5 Kotak <i>Dialog Section Calculation</i>	46
Gambar 4.6 Perencanaan Tangki Pada Maxsurf	47
Gambar 4.7 Grafik Stabilitas pada <i>Loadcase 1</i>	48
Gambar 4.8 Grafik Stabilitas pada <i>Loadcase 2</i>	49
Gambar 4.9 Grafik Stabilitas pada <i>Loadcase 3</i>	50
Gambar 4.10 Grafik Stabilitas pada <i>Loadcase 4</i>	50
Gambar 4.11 Grafik Stabilitas pada <i>Loadcase 5</i>	51
Gambar 4.12 Grafik Stabilitas pada <i>Loadcase 6</i>	52
Gambar 5.1 Bentuk <i>Midship Section</i>	55
Gambar 5.2 Bentuk Haluan	56
Gambar 5.3 <i>Angel of Entrance</i>	57
Gambar 5.4 Bentuk Transom	57
Gambar 5.5 Penentuan <i>Frame of Reference</i> dan <i>Zero Point</i>	58
Gambar 5.6 Pengaturan <i>Design Grid</i>	59
Gambar 5.7 Data Hidrostatik	59
Gambar 5.8 Rencana Garis	60
Gambar 5.9 <i>Side View</i>	61
Gambar 5.10 <i>Upper Deck</i>	63
Gambar 5.11 <i>Main Deck</i>	65
Gambar 5.12 <i>Double Bottom</i>	66
Gambar 5.13 Rencana Umum	67
Gambar 5.14 <i>Equipment Z Number</i>	68
Gambar 5.15 Desain 3D Kapal	69

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ukuran <i>Freeboard Standard</i>	15
Tabel 2.2 Tabel Pengurangan Bangunan Atas.....	16
Tabel 2.3 Tabel <i>Sheer Standard</i>	16
Tabel 4.1 <i>Payload</i>	31
Tabel 4.2 Data Ukuran Utama Kapal Pembanding	32
Tabel 4.3 Pemeriksaan Ukuran Utama Kapal	34
Tabel 4.4 Hasil Koefisien, LCB, dan <i>Displacement</i>	35
Tabel 4.5 Rekapitulasi Perhitungan EHP	37
Tabel 4.6 Spesifikasi <i>Main Engine</i>	38
Tabel 4.7 Komponen Kelistrikan Kapal	38
Tabel 4.8 Spesifikasi <i>Auxiliary Engine</i>	39
Tabel 4.9 Spesifikasi <i>Emergency Genset</i>	39
Tabel 4.10 Rekapitulasi Perhitungan DWT.....	40
Tabel 4.11 Rekapitulasi Perhitungan LWT	41
Tabel 4.12 Pengecekan Margin	41
Tabel 4.13 <i>Freeboard Standard</i>	42
Tabel 4.14 Rekapitulasi Trim	45
Tabel 4.15 Rekapitulasi Perhitungan Stabilitas <i>Loadcase</i> 1-3	52
Tabel 4.16 Rekapitulasi Perhitungan Stabilitas <i>Loadcase</i> 4-6	53
Tabel 6.1 Perhitungan <i>Material Cost</i>	71
Tabel 6.2 Perhitungan <i>Labour Cost</i>	71
Tabel 6.3 Perhitungan <i>Overhead Cost</i>	72
Tabel 6.4 Total Biaya Pembangunan Kapal	72

DAFTAR SIMBOL

C_b	= Koefisien Blok
C_M	= Koefisien Gading Besar
C_P	= Koefisien Prismatic
C_{WP}	= Koefisien Garis Air
L_{wl}	= <i>Length of Waterline</i> [m]
L_{pp}	= <i>Length between Perpendiculars</i> [m]
B	= Lebar Kapal [m]
T	= Sarat Kapal [m]
∇	= Volume Displasemen Kapal [m ³]
LCB	= <i>Longitudinal Center of Bouyancy</i> [m]
Fr	= <i>Froude Number</i>
V_s	= Kecepatan Kapal [m/s]
G	= Percepatan Gravitasi [m/s ²]
R_n	= <i>Reynolds Number</i>
C_F	= Koefisien Hambatan Gesek
C_A	= <i>Coleration Allowance</i>
R_w	= Koefisien Hambatan Gelombang
R_T	= Hambatan Total [kN]
EHP	= <i>Effective Horse Power</i> [kW]
DHP	= <i>Delivered Horse Power</i> [kW]
SHP	= <i>Shaft Horse Power</i> [kW]
BHP	= <i>Break Horse Power</i> [kW]
KM	= Tinggi Titik Metasentris dari Lunas [m]
KG	= Tinggi Titik Berat dari Lunas [m]
KB	= Tinggi Titik Apung dari Lunas [m]
BM	= Jarak Titik Apung ke Metasentris [m]
GM	= Tinggi Metasentris [m]
GZ	= Lengan Dinamis [m]

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan wilayah laut yang luas dan memiliki kekayaan alam yang sangat banyak, hal ini memicu terjadinya pelanggaran kedaulatan wilayah NKRI oleh negara asing. Kedaulatan negara merupakan kekuasaan penuh dalam suatu negara untuk mengatur seluruh wilayahnya tanpa campur tangan pemerintah negara lain. Maraknya pencurian ikan yang dilakukan oleh kapal asing di wilayah NKRI belakangan ini, secara nyata telah mengganggu kedaulatan negara dan memberikan kerugian yang besar bagi negara. Kedaulatan suatu negara sangatlah penting untuk dijaga dengan sepenuh tenaga oleh komponen warga NKRI. Kehadiran kapal patroli dapat meningkatkan pengawasan terhadap kedaulatan hukum negara dan kemampuan kontrol di wilayah tersebut. Tanpa kapal patroli dan hanya mengandalkan pengawasan dari udara dalam memantau wilayah perbatasan negara, dampaknya akan kurang efektif. Instansi yang berkoordinasi untuk melakukan penegakkan hukum di laut antara lain, TNI AL, KKP, Polisi air, dan Bea Cukai. Tetapi berdasarkan pernyataan Danlantamal VI, dari kurang lebih 160 kapal yang dimiliki TNI AL, termasuk kapal perang, hanya ada 60 kapal patroli untuk meng-*cover* seluruh wilayah laut Indonesia. Padahal TNI diharapkan memiliki sedikitnya 500 kapal patroli untuk melakukan penegakkan hukum di laut Indonesia. (Wijaya, 2015)

Hal yang menjadi sorotan belakangan ini ialah permasalahan tentang kapal *coast guard* milik China yang menabrak kapal TNI-AL KRI Tjiptadi-381 di laut Natuna Utara. Kapal *coast guard* China tersebut sedang mengawal kapal-kapal ikan milik China yang sedang melakukan kegiatan pencurian ikan (*illegal, unreported, and unregulated fishing*) di sana. Nota protes telah dilayangkan oleh Kementerian Luar Negeri RI kepada pemerintah China. Namun, pemerintah China melalui juru bicara Kementerian Luar Negerinya menyatakan pihaknya memiliki hak atas perairan tersebut. Pemerintah China mengemukakan alasan historis bahwa perairan tersebut sejak dahulu menjadi tempat kapal-kapal nelayan China beraktivitas. Komando Armada I TNI-AL melaporkan kehadiran *coast guard* China di perbatasan ZEE Indonesia di perairan Natuna Utara yang mengawal beberapa kapal nelayan China. Pemerintah Indonesia kembali melayangkan protes dengan menolak klaim China yang menyatakan berhak atas

perairan di wilayah tersebut. Pemerintah Indonesia menyatakan klaim China tersebut bersifat sepihak (unilateral), tidak memiliki dasar hukum, dan tidak diakui oleh hukum internasional yang berlaku yaitu *United Nations Convention for the Law of the Sea* 1982 (UNCLOS 1982). Peristiwa tersebut menjelaskan bahwa kedaulatan wilayah merupakan masalah yang sangat sensitif. Tidak ada negara yang rela kehilangan sejengkal wilayahnya. Karena itu, masalah perbatasan tidak bisa didiamkan begitu saja. Masalah perbatasan berpotensi besar menimbulkan konflik. Diperlukan peningkatan pengawasan terhadap kedaulatan satu negara dengan negara lainnya. (Margianto, 2020)

Dengan maksud mengatasi serta memberikan sebuah solusi terhadap permasalahan yang ada di sektor keamanan Indonesia, pada Tugas Akhir ini akan dilakukan perancangan kapal patroli TNI-AL untuk Kepulauan Natuna.

1.2. Perumusan Masalah

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

1. Bagaimana analisis *Operational Requirements* kapal patroli yang akan didesain?
2. Berapa ukuran utama kapal patroli yang akan didesain?
3. Bagaimana gambar *linesplan* dari kapal patroli yang akan didesain?
4. Bagaimana gambar *General Arrangement* dari kapal patroli yang akan didesain?
5. Bagaimana gambar *3D-modelling* dari kapal patroli yang akan didesain?
6. Bagaimana analisis biaya pembangunan kapal patroli yang akan didesain?

1.3. Tujuan

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Melakukan analisis *Operational Requirements* kapal patroli TNI-AL untuk wilayah Kepulauan Natuna.
2. Menentukan ukuran utama kapal patroli TNI-AL untuk wilayah Kepulauan Natuna.
3. Menggambar desain rancangan garis (*linesplan*) kapal patroli TNI-AL untuk wilayah Kepulauan Natuna.
4. Menggambar desain rancangan umum (*general arrangement*) kapal patroli TNI-AL untuk wilayah Kepulauan Natuna.
5. Menggambar desain *3D-modelling* kapal patroli TNI-AL untuk wilayah Kepulauan Natuna.
6. Melakukan analisis biaya pembangunan kapal patroli TNI-AL untuk wilayah

Kepulauan Natuna.

1.4. Batasan Masalah

Adapun batasan-batasan masalah dalam penulisan tugas akhir ini antara lain:

1. Perhitungan dan analisis tidak mencakup perhitungan konstruksi kapal.
2. Kapal yang didesain tidak menganalisis *sea keeping*.

1.5. Manfaat

Adapun manfaat dari pengerjaan tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Secara akademis, diharapkan hasil pengerjaan Tugas Akhir ini dapat menunjang proses belajar dan mengajar serta turut memajukan pendidikan yang ada di Indonesia.
2. Secara Praktek, diharapkan hasil pengerjaan Tugas Akhir ini dapat menjadi referensi desain kapal patroli TNI-AL untuk wilayah Kepulauan Natuna.

Halaman ini sengaja dikosongkan

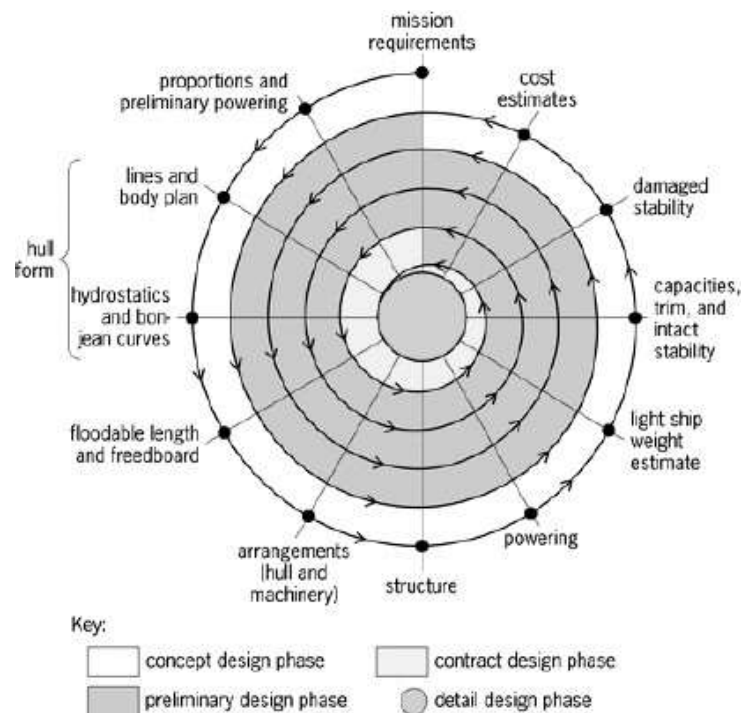
BAB 2 STUDI LITERATUR

2.1. Dasar Teori

Pada penelitian Tugas Akhir ini dibutuhkan berbagai teori dasar yang berguna untuk menjadi landasan. Teori-teori yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari materi perkuliahan, percobaan serta penelitian-penelitian yang sudah dilakukan para ahli sebelumnya. Berikut ini beberapa teori yang digunakan sebagai landasan dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.

2.1.1. Tahapan Desain Kapal

Konsep desain spiral menitikberatkan pada masalah desain yang saling berinteraksi dan harus dipertimbangkan secara berurutan, dan dalam peningkatan *detail* masing-masing yang kemudian membentuk spiral sampai diperoleh desain tunggal yang memenuhi semua kendala dan semua pertimbangan bisa tercapai. Terdapat empat tahapan dalam *spiral design* ini, yaitu *concept design*, *preliminary design*, *contract design*, dan *detail design* seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.1. (Papanikolaou, 2014)



Gambar 2.1 *Ship Design Spiral*
(Sumber: Vossen, 2013)

1. Fase *Concept design*

Tahap awal dalam proses desain adalah menerjemahkan *owner requirement* atau permintaan pemilik kapal ke dalam ketentuan dasar dari kapal yang akan didesain. Estimasi awal dari dimensi kapal dasar, seperti panjang, lebar, tinggi, sarat, koefisien blok, *powering*, dan lain-lain. Pada tahap ini dibuat solusi desain alternatif yang memenuhi persyaratan *owner* yang dieksplorasi dengan identifikasi solusi yang paling ekonomis.

2. Fase *Preliminary Design*

Tahap ini merupakan tahap lanjutan dari tahap satu, yang berisi perhitungan teknis yang lebih kompleks dari tahap satu. Adapun yang dimaksud kompleks adalah pencarian solusi yang optimal dengan melakukan perhitungan maupun desain yang memberikan dampak signifikan pada kapal, seperti halnya perhitungan *trim*, stabilitas, pembuatan *lines plan*, *general arrangement*, dan lain-lain. Hal ini dilakukan agar kapal memiliki nilai keekonomian yang baik. *Output* pada proses ini adalah terjadi *shipbuilding contract* antara *owner* dengan galangan kapal.

3. Fase *Contract Design*

Tujuan dari tahap ini adalah penyelesaian perhitungan yang diperlukan dan gambar dan spesifikasi teknis bangunan kapal, yang semuanya merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari kontrak pembuatan kapal resmi antara pemilik kapal dan galangan kapal yang ditunjuk. Fase desain ini melibatkan uraian terperinci tentang bentuk lambung kapal melalui *lines plan*, penentuan daya untuk mencapai kecepatan yang ditentukan melalui pengujian model dalam *towing tank*, analisis teoritis atau eksperimental perilaku kapal yang dirancang seperti studi *seakeeping*, analisis manuver kapal, penentuan mesin dan propulsi, desain jaringan kelistrikan kapal, perpipaan, dan lain-lain. Estimasi yang dihasilkan untuk masing-masing berat komponen kapal, berat total kapal, dan titik berat lebih akurat.

4. Fase *Detail Design*

Tahap ini merupakan tahap yang terakhir dalam mendesain sebuah kapal. Pada tahap ini dilakukan pekerjaan yang lebih mendetail dari *key plan drawing* menjadi *production drawing* atau gambar produksi yang nantinya akan digunakan sebagai gambar arahan kerja untuk membangun kapal. Tahap ini mencakupi seluruh rencana dan perhitungan yang diperlukan untuk proses konstruksi dan perlengkapan kapal.

2.1.2. Metode Desain Kapal

Setelah didapatkan *operational requirement*, langkah selanjutnya yaitu menentukan metode penentuan ukuran utama awal kapal. Terdapat beberapa metode dalam mengestimasi ukuran utama awal kapal dari satu kapal pembanding (*basic vessel*). Penggunaan satu kapal pembanding dalam menentukan ukuran utama awal kapal karena desain kapal baru dengan desain kapal pembanding memiliki kemiripan, baik dari aspek tipe, ukuran, kecepatan, dan power (tenaga). *Owner/ operational requirement* harus memiliki informasi berupa: tipe kapal, *deadweight* kapal baru, *service speed*, dan rute kapal baru akan dioperasikan. Metode penentuan ukuran utama tersebut adalah sebagai berikut:

1. *Geosim Procedure*

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). Data yang dibutuhkan untuk menggunakan metode ini adalah ukuran utama kapal seperti panjang kapal (L), lebar kapal (B), sarat kapal (T), dan tinggikapal (H), dengan CD (*Coefficient Displacement*) dan CB (*Coefficient Block*) yang dihasilkan memiliki nilai yang serupa. (Jiwa dan Kurniawati, 2016)

2. *Trend Curve Approach*

Trend Curve approach atau metode statistik adalah sebuah cara/metode mendesain kapal dengan meregresi beberapa kapal pembanding untuk menentukan ukuran utama. Dengan metode ini, beberapa ukuran utama kapal pembanding dikomparasikan dimana variabel ukuran utama dihubungkan dengan DWT kemudian ditarik suatu rumusan (*trend line*) yang berlaku terhadap kapal yang akan dirancang. (Alfino, 2018)

3. *Optimization Design Approach*

Optimization Design Approach adalah metode yang digunakan untuk menentukan ukuran utama kapal yang optimum dengan cara mengoptimisasi ukuran utama awal kapal. Dalam hal ini, desain yang optimum dicari untuk menemukan desain yang akan meminimalkan *economic cost*. (Alfino, 2018)

2.1.3. Lambung Kapal

Lambung kapal merupakan salah satu bagian kapal yang berfungsi menyediakan daya apung utama, dimana daya apung tersebut dipengaruhi oleh bentuk lambung kapal. Lambung dirancang untuk memberikan karakteristik *performance* kapal sesuai dengan tujuan kapal.

Secara umum, desain lambung dapat dibedakan menjadi 3, yaitu *displacement hull*, *semi displacement hull*, dan *planning hull*.

1. *Displacement Hull*

Displacement hull merupakan tipe lambung kapal yang memungkinkan kapal melaju dengan membelah air sehingga cocok digunakan oleh kapal yang berlayar di perairan berombak dan tenang. Kapal ini ditumpu oleh gaya hidrostatis dimana *displacement* kapal akan konstan. *Displacement hull* umumnya digunakan untuk kapal berbobot besar dan bermuatan banyak seperti kapal niaga, kapal tanker dll. Kapal dengan tipe lambung seperti ini memiliki *Froude Number* (F_n) < 0.4 . (Faltinsen, 2005)

2. *Semi-displacement Hull*

Tipe *semi-displacement hull*, pada dasarnya memadukan stabilitas dari *displacement hull* dan kemampuan manuver dan kecepatan dari *planning hull*. Sehingga pada kecepatan tertentu, kapal akan mengalami sedikit perubahan *displacement*. Hal ini mengakibatkan kapal trim (sarat depan dan belakang kapal terdapat selisih). Kapal dengan tipe lambung seperti ini memiliki *Froude Number* yaitu $0.4-0.5 < F_n < 1.0-1.2$. (Faltinsen, 2005)

3. *Planning Hull*

Planning hull adalah jenis lambung kapal yang memungkinkan kapal dapat melaju dengan cepat di permukaan air dimana terdapat perubahan sarat yang signifikan ketika kapal dalam keadaan diam dan kapal dalam keadaan bergerak. Tipe dengan lambung ini dapat ditandai dengan kondisi hampir seluruh berat kapal disangga oleh gaya angkat hidrodinamik. Kapal dengan tipe seperti ini memiliki $F_n > 1.0-1.2$. (Faltinsen, 2005)

2.1.4. Perhitungan Koefisien

Salah satu hal yang esensial dalam mendesain sebuah kapal yaitu menentukan ukuran utamanya. Adapun definisi-definisi ukuran utama kapal ialah sebagai berikut.

Perhitungan koefisien-koefisien pada kapal sebagai berikut.

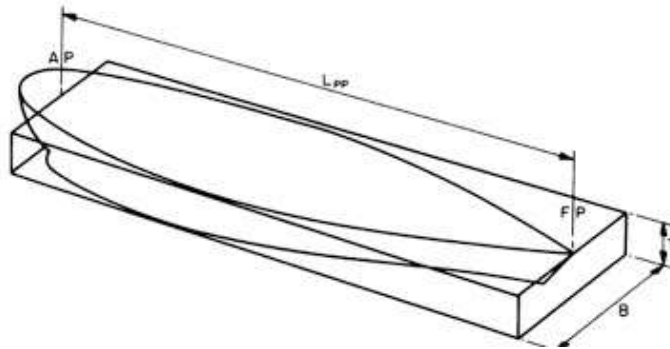
1. *Froude Number*

Dikutip berdasarkan (Lewis, 1988) rumus untuk menentukan *Froude Number* sebagai berikut.

$$F_n = V_s / (g \cdot L)^{0.5} \quad (2.1)$$

2. Koefisien Blok (C_b)

Secara definisi koefisien blok adalah perbandingan antara volume kapal dengan volume kotak yang berukuran $B \times T \times L$. Ilustrasi koefisien blok disajikan dalam Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Koefisien Blok
(Sumber: <http://www.maritimeworld.web.id/>)

Perhitungan C_b juga bisa didapatkan menggunakan rumus pendekatan seperti yang dikutip berdasarkan (Watson-Gilfillan) sebagai berikut :

$$C_b = 0,70 + 1/8 \tan^{-1} ((23-100F_n)/4) \text{ radians} \quad (2.2)$$

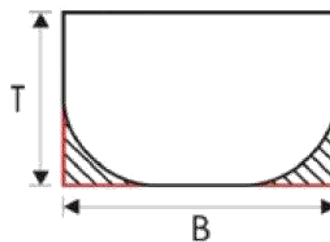
Di mana,

F_n = Froude Number

C_b = Koefisien blok

3. Koefisien *Midship* (C_M)

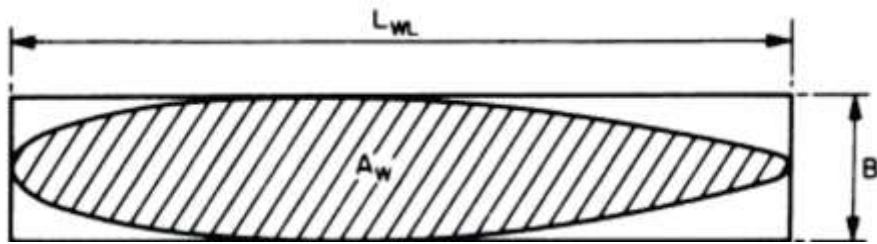
Secara definisi, koefisien *midship* adalah perbandingan antara luas *midship* dengan segi empat yang berukuran $B \times T$. Ilustrasi koefisien *midship* disajikan dalam Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Koefisien *Midship*
(Sumber: <http://www.maritimeworld.web.id/>)

4. Koefisien *Waterplan* (C_{wp})

Secara definisi, koefisien *waterplane* adalah perbandingan antara luas bidang garis air dengan luas segi empat yang berukuran $L \times B$ (Parsons, 2001). Ilustrasi koefisien blok disajikan dalam Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Koefisien *Waterplane*
(Sumber: <http://www.maritimeworld.web.id/>)

5. Koefisien Prismatic

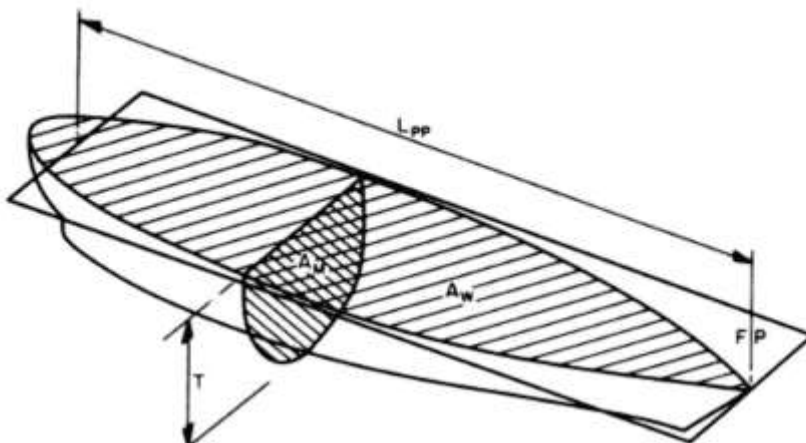
Koefisien prismatic secara teoritis terbagi menjadi 2, yaitu :

a. Koefisien Prismatic Memanjang

Secara definisi, koefisien prismatic memanjang (C_p) adalah perbandingan antara volume badan kapal dibawah permukaan air dengan volume prisma dengan luas penampang *midship* (A_m) dan panjang L_{wl} .

b. Koefisien Prismatic Tegak

Secara definisi koefisien prismatic tegak (C_{pv}) adalah perbandingan antara volume badan kapal di bawah permukaan air dengan volume prisma berpenampang A_{wl} dengan tinggi kapal (T) (Parsons, 2001). Ilustrasi koefisien prismatic ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Koefisien Prismatic
(Sumber: <http://www.maritimeworld.web.id/>)

6. *Longitudinal Center of Bouyancy*

Longitudinal Center of Bouyancy adalah jarak titik tekan bouyancy terhadap penampang tengah kapal untuk tiap-tiap sarat kapal (Parsons, 2001).

7. *Volume displacement*

Volume displacement adalah volume zat cair yang dipindahkan oleh badan kapal yang berada dibawah permukaan cairan (Parsons, 2001).

8. Berat *Displacement*

Displacement adalah berat zat cair yang dipindahkan oleh badan kapal yang berada dibawah permukaan cairan dimana kapal berada atau bisa dikatakan bahwa *displacement* adalah berat kapal (Parsons, 2001).

2.1.5. Perhitungan Hambatan Kapal

Hambatan (*Resistance*) merupakan gaya yang berlawanan dengan arah gerak kapal yang ditimbulkan akibat dorongan fluida yang menyentuh badan kapal. Pada pengerjaan Tugas Akhir ini metode yang digunakan untuk menghitung hambatan ialah metode Holtrop dan Mennen yang dibandingkan dengan hasil perhitungan hambatan menggunakan aplikasi *maxsurf resistance*. dengan persamaan sebagai berikut:

$$R_T = \frac{1}{2} \rho V^2 S_{Tot} [C_F(1+k)+C_A]+R_w/W \times W \quad (2.3)$$

A. Koefisien Hambatan Gesek (C_F)

Fluida memiliki suatu sifat yaitu kekentalan atau viskositas. Dengan adanya viskositas, fluida dapat menimbulkan gesekan apabila dilewati oleh suatu benda. Untuk menentukan nilai koefisien hambatan gaya gesek, dapat menggunakan persamaan,

$$C_F = 0,075 / (\log Re - 2)^2 \quad (2.4)$$

B. Luas Permukaan Basah (S_{Tot})

Luas permukaan basah adalah seluruh luasan badan kapal yang tercelup di dalam air. Selain luasan badan kapal, terdapat luasan tambahan seperti luas *rudder*, *bilge keel*, dll. Luasan permukaan basah dapat mempengaruhi hambatan, semakin besar luasan permukaan basah maka hambatan yang dihasilkan juga akan besar.

C. Koefisien Bentuk ($1+k$)

Koefisien bentuk badan kapal dapat dihitung menggunakan persamaan berikut,

$$(1+k) = (1+k_1) + [(1+k_2) - (1+k_1)] S_{app} / S_{tot} \quad (2.5)$$

Di mana

$(1+k_1)$ = Faktor bentuk badan kapal

$(1+k_2)$ = Faktor *appendages* yang tercelup ke dalam air

D. Coleration Allowance (CA)

Dalam menentukan nilai *coleration allowance* yaitu didapatkan dari perbandingan sarat (T) dan panjang garis air (LWL).

$$C_A = T / LWL \quad (2.6)$$

E. Koefisien Hambatan Gelombang (RW)

Hambatan gelombang adalah gaya yang menghambat gerak kapal. Gaya tersebut diperoleh melalui gelombang air yang memiliki kemampuan untuk menahan gerak kapal. Untuk mendapatkan nilai RW dapat menggunakan persamaan berikut,

$$\frac{R_w}{W} = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot e^{\{m_1 Fn^4 + m_2 \cos(\lambda Fn^{-2})\}} \quad (2.7)$$

F. Gaya Berat (W)

Dengan menggunakan hukum Newton II, maka gaya berat adalah hasil kali dari displacement kapal (ton) dengan percepatan gravitasi (m/s^2).

F. Luas Permukaan Basah (S_{tot})

Luas permukaan basah didefinisikan sebagai seluruh luasan badan kapal yang tercelup ke dalam air. Selain badan kapal terdapat beberapa *appendages* yang ikut tercelup ke dalam air masuk ke dalam luas permukaan basah tersebut salah satu contohnya adalah kemudi.

2.1.6. Propulsi Kapal

Setelah didapatkan harga hambatan total kapal, langkah selanjutnya yaitu menghitung *propulsive efficiency* untuk mendapatkan harga daya mesin induk. Kapasitas mesin induk dapat ditentukan dengan mencari harga *Break Horse Power* (BHP). Berikut adalah langkah-langkah untuk mendapatkan BHP.

1. *Effective Horse Power* (EHP)

EHP merupakan daya yang diperlukan kapal untuk melawan hambatan yang terjadi sehingga kapal mampu bergerak sesuai dengan kecepatan yang ditentukan (Parsons, 2001). EHP dihitung dengan formula di bawah ini.

$$EHP = R_T \times v \text{ (kW)} \quad (2.8)$$

2. *Delivered Horse Power* (DHP)

DHP merupakan daya yang sampai pada propeller. DHP dihitung dengan formula di bawah ini.

$$DHP = \frac{EHP}{\eta_D} \quad (\text{kW}) \quad (2.9)$$

3. Shaft Horse Power (SHP)

SHP merupakan daya yang telah melewati proses transmisi pada *reduction gear*. SHP dipengaruhi oleh letak kamar mesin dikarenakan letak kamar mesin di bagian belakang dan di tengah kapal memiliki *seal efficiency* (η_S) dan *line shaft bearing efficiency* (η_B). (Parsons, 2001)

$$SHP = \frac{DHP}{\eta_S \cdot \eta_B} \quad (\text{kW}) \quad (2.10)$$

4. Break Horse Power (BHP)

BHP merupakan daya yang dibutuhkan oleh mesin induk untuk mencapai kecepatan yang direncanakan (Parsons, 2001). Pada mesin kapal digunakanlah *gearbox* untuk mengurangi kecepatan putaran dianmo (rpm) dari *engine*. Akan tetapi penggunaan *gearbox* akan mengakibatkan *losses*. Persamaan untuk menghitung BHP adalah:

$$BHP = \frac{SHP}{\eta_G} \quad (\text{kW}) \quad (2.11)$$

5. Maximum Continues Rates (MCR)

MCR merupakan daya yang telah ditambahkan akibat *loss* dari hal yang lain. Pertambahan daya dari BHP menuju MCR disebut *service margin* yang nilainya sebesar 10%-20%.

2.1.7. Perhitungan Berat dan Titik Berat Kapal

Harga *displacement* kapal haruslah sama besar dengan berat total kapal. Berat total kapal terdiri dari dua komponen, yaitu *lightweight tonnage* (LWT) dan *dead weight tonnage* (DWT).

1. LWT (*Lightweight Tonnage*)

LWT adalah berat kapal dalam keadaan kosong. Komponen LWT dapat dibagi menjadi tiga, yaitu: berat lambung kapal, berat *outfitting* dan akomodasi, dan berat instalansi permesinan kapal.

2. DWT (*Deadweight Tonnage*)

DWT adalah berat muatan maksimum yang dapat dimuat kapal. DWT terdiri dari *payload* atau muatan bersih, *crew* dan *consumable*. *Payload* pada kapal patroli adalah jumlah *crew* patroli, persenjataan, beserta amunisinya.

3. Titik Berat

Titik berat benda adalah suatu titik pada benda tersebut dimana berat dari seluruh bagian benda terpusat pada titik tersebut. Titik berat adalah salah satu hal yang krusial dalam mendesain kapal, karena akan mempengaruhi stabilitas hingga *trim* kapal. Dalam perhitungan mencari titik berat terdapat dua jenis pendekatan, yaitu pendekatan dengan formula yang didapatkan dari hasil penelitian dan pengujian, serta pendekatan terhadap bentuk-bentuk bidang dan ruang seperti persegi, persegi panjang, segi tiga, lingkaran, trapesium, dan lain-lain.

Perhitungan jarak titik berat kapal 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 atau *midship* 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 (Ginting, 2019).

2.1.8. Perhitungan *Freeboard*

Freeboard atau lambung timbul adalah jarak vertikal yang diukur pada tengah kapal dari sarat air hingga sisi atas garis geladak lambung timbul. Geladak lambung timbul adalah geladak teratas yang menyeluruh dan terbuka secara langsung (*exposed deck*) terhadap cuaca dan air laut dan mempunyai cara penutupan yang tetap dan kedap cuaca untuk bukaan-bukaan di atas geladak dan kedap air untuk bukaan-bukaan dibawah geladak (Kementerian Perhubungan, 2016). Dalam *International Convention on Load Lines*, disebutkan perhitungan *freeboard* melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Tipe Kapal

Tipe A adalah kapal yang :

- Didesain hanya untuk mengangkut kargo curah cair; atau
- Memiliki kekokohan tinggi pada geladak terbuka dengan alasan kenyataan bahwa tangki kargo hanya memiliki lubang akses yang kecil, ditutup dengan penutup baja atau bahan lain dengan paking kedap air; dan
- Memiliki permeabilitas yang rendah pada ruang muat yang terisi penuh. Kapal tipe A: *Tanker*.

Kapal tipe B: kapal yang tidak memenuhi persyaratan pada kapal tipe A.

2. *Freeboard Standard*

Freeboard Standard disajikan menurut Tabel 2.1

Tabel 2.1 Ukuran *Freeboard Standard*

Length of ship (metres)	Freeboard (millimetres)	Length of ship (metres)	Freeboard (millimetres)	Length of ship (metres)	Freeboard (millimetres)
24	200	48	420	72	754
25	208	49	432	73	769
26	217	50	443	74	784
27	225	51	455	75	800
28	233	52	467	76	816
29	242	53	478	77	833
30	250	54	490	78	850
31	258	55	503	79	868
32	267	56	516	80	887
33	275	57	530	81	905
34	283	58	544	82	923
35	292	59	559	83	942
36	300	60	573	84	960
37	308	61	587	85	978
38	316	62	601	86	996
39	325	63	615	87	1015
40	334	64	629	88	1034
41	344	65	644	89	1054
42	354	66	659	90	1075
43	364	67	674	91	1096
44	374	68	689	92	1116
45	385	69	705	93	1135
46	396	70	721	94	1154
47	408	71	738	95	1172

3. Koreksi

Untuk mengetahui standar *freeboard* dan *actual freeboard* kapal yang didesain adalah sebagai berikut:

- Koreksi untuk kapal yang panjang kurang dari 100 m

Untuk kapal dengan panjang $24 < L < 100$ m dan mempunyai *superstructure* tertutup dengan panjang efektif mencapai $35\%L$ (jika $E < 35\%L$, maka tidak ada koreksi) maka:

$$Fb_1 = 7,5 (100 - L)(0,35 - E / L) \quad (2.12)$$

- Koreksi Koefisien Blok (C_b)

Koreksi dilakukan jika $C_b > 0,68$ maka:

$$Fb_2 = Fb \times C_b \quad (2.13)$$

- Koreksi Tinggi Kapal

Koreksi dilakukan jika $D > L / 15$ maka:

$$Fb_3 = (D - L / 15) \quad (2.14)$$

- Pengurangan Bangunan Atas

Jika Panjang efektif bangunan atas (E) = $1,0 L$ maka pengurangan harga *freeboard* pada kapal Panjang 24 m sebesar 350 mm, Panjang kapal 85 m sebesar 860 mm, dan untuk Panjang kapal 122 m pengurangannya sebesar 1070 mm. Jika Panjang efektif bangunan atas kurang dari $1,0 L$, maka pengurangan *freeboard* sebesar presentase yang diperoleh dari Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Tabel Pengurangan Bangunan Atas

	Line	Total Effective Length of Superstructure and Trunks										
		0	0,1L	0,2L	0,3L	0,4L	0,5L	0,6L	0,7L	0,8L	0,9L	1,0L
Ships with forecastle and without detached bridge	I	0	5	10	15	23,5	32	46	63	75,3	87,7	100
Ships with forecastle and without detached bridge	II	0	6,3	12,7	19	27,5	36	46	63	75,3	87,7	100

- Koreksi Sheer

Sheer standard pada tiap posisi kapal diberikan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Tabel *Sheer Standard*

Station	Ordinate (in mm)	Factor
AP	$25 (L/3+10)$	1
1/6 L from AP	$11,1(L/3 +10)$	3
1/3 L from AP	$2,8 (L/3+10)$	3
Midship	0	1
1/3 L from FP	$5,6(L/3+10)$	3

Station	Ordinate (in mm)	Factor
1/6 L from FP	22,2(L/3+10)	3
FP	50(L/3+10)	1

Koreksi sheer harus dikalikan dengan

$$0,75 - S/2L \quad (2.15)$$

- Koreksi Minimum *Bow Height*

- Untuk kapal $L < 250$ m :

$$B_{wm} = 56L \left(1 - \frac{L}{500}\right) \left(\frac{1,36}{C_b + 0,68}\right) \quad (2.16)$$

- Untuk kapal $L > 250$ m :

$$B_{wm} = 7000 \cdot \left(\frac{1,36}{C_b + 0,68}\right) \quad (2.17)$$

L = panjang kapal [m]

C_b = koefisien blok

$C_b \geq 0,68$

- *Reserve Bouyancy*

Semua kapal yang diberi *freeboard* tipe B kecuali kapal *tanker*, *tanker* kimia, dan kapal pengangkut gas harus mempunyai gaya apung cadangan di bagian depan. Dalam daerah $0,15L$ dari FP ke belakang, jumlah proyeksi luasan sarat dengan geladak di sisi tidak boleh kurang dari:

$$R_b = [0,15F_{min} + 4(L/3 + 10)]L/1000 \quad (2.18)$$

Di mana F_{min} merupakan perkalian antara hasil interpolasi *freeboard* dari tabel 2.1 sebelumnya dengan hasil koreksi C_b pada persamaan 2.13 dan ditambahkan dengan hasil dari koreksi *depth* pada persamaan 2.14.

2.1.9. Perhitungan Trim

Trim adalah kemiringan kapal secara memanjang akibat perbedaan sarat depan dan sarat belakang kapal. Terjadi sebagai akibat dari tidak meratanya momen statis dari penyebaran gaya berat. *Trim* dibedakan menjadi dua, yaitu *trim* haluan dan *trim* buritan. *Trim* haluan terjadi apabila sarat haluan lebih tinggi daripada sarat buritan. Begitu juga sebaliknya untuk *trim*

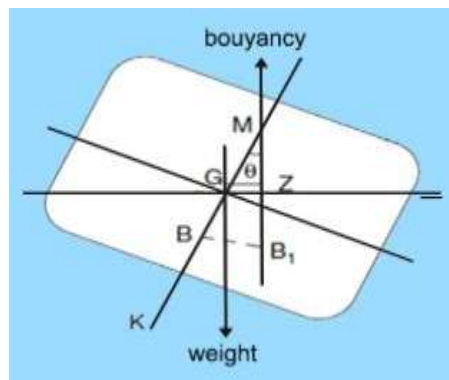
buritan. Batasan trim yang digunakan ditentukan sebesar 0,5% Lwl sesuai peraturan SOLAS 1974.

2.1.10. Perhitungan Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan sebuah kapal untuk kembali ke kedudukan semula setelah mengalami kemiringan oleh gaya-gaya yang ditimbulkan oleh kapal itu sendiri dan gaya-gaya dari luar kapal. Kemampuan tersebut di pengaruhi oleh lengan dinamis (GZ) yang membentuk momen kopel yang menyeimbang gaya tekan ke atas dengan gaya berat. Secara umum, stabilitas kapal dibedakan menjadi 3 kondisi, yaitu: stabil, netral, dan labil.

1. Stabil

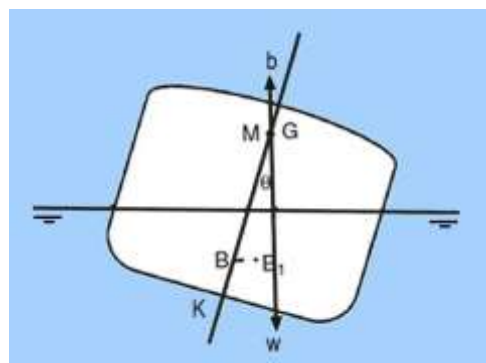
Suatu keadaan dimana titik G-nya berada di bawah titik M, sehingga sebuah kapal yang memiliki stabilitas yang baik sewaktu oleng dan memiliki kemampuan untuk menegak kembali. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Ilustrasi Stabilitas Stabil
(Sumber:<https://www.marineinsight.com>)

2. Netral

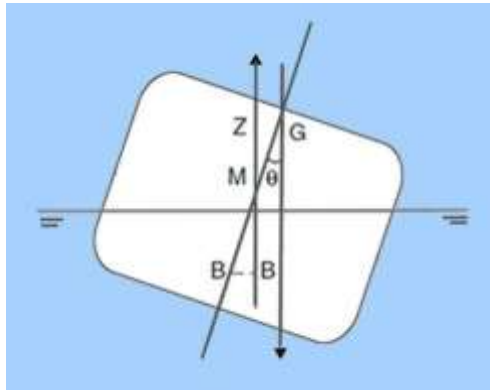
Suatu keadaan stabilitas dimana titik G-nya berhimpit dengan titik M. Maka momen penegak kapal bernilai sama dengan nol, atau bahkan tidak memiliki kemampuan untuk menegak kembali sewaktu oleng. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Ilustrasi Stabilitas Netral
(Sumber:<https://www.marineinsight.com>)

3. Labil

Suatu keadaan stabilitas dimana titik G-nya berada di atas titik M, sehingga lengan GZ bernilai negatif ketika oleng yang mengakibatkan kapal bertambah oleng. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Ilustrasi Stabilitas Negatif
(Sumber: <https://www.marineinsight.com>)

Dalam perhitungan stabilitas pada Tugas Akhir ini, digunakan kriteria untuk kapal perang berdasarkan *Stability for U.S. Naval Surface Ship* oleh Sarchin dan Goldberg. Kriterianya antara lain:

1. Kriteria *beam wind* dan *rolling case* dari kapal ini harus memenuhi. Kriterianya adalah batas *heeling lever* pada sudut *steady heel* 0,6 dari *max righting arm*. Kriteria selanjutnya adalah area antara *righting lever* dan kurva *heeling lever* dengan asumsi kapal telah berguling 25 derajat ke sudut *steady heel* (A) tidak boleh kurang dari 140% area A₂. A₂ adalah energi kinetik ketika kapal berguling kembali.
2. Saat kapal berbelok dengan kecepatan tinggi, sudut *heel* kapal harus lebih kecil dari 10 derajat, area persimpangan GZ / area GZ max harus lebih kecil dari 0,6, dan luas area A₁ / luas area A₂ harus lebih besar dari 0,4.
3. Saat semua penumpang kapal diasumsikan berada di satu sisi kapal, sudut *heel* kapal harus lebih kecil dari 15 derajat, area persimpangan GZ / area GZ max harus lebih kecil dari 0,6, dan luas area A₁ / luas area A₂ harus lebih besar dari 0,6.
4. Saat kapal mengangkat beban di tengah kapal, sudut *heel* kapal harus lebih kecil dari 15 derajat, area persimpangan GZ / area GZ max harus lebih kecil dari 0,6, dan luas area A₁ / luas area A₂ harus lebih besar dari 0,4.
5. Area di bawah kurva GZ sampai $\theta = 30^\circ$ dan $\theta = 40^\circ$ atau antara $\theta = 30^\circ$ dan 40° tidak boleh kurang dari 0,08 m.rad, 0,133 m.rad, dan 0,048 m.rad.
6. Lengan GZ max tidak boleh kurang dari 0,30 m.
7. Lengan GZ maksimum harus terjadi pada sudut tidak kurang dari 30° .

8. GM *fluid* tidak boleh kurang dari 0,30 m.
9. Rentang dari stabilitas tidak boleh lebih kecil dari 70° .

2.2. Tinjauan Pustaka

Adapun tinjauan pustaka yang mengacu pada dasar teori sesuai dengan literatur yang telah ditinjau meliputi.

2.2.1. Kapal Patroli



Gambar 2.9 Kapal Patroli
(Sumber: <https://www.balitribune.co.id/>)

Kapal patroli seperti pada Gambar 2.9 merupakan kapal cepat yang digunakan oleh instansi pemerintah untuk melakukan tugas pengawasan perairan. Kapal patroli biasanya memiliki *crew* sekitar 40-50 orang untuk kapal patroli berukuran 60m dan persenjataan seperti meriam, *gun*, dan radar. Kapal patroli membutuhkan aspek-aspek yang harus diperhatikan untuk melakukan tugas pengawasan antara lain :

- a) Daerah pelayaran yang dilalui oleh kapal patroli antara lain:
 - Laut lepas
 - Pesisir pantai dan teluk
 - Sungai pedalaman
 - Perairan dengan kedalaman 1 meter
- b) Fungsi kapal patroli yaitu kapal milik instansi pemerintah untuk melakukan tugas pengawasan perairan dan melakukan pengejaran kapal yang melanggar aturan di wilayah perairan Indonesia.
- c) Olah gerak, guna mendukung kecepatan dan ketepatan untuk melakukan pengawasan kapal patroli harus memiliki kemampuan olah gerak yang optimal.

d) Kelayakan kapal, aspek yang perlu diperhatikan antara lain :

- Mempunyai daya ketahanan yang baik.
- Mempunyai bahan material pembuatan kapal yang kuat.
- Mempunyai stabilitas yang baik pada semua kondisi.
- Mempunyai peralatan keselamatan, perlengkapan, komunikasi, dan tambat yang memadai.

e) Stabilitas, kapal harus memiliki kemampuan stabilitas yang baik pada saat kondisi muatan penuh, muatan setengah dan tanpa muatan.

Ada berbagai macam kapal patroli di Indonesia. Ada banyak desain untuk kapal patroli. Mereka dapat dioperasikan oleh angkatan laut suatu negara, penjaga pantai, atau kepolisian. Mereka umumnya ditemukan dalam berbagai peran perlindungan perbatasan, termasuk anti-penyelundupan, anti-pembajakan, patroli perikanan, dan penegakan hukum imigrasi. (Huda, 2017)

2.2.2. Pola Operasional Patroli

Secara geografis Republik Indonesia berbatasan dengan beberapa wilayah Negara lain, baik wilayah daratan maupun wilayah lautan. Di sebelah utara, berbatasan dengan Negara Malaysia, Singapura, Filipina, Thailand, Vietnam dan Samudera Pasifik. Sementara itu di Batas barat, berbatasan dengan Samudera Hindia dan Negara India. Sebelah Selatan, masih berbatasan dengan Samudera Hindia dan Timur Leste, dan di bagian timur berbatasan dengan Papua Nugini. Dengan melihat posisi peta geografis ini, Indonesia berbatasan dengan 10 Negara yang dihubungkan dengan laut dan 3 negara yang dihubungkan dengan daratan. Salah satu perbatasan Indonesia dengan negara lain adalah perbatasan Indonesia dengan Vietnam. Perbatasan Indonesia dengan Vietnam adalah perbatasan maritim yang terletak di Laut Cina Selatan di sebelah Utara Kepulauan Natuna, Indonesia. (Pribadi, 2019)

Dalam melaksanakan kegiatan patroli perbatasan, pasukan patroli menggunakan kapal patroli untuk mengitari sekitar wilayah perbatasan tersebut. Kapal berangkat dari Pangkalan Utama TNI AL (Lantamal) terdekat dari daerah perbatasan tersebut. Setelah itu kapal menuju ke daerah perbatasan tersebut untuk melakukan kegiatan pengawasan dan pengamanan terhadap tindakan pelanggaran kedaulatan. Saat kapal selesai mengitari wilayah perbatasan tersebut, kapal kembali ke Lantamal *basecamp* untuk *loading consumable*. Saat melaksanakan kegiatan patroli, jika terdapat tindak pelanggaran maka pelaku pelanggaran tersebut harus ditangkap sebelum pelaku pelanggaran tersebut keluar dari daerah perbatasan Indonesia. (Kusuma, 2019)

2.2.3. Persenjataan

Analisis sistem persenjataan yang akan digunakan, hal ini penting karena fungsi utama dari kapal jenis ini untuk pertahanan dan keamanan. Dalam sistem persenjataan perang, khususnya untuk persenjataan kapal perang, adalah sebagai berikut :

a) *Ship to Ship*

Peralatan senjata yang digunakan untuk melawan ancaman dan serangan yang berada dipermukaan laut. Biasanya persenjataan untuk melakukan serangan pada kapal menggunakan Bofor berukuran 57 mm, 40 mm, atau juga 20 mm. Jenis senjata seperti ini dapat dilihat pada Gambar 2.10. (Huda, 2017)



Gambar 2.10 Bofor
(Sumber: <https://www.militermeter.com/>)

b) Radar dan Sonar

Radio Detection and Ranging (Radar) adalah suatu sistem gelombang elektromagnetik yang berguna untuk mendeteksi, mengukur jarak dan membuat map benda-benda di sekitar kapal. Sedangkan *Sound navigation and ranging* (Sonar) merupakan istilah Amerika yang pertama kali digunakan semasa perang dunia, yang berarti penjarakan dan navigasi suara, adalah sebuah teknik yang menggunakan penjarakan suara dalam air untuk navigasi atau mendeteksi kendaraan air lainnya. Sementara itu, Inggris punya sebutan lain untuk sonar, yakni *Anti-Submarine Detection Investigation Committee* (ASDIC). Kedua alat tersebut digunakan untuk menunjang kinerja operasional kapal perang. Contoh dari radar ditunjukkan pada Gambar 2.11. (Merrill, 1990).



Gambar 2.11 Radar
(Sumber: <https://www.jpost.com/>)

2.2.4. Pembagian Kewenangan Penegakan Hukum di Laut Indonesia

Indonesia merupakan negara yang memiliki wilayah laut yang sangat luas, sekitar 3,25 juta km². Keindahan bahari dan hasil laut yang dimiliki Indonesia tentu memiliki kualitas terbaik. Mulai pulau yang cantik akan isi lautnya seperti terumbu karang dan tumbuhan laut. Hal ini tentu menjadi daya tarik tersendiri bagi negara asing atau orang yang tidak bertanggung jawab yang memungkinkan melakukan tindak kejahatan.

Agar terwujudnya Negara sebagai poros maritim dunia, memungkinkan Indonesia untuk bekerja ekstra keras dalam bentuk pengamanan dan melindungi sumber daya di laut. Dengan kekayaan yang dimiliki serta perlindungan dan kedaulatan bangsa di laut, langkah Indonesia menjadi poros maritim dunia sudah dapat terlihat. Maka dari itu, terdapat lembaga-lembaga yang berwenang melakukan satuan tugas patroli di laut Indonesia. Agar tidak terjadi tumpang tindih kewenangan antara lembaga satu sama lain, maka diatur kewenangan dari masing-masing lembaga tersebut dalam menegakkan hukum di laut Indonesia. Lembaga-lembaga tersebut antara lain, TNI-Angkatan Laut, POLRI-Direktorat Kepolisian Perairan, Kementerian Perhubungan-Dirjen Hubla, KKP, Kementerian Keuangan-Dirjen Bea Cukai, dan Bakamla. Lembaga-lembaga penegak hukum tersebut melaksanakan patroli terkait dengan keamanan dilaut secara sektoral sesuai dengan kewenangan yang dimiliki berdasarkan peraturan perundang-undangan masing-masing.

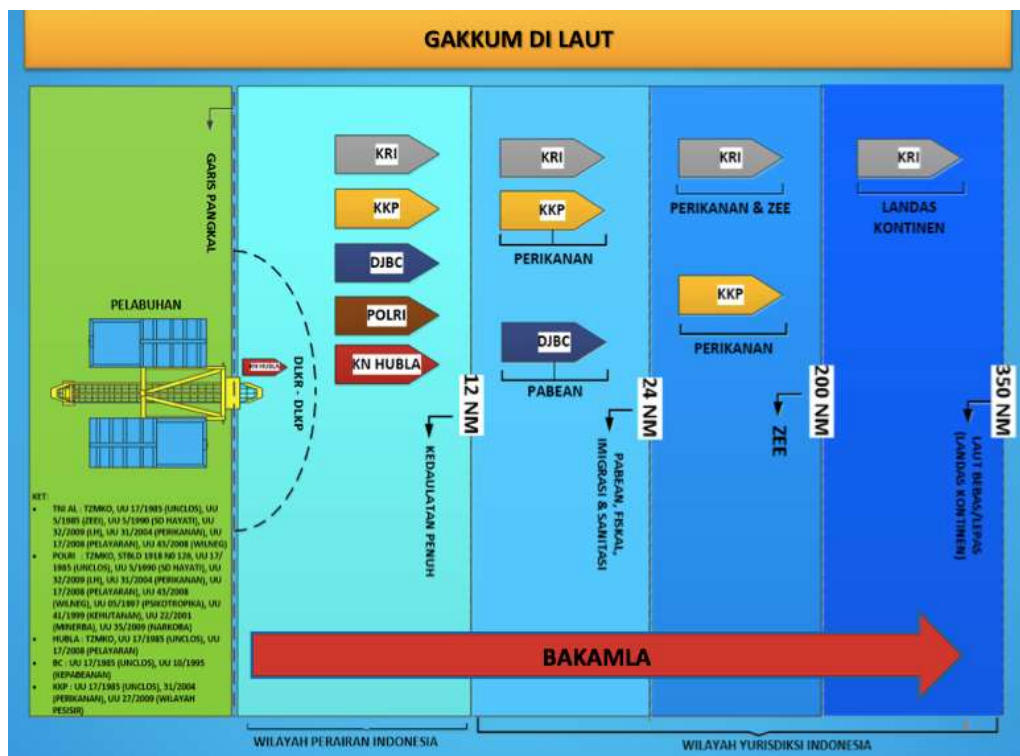
Zona laut teritorial adalah jalur laut yang berjarak 12 mil laut dari garis dasar ke laut lepas. Sebuah negara mempunyai kedaulatan sepenuhnya sampai batas laut teritorial. Lembaga yang memiliki wewenang untuk melakukan satuan tugas patroli pada zona ini adalah TNI-

Angkatan Laut, POLRI-Direktorat Kepolisian Perairan, Kementerian Perhubungan-Dirjen Hubla, KKP, Kementerian Keuangan-Dirjen Bea Cukai, dan Bakamla.

Zona tambahan adalah laut yang terletak tidak lebih dari 24 mil laut dari garis pangkal. Di zona tambahan ini, kekuasaan negara lebih dibatasi dibandingkan pada zona laut teritorial. Hal ini untuk mencegah pelanggaran-pelanggaran terhadap bea cukai, fiskal, imigrasi dan perikanan. Lembaga yang memiliki wewenang untuk melakukan satuan tugas patroli pada zona ini adalah TNI-Angkatan Laut, KKP, Kementerian Keuangan-Dirjen Bea Cukai, dan Bakamla.

Zona Ekonomi Eklusif (ZEE) adalah zona yang luasnya 200 mil dari garis dasar pantai, yang mana dalam zona tersebut sebuah negara pantai mempunyai hak atas kekayaan alam di dalamnya, dan berhak menggunakan kebijakan hukumnya, kebebasan bernavigasi, terbang di atasnya, ataupun melakukan penanaman kabel dan pipa. Lembaga yang memiliki wewenang untuk melakukan satuan tugas patroli pada zona ini adalah TNI-Angkatan Laut, KKP, dan Bakamla.

Laut bebas adalah wilayah perairan laut yang bukan termasuk laut teritorial maupun perairan pedalaman dari suatu negara yang berjarak hingga 350 mil laut dari garis dasar. Lembaga yang berwenang untuk melakukan satuan tugas patroli pada zona ini adalah TNI-Angkatan Laut dan Bakamla (Sinulingga. 2016). Peta pembagian kewenangan penegakan hukum di laut Indonesia dapat dilihat pada Gambar 2.12.

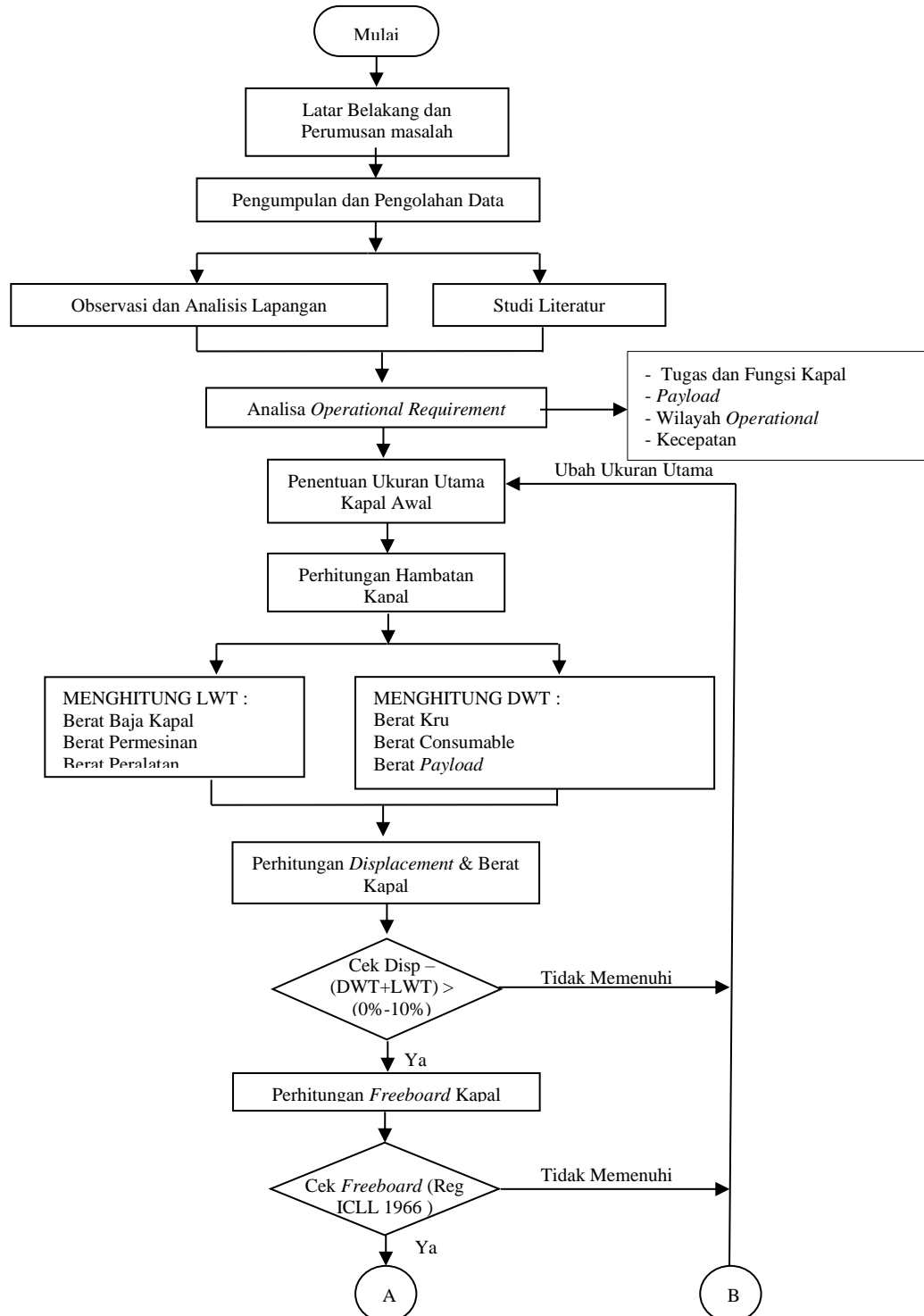


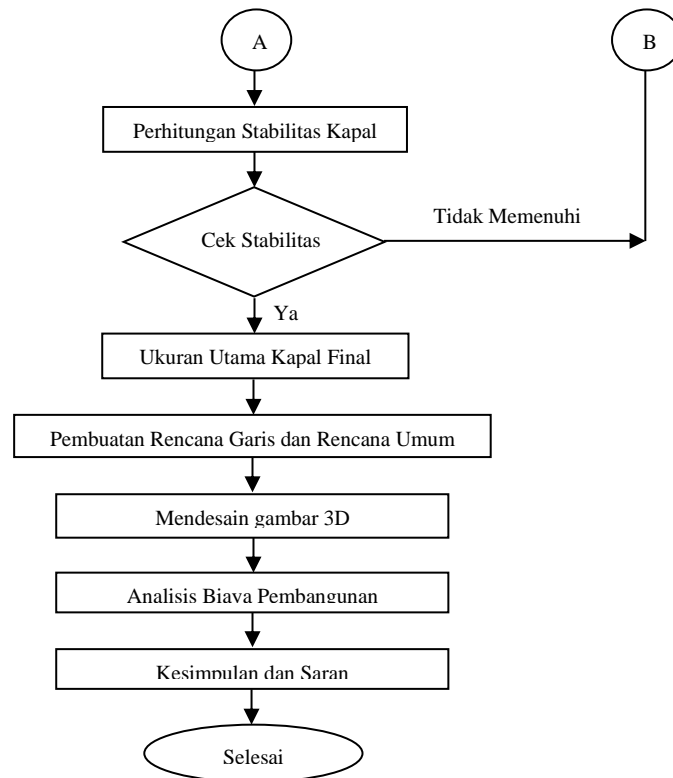
Gambar 2.12 Pembagian Kewenangan Penegakan Hukum di Laut Indonesia

BAB 3 METODOLOGI

3.1. Bagan Alir

Berikut adalah diagram alir pengerjaan Tugas Akhir ditunjukkan pada Gambar 3.1.





Gambar 3.1 Bagan Alir Pengerjaan Tugas Akhir

3.2. Tahap Pengerjaan

Secara garis besar Tugas Akhir ini dibagi menjadi beberapa tahapan sebagai berikut:

3.2.1. Tahap Identifikasi Masalah

Pada tahap awal ini dilakukan identifikasi permasalahan berupa:

1. Kebutuhan akan kapal patroli di wilayah Laut Natuna.
2. Jenis kapal patroli yang dibutuhkan untuk operasional patroli di wilayah Laut Natuna.

3.2.2. Tahap Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan berbagai referensi berupa dasar teori dan tinjauan pustaka terkait dengan pengertian kapal patroli, pembagian kewenangan penegakan hukum di laut Indonesia sistem, pola operasional kapal patroli dan persenjataan yang digunakan pada kapal patroli.

3.2.3. Tahap Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan acuan dalam menentukan ukuran utama kapal, khususnya untuk jumlah *payload* pada ruang muat kapal yang akan didesain. Data yang digunakan dalam Tugas Akhir ini diperoleh langsung dari dengan melakukan wawancara ke KOARMATIM TNI-AL.

3.2.4. Tahap Pengolahan Data

Metode pengumpulan data yang telah didapat, maka langkah selanjutnya adalah pengolahan data tersebut sebagai *input* dalam perhitungan selanjutnya. Pengolahan data tersebut dilakukan untuk mengetahui beberapa hal sebagai berikut.

1. *Operational Requirement*
2. Ukuran Utama Kapal Awal
3. Menghitung Hambatan
4. Menghitung *Light Weight Tonnage* dan *Dead Weight Tonnage*
5. Menghitung *Displacement*
6. Menghitung *Freeboard*
7. Menghitung Trim
8. Menghitung Stabilitas

3.2.5. Tahap Perencanaan

Pada tahapan ini akan dilakukan proses perencanaan (desain) kapal. Perencanaan yang dilakukan terbagi menjadi 3 sebagai berikut.

1. Desain Rencana Garis

Pembuatan rencana garis dilakukan dengan bantuan *software*. Setelah proses desain rencana garis selesai, proses berikutnya adalah menyempurnakan atau menyelesaikan desain rencana garis.

2. Desain Rencana Umum

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

3. Pemodelan 3D

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

3.2.6. Tahap Perhitungan Biaya

Perhitungan Biaya Pembangunan Kapal ini dimaksudkan untuk mengetahui estimasi biaya pembangunan kapal. Perhitungan estimasi biaya dilakukan dengan cara menghitung biaya material kapal, permesinan, komponen *outfitting* berdasarkan harga di pasaran, dan koreksi ekonomi.

3.2.7. 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. Saran dibuat untuk menyempurnakan terhadap beberapa hal yang belum tercakup di dalam proses desain ini.

BAB 4

ANALISIS TEKNIS

4.1. Umum

Analisis teknis yang dilakukan pada bab ini mencakup beberapa aspek di antaranya sebagai berikut:

1. Penentuan *operational requirement* yang terdiri dari pemilihan jenis kapal, penentuan *payload*, dan penentuan kecepatan.
2. Perhitungan dan pemeriksaan kriteria koreksi berat kapal dan *displacement, freeboard* yang mengacu pada *International Convention on Load Lines 1966 (ICLL 1966)*.
3. Pemeriksaan kondisi keseimbangan kapal dengan *loadcase* yang sudah ditentukan, meliputi kriteria stabilitas berdasarkan *Stability for U.S. Naval Surface Ship* oleh Sarchin dan Goldberg.

4.1.1. Penentuan Operational Requirement

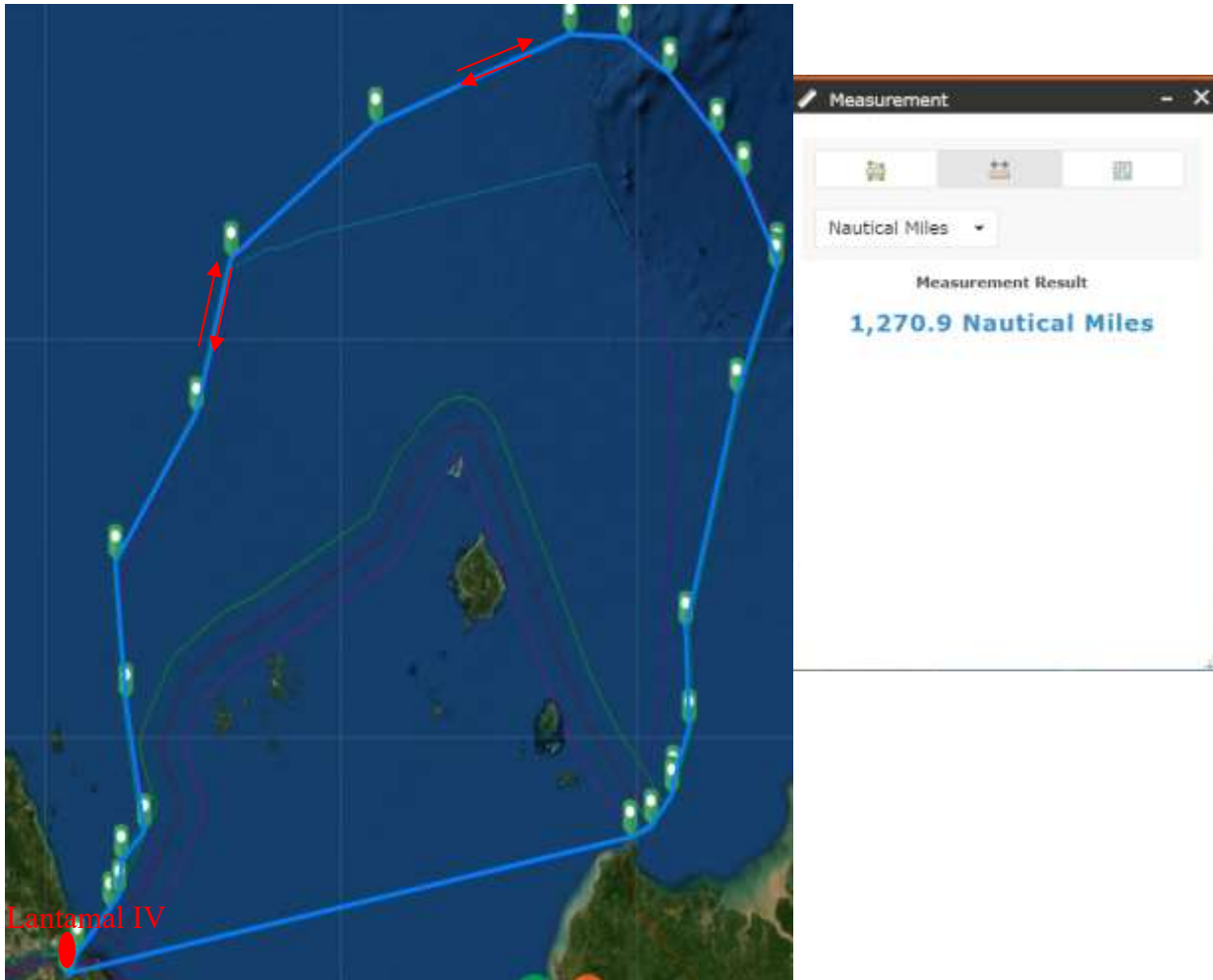
Operational requirement pada Tugas Akhir ini meliputi tugas dan fungsi kapal, analisa pemilihan metode penanggulangan tumpahan minyak penentuan *payload*, wilayah operasional kapal, dan kecepatan.

4.1.2. Rute Operasi

Rute operasi dari kapal patroli yang akan dirancang diambil dekat dengan perbatasan ZEE antara Indonesia dengan Malaysia dan Vietnam. Alasan penentuan rute operasi kapal patroli di dekat perbatasan ZEE dikarenakan:

- Lebih mudah melakukan penangkapan kapal asing yang melanggar perbatasan ZEE jika kapal patroli beroperasi di perbatasan ZEE.
- Sebagai *warning* agar kapal asing tidak mencoba memasuki daerah laut Indonesia.
- Keamanan kedaulatan NKRI merupakan hal yang utama, efisiensi bukan hal utama dari kapal patroli.

Diasumsikan pada penentuan rute operasi ini kapal patroli melakukan pengejaran dengan kecepatan penuh sebanyak empat kali masing-masing sejauh 80 km pada satu kali *round trip* yang ditunjukkan pada panah merah di Gambar 4.1. Sehingga didapatkan jarak operasi sejauh 1443,69 Nautical Miles.

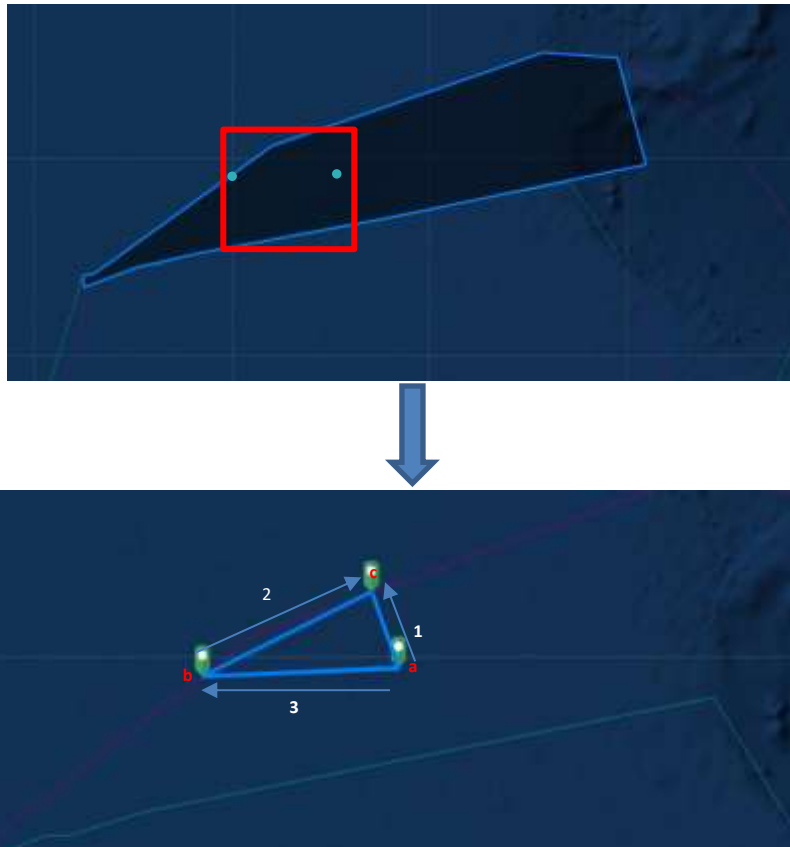


Gambar 4.1 Rute Operasi

4.1.3. Penentuan Kecepatan Kapal

Untuk penentuan kecepatan kapal yang akan didesain, dilakukan analisa penangkapan kapal ikan yang melanggar perbatasan ZEE Indonesia. Diasumsikan kapal tersebut berada di tengah daerah yang paling sering terjadi konflik (titik a), yaitu daerah perbatasan ZEE Indonesia dengan Vietnam. Dengan asumsi kapal patroli menggunakan radar yang dapat mendeteksi kapal lain dengan jarak sampai 80 km, diambil titik sejauh 80 km ke perbatasan ZEE dari titik awal (titik b). Lalu dari titik a ditarik garis ke garis batas ZEE terdekat (titik c) dari titik a tersebut, demikian juga dengan titik b ditarik garis ke titik c. Titik-titik tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.2. Sehingga didapatkan:

1. Jarak asumsi kapal ikan ke batas ZEE = 31 km
2. Jarak kapal patroli ke kapal ikan = 80 km
3. Jarak kapal patroli ke perbatasan ZEE = 86 km



Gambar 4.2 Asumsi Titik Kapal Patroli dan Kapal Ikan

Selanjutnya, diambil kecepatan kapal ikan sebesar 10 knot sehingga waktu yang dibutuhkan kapal ikan untuk keluar ke perbatasan ZEE adalah 1,67 jam. Sehingga dibutuhkan kecepatan kapal patroli yang mampu menangkap kapal ikan tersebut sebelum keluar dari perbatasan ZEE. Didapatkan kecepatan kapal patroli minimum untuk menangkap kapal ikan tersebut sebesar 27,8 knot. Sehingga kecepatan yang ditentukan untuk kapal patroli yang akan didesain sebesar 30 knot setelah pertimbangan margin ombak dan cuaca di laut Natuna.

4.1.4. Penentuan *Payload*

Dari hasil survey yang dilakukan di KOARMATIM TNI AL, dianalisa *payload* yang ditetapkan untuk kapal patroli yang akan didesain. Pada kapal patroli yang akan didesain, dibutuhkan persenjataan Bofor 57mm, 40mm, dan 20mm beserta amunisinya untuk keperluan penjagaan kedaulatan wilayah negara dari kapal asing. Diperlukan juga radar dan sonar untuk keperluan navigasi, dan *crew* untuk melaksanakan kegiatan patroli. Perencanaan *payload* untuk kapal patroli yang akan didesain seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 *Payload*

Perhitungan Payload		
Komponen	Berat	
Bofor 57mm	14	ton

Komponen	Berat	
	Bofor 40mm	5,15
Bofor 20mm	0,15	ton
Radar Navigasi	1,3	ton
Sonar	10	ton
Crew Patroli	0,9	ton
Amunisi 40mm 1200 butir	3	ton
Amunisi 20mm 2000 butir	0,482	ton
Amunisi 57mm 612 butir	3,7332	ton
Payload =	38,7152	ton

4.2. Penentuan Ukuran Utama Awal

Metode penentuan ukuran utama kapal menggunakan *Geosim Procedure*. Penentuan ukuran utama dilakukan berdasarkan koefisien perbandingan geometris ukuran utama (K). Formula untuk mencari nilai K adalah sebagai berikut.

$$(L_2/L_1)^3 = W_2/W_1 \quad (4.19)$$

Hasil dari W_2/W_1 yang kemudian disebut K.

Desain kapal ini disesuaikan dengan komponen LWT dan DWT dari *operational requirement* yang telah dijelaskan di atas. Berikut adalah spesifikasi kapal yang dijadikan acuan untuk menentukan ukuran utama kapal.

Lpp	= 58,1 m
B	= 7,62 m
H	= 4,75 m
T	= 2,73 m
DWT	= 160,5 ton

Dari informasi di atas, didapatkan data ukuran utama kapal dan koefisien yang dibutuhkan dalam perhitungan *Geosim Procedure*. Data tersebut disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data Ukuran Utama Kapal Pembanding

Lpp=	58,10	m
B=	7,62	m
T=	2,73	m
H=	4,75	m
W₁=	160,5	ton

Sedangkan W_2 didapatkan dengan cara menguraikan berat komponen tambahan yang akan didesain.

Sehingga didapatkan W_2 sebesar 151,4 ton

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

$$(L_2/L_1)^3 = 151,4/160,5$$

$$(L_2/L_1)^3 = 0,98058 \quad (\text{Nilai } K).$$

Ukuran utama kapal didapatkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} L &= L \times K \\ &= 58,1 \text{ m} \times 0,98058 \\ &= 57,00 \text{ m} \end{aligned}$$

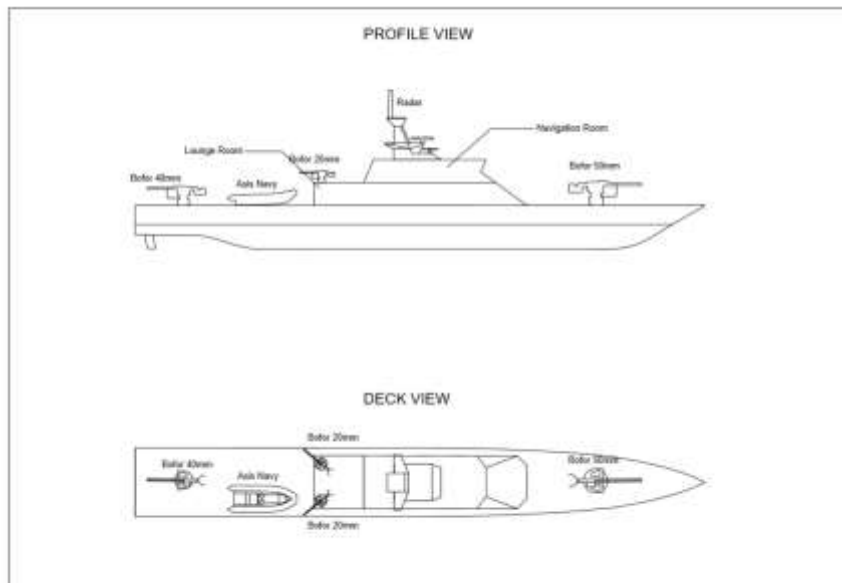
$$\begin{aligned} B &= B \times K \\ &= 7,62 \text{ m} \times 0,98058 \\ &= 7,47 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T &= T \times K \\ &= 2,73 \text{ m} \times 0,98058 \\ &= 2,7 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H &= H \times K \\ &= 4,75 \text{ m} \times 0,98058 \\ &= 4,7 \text{ m} \end{aligned}$$

4.3. Penentuan Ukuran Utama Akhir

Setelah didapatkan ukuran utama awal kapal dengan menggunakan metode *Geosim Procedure*, dilakukan perubahan nilai sarat dari yang semulanya bernilai 2,7 m menjadi 1,87 m. Hal ini dilakukan untuk mengurangi nilai displasemen dari kapal yang akan didesain. Dari nilai displasemen tersebut juga berpengaruh ke nilai hambatan dari kapal yang akan dirancang sehingga kebutuhan mesinnya akan lebih murah dibanding dengan sebelumnya. Dengan harga mesin yang digunakan lebih murah, maka otomatis harga pembangunan dari kapal patroli yang akan didesain ini akan lebih murah. Pengurangan nilai sarat juga dilakukan agar perhitungan *minimum bow height* dari kapal yang akan didesain memenuhi persyaratan. Berdasarkan perhitungan ukuran utama akhir kapal dan penentuan *payload* di atas dilakukan perancangan *layout* awal kapal. Berikut *layout* awal dari kapal yang akan didesain ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 *Layout Awal*

4.4. Pemeriksaan Ukuran Utama Kapal

Setelah mendapatkan ukuran utama kapal, desainer melakukan pemeriksaan ukuran utama kapal. Rasio ukuran kapal yang didapatkan untuk kapal ini ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Pemeriksaan Ukuran Utama Kapal

$L / B =$	7,631	\rightarrow	$3,9 \leq L/B \leq 15$	OK
$B / T =$	3,995	\rightarrow	$2,1 \leq B/T \leq 4$	OK
$C_p =$	0,738	\rightarrow	$0,55 \leq C_p \leq 0,85$	OK

4.5. Perhitungan Koefisien dan Hambatan Kapal

Setelah didapatkan ukuran utama kapal serta desain lines plan, langkah selanjutnya yang dilakukan adalah melakukan perhitungan awal. Perhitungan awal meliputi perhitungan *froude number*, penentuan koefisien bentuk badan kapal (C_b , C_m , C_p , dan C_{wp}), serta penentuan *displacement* dan *volume displacement*. Perhitungan awal ini dilakukan sebagai langkah awal dalam perhitungan teknis, salah satunya untuk menghitung nilai hambatan dan propulsi kapal.

4.5.1. Perhitungan *Froude Number*

Froude Number merupakan perbandingan antara kecepatan kapal dengan panjang kapal. *Froude Number* dapat dihitung dengan persamaan 2.1.

$$F_n = \frac{15,4332}{\sqrt{9,81 \times 59}}$$

$$= 0,641$$

4.5.2. Perhitungan Koefisien Bentuk Kapal

Koefisien bentuk badan kapal ditentukan setelah proses penentuan ukuran utama awal. Koefisien yang ditentukan meliputi koefisien blok (C_B) yang dihitung menggunakan persamaan 2.2. Sedangkan untuk koefisien prismatic (C_P), koefisien *midship* (C_M), dan koefisien *waterplan* (C_{WP}) didapatkan dengan memodelkan kapal menggunakan *software maxsurf modeler advance* sehingga didapatkan nilai-nilai koefisien tersebut pada tabel hidrostatik. Pada sub bab ini juga dihitung nilai LCB, *displacement*, dan *volume displacement* dengan menggunakan *software maxsurf modeler advance* untuk mengetahui karakteristik kapal. Hasil dari koefisien bentuk badan kapal, LCB, dan *displacement* pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Koefisien, LCB, dan *Displacement*

Koefisien Bentuk Badan Kapal, LCB, dan Displacement			
Nama		Nilai	Keterangan
Koefisien Blok	C_B	0,515	
Koefisien Prismatic	C_P	0,738	
Koefisien <i>Midship</i>	C_M	0,700	
Koefisien <i>Waterplan</i>	C_{WP}	0,807	
<i>Longitudinal Center of Bouyancy</i>	LCB	27,351	m dari AP
<i>Volume Displacement</i>		396,443	m ³
<i>Displacement</i>		406,400	Ton

4.5.3. Perhitungan Hambatan Kapal

Metode yang digunakan dalam perhitungan hambatan kapal patroli adalah metode Holtrop, lalu dibandingkan dengan perhitungan menggunakan bantuan aplikasi *Maxsurf Resistance*. Pada metode Holtrop nilai dari hambatan total kapal terdiri dari hambatan kekentalan (*viscous resistance*), hambatan bentuk (*resistance of appendages*), dan hambatan gelombang (*wave making resistance*). Dengan menggunakan metode Holtrop tersebut maka diperoleh hasil sebagai berikut.

1. Hambatan kekentalan (*viscous resistance*)

Nilai untuk hambatan kekentalan yang digunakan pada perhitungan hambatan total Holtrop bergantung terhadap nilai dari C_F . Berdasarkan persamaan 2.4 maka didapatkan nilai C_F adalah 0,00158.

2. Hambatan bentuk (*resistance of appendages*)

Hambatan bentuk dalam proses perhitungan hambatan Holtrop direpresentasikan sebagai nilai *form factor* $(1 + k)$. Berdasarkan persamaan 2.5 didapatkan nilai $(1+k)$ adalah 3,5435.

3. Hambatan gelombang (*wave making resistance*)

Nilai dari hambatan gelombang R_w berdasarkan persamaan 2.7 adalah 0,00091145676.

4. Hambatan total

Setelah mendapatkan seluruh nilai yang menjadi faktor dalam perhitungan hambatan total Holtrop maka nilai dari hambatan total dapat dihitung. Nilai hambatan total pada kapal patroli adalah 371888 N atau 371,888 kN.

Sedangkan untuk perhitungan menggunakan bantuan *maxsurf resistance*, nilai hambatan total yang didapatkan untuk kapal patrol yang akan didesain adalah sebesar 355,9 kN. Digunakan nilai hambatan total dari *maxsurf* dikarenakan margin antara hasil dari perhitungan menggunakan metode Holtrop dengan metode *maxsurf* hanya 4,49%.

4.6. Perhitungan Propulsi dan Pemilihan Mesin

Setelah mendapatkan nilai hambatan total kapal dari *maxsurf*, maka dapat dilakukan perhitungan kebutuhan daya penggerak kapal. Besarnya kebutuhan daya penggerak kapal harus mampu untuk melawan besarnya hambatan sesuai dengan kecepatan yang diharapkan. Didalam perhitungan kebutuhan daya penggerak kapal, terdapat beberapa komponen seperti EHP, DHP, SHP, dan BHP.

4.6.1. Perhitungan Daya Main Engine

1. *Effective Horse Power* (EHP)

Effective horse power adalah daya yang dibutuhkan untuk mendorong kapal yang mempunyai tahanan total. Perhitungan EHP diperoleh dengan persamaan 2.8 dan hasilnya disajikan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Rekapitulasi Perhitungan EHP

Komponen	Nilai	Satuan	Keterangan
R_T	355,90	kN	Dari <i>maxsurf resistance</i>
V_s	15,4332	m/s	-
EHP	5492,24	kW	-
	7362,26	HP	

2. *Delivery Horse Power* (DHP)

Delivery horse power adalah daya yang diberikan kepada baling-baling pada kecepatan dinas yang besarnya telah dikurangi oleh kerugian pada hambatan daya yang dialirkan dari poros ke baling-baling. DHP diperoleh dengan dari persamaan 2.9.

Nilai η_D bernilai 0,98. Sehingga didapatkan nilai DHP yaitu 5604,33 kW.

3. *Shaft Horse Power* (SHP)

Shaft horse power adalah daya yang diberikan kepada baling-baling melalui porosnya pada kecepatan pelayaran yang besarnya telah dikurangi oleh kerugian pada *shafting arrangement* (*bearing* dan *stern tube*). SHP diperoleh dari persamaan 2.10.

Nilai $\eta_S \eta_B$ bernilai 0,98. Sehingga didapatkan nilai SHP yaitu 5718,71 kW.

4. *Break Horse Power* (BHP)

Break horse power adalah daya yang diberikan kepada baling-baling melalui porosnya pada kecepatan dinas yang besarnya telah dikurangi oleh kerugian pada efisiensi transmisi. BHP diperoleh dari persamaan 2.11.

Nilai η_G adalah 0,98. Sehingga didapatkan nilai BHP yaitu 5835,418 kW.

5. *Break Horse Power Maximum Continuous Rating* (BHP_{MCR})

Setelah mendapatkan besar daya penggerak kapal yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal sesuai dengan kecepatannya, maka tahap terakhir adalah menghitung kebutuhan BHP *maximum continuous rating*. BHP_{MCR} adalah kebutuhan daya mesin penggerak utama kapal (BHP) yang telah diberikan penambahan dari *voyage margin*, *power design margin*, dan *power service margin*. Besar *engine margin* adalah sebesar 15%. Sehingga dari kalkulasi didapatkan nilai BHP_{MCR} sebesar 6865,198 KW atau 9202,678 HP. Karena kapal menggunakan 2 *propeller* (*twin screw*), maka *power* dibagi 2. Sehingga BHP_{MCR} tiap *engine* adalah 3432,6 KW atau 4601,34 HP.

Dalam pemilihan *main engine*, daya mesin yang dipilih yang terdapat pada katalog harus lebih besar dari nilai MCR yang telah dihitung. Mesin induk yang direncanakan berjumlah dua. Alasan pada desain kapal kali ini menggunakan dua mesin dikarenakan jika menggunakan satu mesin, dimensi dari mesin yang digunakan akan terlalu besar dan tidak akan cukup jika ditempatkan di *engine room* kapal. Spesifikasi dari *main engine* yang dipilih dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Spesifikasi *Main Engine*

<u>Spesifikasi Main Engine</u>		
<i>Brand</i> =	MTU	
<i>Type</i> =	20V 4000 M73L	
<i>Output Power</i> =	3600	kW
<i>n</i> =	2100	rpm
<i>Length</i> =	5535	mm
<i>Height</i> =	2610	mm
<i>Width</i> =	1465	mm
<i>Weight</i> =	14785	kg
=	14,785	ton

4.6.2. Perhitungan Daya *Auxiliary Engine*

Auxiliary Engine digunakan untuk menyuplai kebutuhan listrik di kapal. Dengan adanya *auxiliary engine (generator)* ini akan menyediakan listrik dalam bentuk arus AC. Perhitungan kebutuhan listrik, dilakukan dengan cara menghitung kebutuhan komponen listrik yang digunakan di atas kapal. Berikut pada Tabel 4.7 merupakan komponen listrik yang digunakan pada kapal patroli yang akan didesain.

Tabel 4.7 Komponen Kelistrikan Kapal

Komponen	Daya (watt)	Jumlah	watt	kWh
<i>TV</i>	80	35	2800	2,8
<i>AC</i>	690	25	17250	17,25
<i>Refrigrator</i>	165	2	330	0,33
<i>Lampu 20W</i>	20	185	3700	3,7
<i>Microwave</i>	900	2	1800	1,8
<i>Dispenser</i>	350	3	1050	1,05
<i>F.W. Pump</i>	45000	1	45000	45
<i>Bofor</i>	10000	4	40000	40
<i>Fuel Oil Pump</i>	5500	1	5500	5,5
<i>Sewage Pump</i>	20000	1	20000	20

Sehingga kebutuhan daya generator adalah 137,43 KW.

Dalam pemilihan *auxiliary engine (generator)*, daya mesin yang terdapat pada katalog *generator* yang dipilih harus lebih besar dari nilai daya yang telah dihitung. *Auxiliary Engine* yang dipilih dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Spesifikasi *Auxiliary Engine*

Spesifikasi <i>Auxiliary Engine</i>		
<i>Brand</i> =	Deutz	
<i>Type</i> =	BF6M1015	
<i>n</i> =	1800	rpm
<i>Maximum power</i> =	200	kW
<i>Length</i> =	3600	mm
<i>Height</i> =	1900	mm
<i>Width</i> =	1200	mm
<i>Weight</i> =	2700	kg
=	2,7	ton

Dalam proses desain kapal patroli ini, terdapat *emergency genset* untuk mengantisipasi jika *generator* utama mengalami kerusakan dan harus *direpair*. Dalam menentukan kapasitas *emergency genset* yang digunakan pada kapal yang akan didesain ini, diasumsikan *emergency genset* yang digunakan dapat mensuplai kebutuhan penerangan dan AC. Daya *emergency genset* yang terdapat pada katalog harus lebih besar dari nilai daya yang dihitung. Spesifikasi *Emergency Genset* dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Spesifikasi *Emergency Genset*

Spesifikasi <i>Emergency Genset</i>		
<i>Brand</i> =	Weichai	
<i>Type</i> =	K4102D3-1	
<i>n</i> =	1500	rpm
<i>Maximum power</i> =	30	kW
<i>Length</i> =	1600	mm
<i>Height</i> =	1100	mm
<i>Width</i> =	600	mm
<i>Weight</i> =	700	kg
=	0,7	ton

4.7. Perhitungan Berat dan Titik Berat Kapal

Berat kapal dibedakan menjadi dua yaitu *Dead Weight Tonnage (DWT)* dan *Light Weight Tonnage (LWT)*. Jumlah total dari berat DWT dan LWT tidak boleh melebihi *margin* dari *displacement*, dimana *margin* dari *displacement* adalah 0-10 %.

4.7.1. Perhitungan Berat dan Titik Berat DWT

Perhitungan DWT meliputi *main engine fuel oil, generator fuel oil, freshwater, crew,* dan penumpang. Berikut merupakan hasil dari perhitungan DWT kapal patroli.

1. *Payload*

Pada desain kapal ini, dapat menampung 12 *crew patroli* dengan asumsi berat tiap orang adalah 75 kg. Dari berat ini, kemudian dihitung titik beratnya secara vertikal (VCG) dan secara memanjang (LCG). Hasil rekapitulasi berat dan titik berat dapat dilihat pada Tabel 4.10.

2. *Crew*

Jumlah *crew* pada kapal ini adalah 40 orang. Asumsi berat tiap *crew* adalah 75 kg yang kemudian ditentukan titik berat VCG dan LCG sesuai dengan perencanaan. Hasil rekapitulasi berat dan titik berat dapat dilihat pada Tabel 4.10.

3. *Consumable*

Komponen *consumable* meliputi *main engine fuel oil, generator fuel oil,* dan *fresh water*. Untuk kebutuhan *main engine fuel oil* dan *generator fuel oil* dihitung berdasarkan total lama pelayaran dan tingkat konsumsi *main engine* dan *generator*. Sedangkan kebutuhan *fresh water* berdasarkan koefisien pendekatan dari *Ship Design and Construction Ch.11* (Thomas Lamb, 2003)

$$W_{FW} = 0,17 \text{ t}/(\text{person} \times \text{day}) \quad (4.20)$$

Setelah didapatkan berat tiap komponen, kemudian dihitung VCG dan LCG sesuai perencanaan. Hasil rekapitulasi berat dan titik berat dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Rekapitulasi Perhitungan DWT

Total Berat DWT					
No	Komponen DWT	Nilai	Unit	VCG (m)	LCG (m)
1	Berat <i>Payload</i>	38,715	ton	6,223	47,871
2	Berat <i>Crew and consumable</i>	191,508	ton	1,49	26,74
Total		230,073	ton	2,318	30,44

4.7.2. Perhitungan Berat dan Titik Berat LWT

LWT adalah merupakan berat dari muatan kapal kosong. Secara garis besar komponen dari LWT meliputi berat material badan kapal, berat peralatan, dan berat mesin penggerak serta instalasinya. Berikut merupakan hasil dari perhitungan LWT kapal patroli.

1. Material Badan Kapal

Perhitungan berat dan titik berat material badan kapal menggunakan bantuan *software Maxsurf*. Informasi yang didapat dari *software* berupa luasan dan titik berat luasan. Sehingga berat kapal didapatkan dengan cara luasan total kapal dikalikan massa jenis baja dan tebal material. Untuk hasil rekapitulasi berat dan titik berat dapat dilihat pada Tabel 4.11.

2. *Equipment and Outfitting*

Berat *equipment and outfitting* didapatkan dari katalog tiap-tiap komponen. Kemudian dari komponen berat ini, dihitung titik berat VCG dan LCG sesuai perencanaan umum kapal. Untuk hasil rekapitulasi berat dan titik berat dapat dilihat pada Tabel 4.11.

3. Permesinan

Komponen permesinan meliputi *main engine, generator, shaft, rudder, dan propeller*. Berat permesinan didapatkan dari katalog tiap-tiap komponen. Kemudian dari komponen berat ini, dihitung titik berat VCG dan LCG sesuai perencanaan umum kapal. Hasil rekapitulasi berat dan titik berat dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Rekapitulasi Perhitungan LWT

Total Berat LWT					
No	Komponen Berat Kapal Bagian LWT	Nilai	Unit	VCG (m)	LCG (m)
1	Berat Material Badan Kapal	122,177	ton	4,032	35,833
2	Berat <i>Equipment and Outfitting</i>	9,053	ton	4,128	30,083
3	Berat Permesinan	35,535	ton	3,06	13,612
Total		166,765	ton	3,829	30,785

4.7.3. Pengecekan Margin

Pengecekan margin kapal dilakukan dimaksudkan berat komponen kapal yang meliputi DWT dan LWT mendekati *displacement* kapal, agar sarat desain sama dengan sarat sesungguhnya. Pengecekan margin ditunjukkan pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Pengecekan Margin

No	Komponen Berat Kapal	Nilai	Unit
1	<i>Displacement</i> (Pemodelan Maxsurf)	406,400	ton
2	DWT	230,073	ton
3	LWT	166,765	ton
4	DWT + LWT	396,839	ton

Komponen Berat Kapal	Nilai	Unit
Selisih	9,561	ton
	2,41%	(0-10%)

4.8. Perhitungan *Freeboard*

Pada kapal terdapat lambung timbul atau *freeboard* yang merupakan daya apung cadangan kapal. Adanya lambung timbul pada kapal berdampak terhadap keselamatan kapal, kru, dan muatan. Perhitungan lambung timbul dilakukan berdasarkan aturan dan standar pada *International Convention on Load Lines 1966 and Protocol of 1988*. Hasil perhitungan lambung timbul yang telah dilakukan mendapatkan nilai 2830 mm. Rincian perhitungan lambung timbul adalah sebagai berikut.

- *Freeboard Standard*

Tabel 4.13 *Freeboard Standard*

<i>Length of Ship (metres)</i>	<i>Freeboard (milimeters)</i>
57	530

Berdasarkan panjang kapal patroli 57 m, tinggi lambung timbul minimal langsung didapatkan berdasarkan aturan yang terdapat pada regulasi ICLL 1966 yaitu senilai 530 mm. Tinggi lambung timbul minimum dapat dilihat pada Tabel 4.13.

- Koreksi Panjang

Berdasarkan regulasi ICLL untuk setiap kapal dengan panjang kurang dari 100 m dan memiliki $L_{superstructure} > 35\%L$ perlu dilakukan koreksi panjang. Dikarenakan pada kapal yang didesain tidak memiliki *superstructure*, maka tidak dilakukan koreksi.

- Koreksi C_B

Selain koreksi panjang, terdapat koreksi koefisien blok (C_B) untuk nilai C_B kurang dari 0,68. Karena pada kapal yang akan didesain memiliki nilai C_B sebesar 0,23, maka tidak perlu dilakukan koreksi C_B .

- Koreksi Tinggi

Koreksi tinggi (D) dilakukan jika nilai $D > L/15$. Koreksi yang dilakukan adalah sebagai berikut.

$$D = 4,7 \quad \text{m}$$

$$L/15 = 3,8 \quad \text{m}$$

$$D > L/15$$

$$\begin{aligned}
FB_3 &= FB_2 + \text{Faktor} \\
\text{Faktor} &= R(D-L/15) \\
R &= L/0,48 \quad (L < 120\text{m}) \\
R &= 118,75 \\
\text{Faktor} &= 118,75(4,7-3,8) \\
FB_3 &= 106,875 \quad \text{mm}
\end{aligned}$$

- Koreksi Pengurangan Bangunan Atas

Karena kapal tidak menggunakan *forecastle*, maka tidak dilakukan koreksi.

- Koreksi *Sheer*

Perhitungan Koreksi *Sheer* menghitung A dan B.

$$B = 0,125L \text{ cm}$$

$$= 7,125 \text{ cm}$$

$$A = 1/6[2,5(L+30)-100(S_f+S_a)(0,75-S/2L)] \text{ cm}$$

$$= 36,25 \text{ cm}$$

Jika $A > 0$, maka koreksi *sheer* = A cm

Jika $A > 0$ dan $A > B$, maka koreksi *sheer* = -B cm

Jika $A < 0$ dan $A < B$, maka koreksi *sheer* = A cm

Dari batasan diatas, maka koreksi *sheer* adalah 71,25 mm

- *Minimum Bow Height*

Koreksi dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.16 dan didapatkan hasil sebesar 2828,11 mm

- Total *Freeboard*

Berdasarkan koreksi yang telah dilakukan maka didapatkan nilai total *freeboard* adalah 708,125 mm.

- Batasan *Freeboard*

Freeboard kapal dinyatakan memenuhi persyaratan apabila *actual freeboard* lebih besar dari *freeboard* perhitungan.

Actual Freeboard

$$H - T = 2830 \quad \text{mm} \quad \textit{Accepted}$$

Freeboard Perhitungan

$$FB = 708,125 \quad \text{mm}$$

- Pengecekan *Bow Height*

Bow Height kapal dinyatakan memenuhi persyaratan apabila *actual bow height* lebih besar dari *minimum bow height* hasil perhitungan.

Actual bow height

$$H - T = 2830 \quad \text{mm} \quad \textit{Accepted}$$

Freeboard Perhitungan

$$B_{wm} = 2828 \quad \text{mm}$$

- *Reserve Bouyancy*

Pada daerah 0,15 L dari FP ke belakang, jumlah proyeksi luasan antara *freeboard* dengan geladak di sisi (A) tidak boleh kurang dari *minimum reserve bouyancy* yang dihitung menggunakan persamaan 2.18.

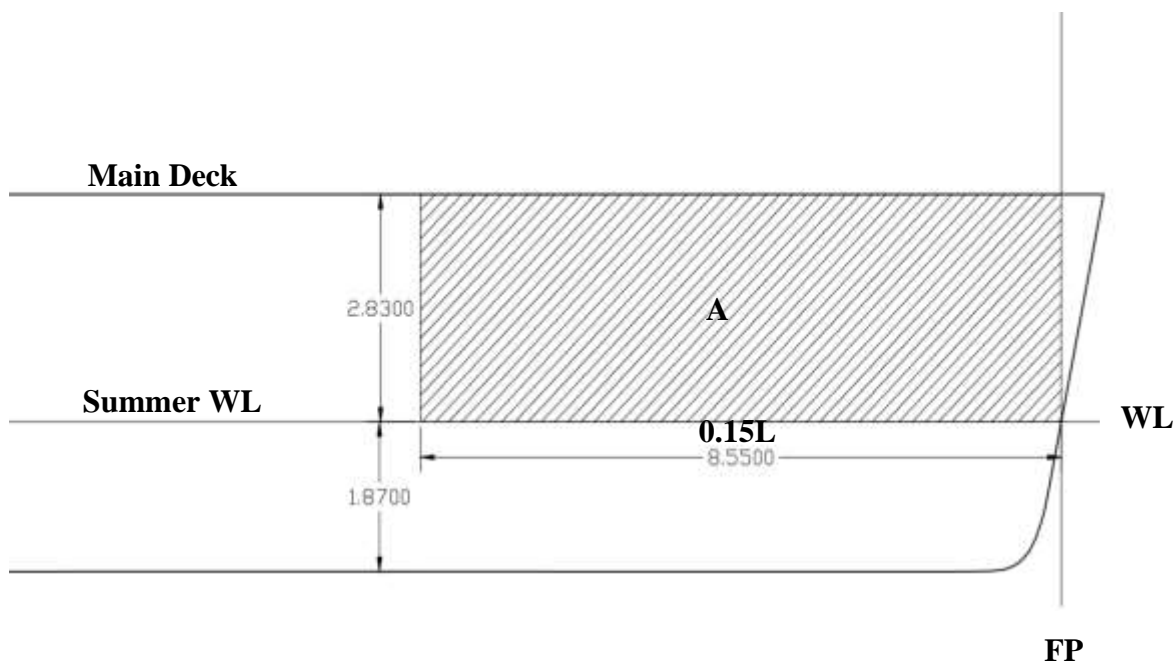
Reserve Bouyancy min

$$R_b = 5,815 \quad \text{m}^2$$

Luasan A

$$A = 24,146 \quad \text{m}^2$$

Berdasarkan perhitungan *reserve bouyancy* yang telah dilakukan diketahui bahwa nilai luasan A lebih besar dibanding dengan nilai *reserve bouyancy minimal*. Gambar luasan A dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Luasan A

4.9. Perhitungan Trim

Batasan *trim* menurut SOLAS 1974 adalah tidak boleh melebihi 0,5% LWL.

Perhitungan dilakukan dengan berbagai kondisi simulasi, yaitu:

1. *Loadcase 1* : Kapal kosong
2. *Loadcase 2* : (*Consumable* 100%, *Payload* (Amunisi 100%))
3. *Loadcase 3* : (*Consumable* 75%, *Payload* (Amunisi 75%))
4. *Loadcase 4* : (*Consumable* 50%, *Payload* (Amunisi 50%))
5. *Loadcase 5* :Kedatangan (*Consumable* 25%, *Payload* (Amunisi 25%))
6. *Loadcase 6* :Keberangkatan (*Consumable* 10%, *Payload* (Amunisi 10%))

Berikut adalah rekapitulasi kondisi *trim* kapal yang dihitung menggunakan *software Maxsurf Stability* seperti yang terlihat pada Tabel 4.14.

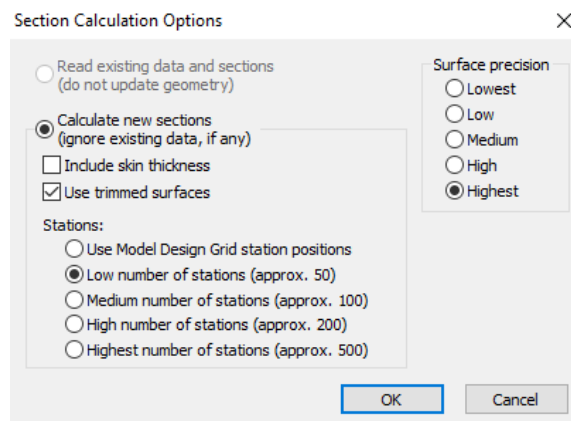
Tabel 4.14 Rekapitulasi Trim

Loadcase	Kondisi	Nilai Trim (m)	Trim	Syarat
1	Kapal Kosong	0,0714	Buritan	<i>Pass</i>
2	Full Payload, Consumable 100%, Amunisi 100%	0,1769	Buritan	<i>Pass</i>
3	Full Payload, Consumable 75%, Amunisi 75%	0,1265	Buritan	<i>Pass</i>
4	Full Payload, Consumable 50%, Amunisi 50%	0,0641	Buritan	<i>Pass</i>
5	Full Payload, Consumable 25%, Amunisi 25%	0,031	Haluan	<i>Pass</i>

Loadcase	Kondisi	Nilai Trim (m)	Trim	Syarat
6	Full Payload, Consumable 10%, Amunisi 10%	0,108	Haluan	<i>Pass</i>

4.10. Perhitungan Stabilitas

Kapal yang akan dibangun harus dapat dibuktikan secara teoritis bahwa kapal tersebut memenuhi *standard* keselamatan pelayaran. Pada pengerjaan Tugas Akhir ini perhitungan stabilitas kapal dilakukan dengan bantuan *Software Maxsurf Stability Analysis* lambung kapal. Kriteria stabilitas yang digunakan dalam perhitungan *Software Maxsurf Stability* adalah *Intact Stability* dari *Stability for U.S. Naval Surface Ship* oleh Sarchin dan Goldberg. Tahapannya yang pertama dimulai dengan membuka *software design modeler* lambung kapal, klik *file – open* atau klik ikon dan buka *file* hasil pemodelan lambung kapal yang telah dilakukan sebelumnya di *software Design Modeler* lambung kapal. Pada kotak dialog *Section Calculation Options* pilih *Calculate new sections (ignore existing data if any)*, karena analisis pada *file* ini belum pernah dilakukan sebelumnya. Pada pilihan *Stations* pilih *low number of stations (approx. 50)* dan pilih *highest* pada jenis *Surface precision* seperti pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Kotak *Dialog Section Calculation*

Setelah *file* model lambung kapal terbuka, maka dilanjutkan dengan memasukkan desain tangki – tangki yang sudah dibuat pada saat perencanaan tangki. Pada tahap ini yang perlu diperhatikan adalah penentuan massa jenis muatan. Pada *Software Stability Analysis* lambung kapal terdapat analisis massa jenis (*density*) muatan yang berdasarkan massa jenis dari tiap – tiap muatan tangki tersebut seperti yang terlihat pada Gambar 4.6.

	Name	Type	Intact Perm. %	Damaged Perm. %	Specific gravity	Fluid type
1	Fresh Water 1	Tank	100	100	1	Fresh Water
2	Fresh Water 2	Tank	100	100	1	Fresh Water
3	Diesel Oil 1	Tank	100	100	0,84	Diesel
4	Diesel Oil 2	Tank	100	100	0,84	Diesel
5	Fuel Oil 1	Tank	100	100	0,9443	Fuel Oil
6	Fuel Oil 2	Tank	100	100	0,9443	Fuel Oil
7	Fuel Oil 3	Tank	100	100	0,9443	Fuel Oil
8	Fuel Oil 4	Tank	100	100	0,9443	Fuel Oil
9	Fuel Oil 5	Tank	100	100	0,9443	Fuel Oil
10	Fuel Oil 6	Tank	100	100	0,9443	Fuel Oil

Gambar 4.6 Perencanaan Tangki Pada Maxsurf

Setelah perencanaan tangki selesai, maka dilakukan input data berat kapal yang lainnya. Pada pengerjaan Tugas Akhir ini data berat kapal yang dimasukkan adalah LWT yaitu berat kapal kosong. Serta data yang diperlukan lainnya adalah LCG kapal yang didapatkan dari perhitungan stabilitas. Selanjutnya adalah pemilihan kriteria stabilitas untuk kapal. Pada pengerjaan Tugas Akhir ini kriteria yang digunakan adalah *Intact Stability – Royal Navy* dan *US Navy*, dikarenakan kedua kriteria tersebut memiliki batasan yang sama dengan Batasan yang terdapat pada *Stability for U.S. Naval Surface Ship* oleh Sarchin dan Goldberg. Kriterianya sebagai berikut:

- Kriteria *beam wind* dan *rolling case* dari kapal ini harus memenuhi. Kriterianya adalah batas *heeling lever* pada sudut *steady heel* 0,6 dari *max righting arm*. Kriteria selanjutnya adalah area antara *righting lever* dan kurva *heeling lever* dengan asumsi kapal telah berguling 25 derajat ke sudut *steady heel* (A) tidak boleh kurang dari 140% area A_2 . A_2 adalah energi kinetik ketika kapal berguling kembali.
- Saat kapal berbelok dengan kecepatan tinggi, sudut *heel* kapal harus lebih kecil dari 10 derajat, area persimpangan $GZ / \text{area } GZ \text{ max}$ harus lebih kecil dari 0,6, dan luas area $A_1 / \text{luas area } A_2$ harus lebih besar dari 0,4.
- Saat semua penumpang kapal diasumsikan berada di satu sisi kapal, sudut *heel* kapal harus lebih kecil dari 15 derajat, area persimpangan $GZ / \text{area } GZ \text{ max}$ harus lebih kecil dari 0,6, dan luas area $A_1 / \text{luas area } A_2$ harus lebih besar dari 0,6.
- Saat kapal mengangkat beban di tengah kapal, sudut *heel* kapal harus lebih kecil dari 15 derajat, area persimpangan $GZ / \text{area } GZ \text{ max}$ harus lebih kecil dari 0,6, dan luas area $A_1 / \text{luas area } A_2$ harus lebih besar dari 0,4.
- Area di bawah kurva GZ sampai $\theta = 30^\circ$ dan $\theta = 40^\circ$ atau antara $\theta = 30^\circ$ dan 40° tidak

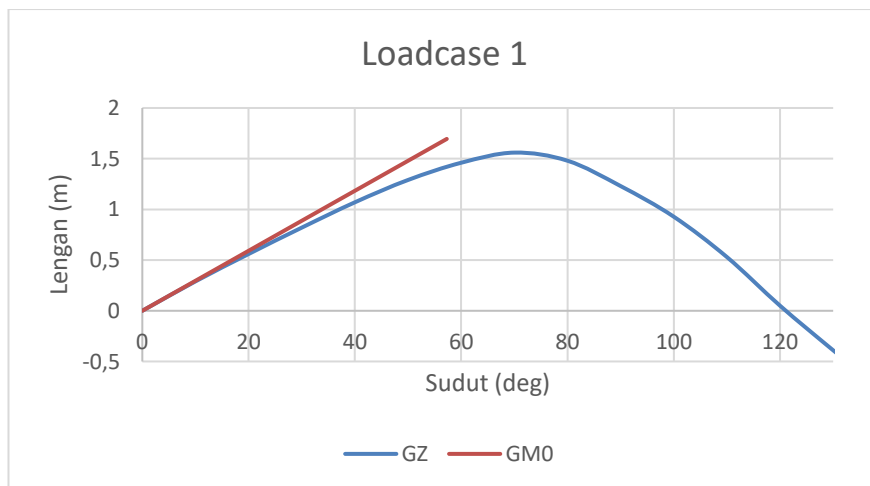
boleh kurang dari 0,08 m.rad, 0,133 m.rad, dan 0,048 m.rad.

- Lengan GZ max tidak boleh kurang dari 0,30 m.
- Lengan GZ maksimum harus terjadi pada sudut tidak kurang dari 30° .
- GM_{fluid} tidak boleh kurang dari 0,30 m.
- Rentang dari stabilitas tidak boleh lebih kecil dari 70° .

Setelah dilakukan analisis stabilitas menggunakan *Software Stability Analysis* pada lambung kapal maka selanjutnya dilakukan pemeriksaan kondisi stabilitas. Semua kondisi stabilitas berdasarkan kriteria diatas harus dipenuhi. Pada pengerjaan Tugas Akhir ini semua kondisi *loadcase* kapal harus diperiksa dan hasilnya harus memenuhi kriteria. Dari perhitungan stabilitas, didapatkan grafik GZ pada setiap kondisi *loadcase*, grafik GZ digunakan untuk mengetahui besarnya lengan GZ pada saat kapal oleng atau *rolling*, berikut merupakan grafik GZ pada setiap kondisi *loadcase*.

1. *Loadcase 1*

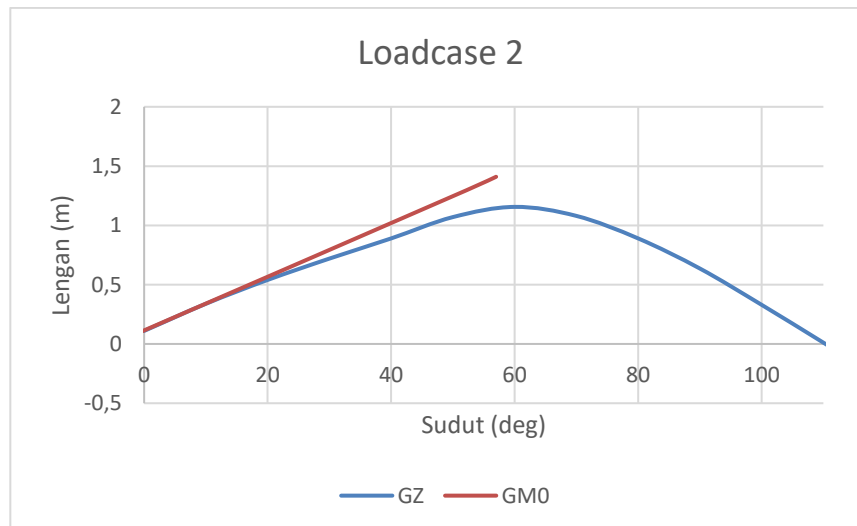
Pada *loadcase 1* diasumsikan muatan dengan kondisi kapal kosong. Kemudian *loadcase* tersebut dilakukan analisa stabilitas dengan menggunakan bantuan *software maxsurf stability*. Dari hasil analisa yang dilakukan didapatkan nilai luasan pada sudut 0° sampai 30° adalah sebesar 12,78 m.deg, nilai luasan pada sudut 30° sampai 40° adalah 9,53 m.deg, nilai luasan pada sudut 0° sampai 40° adalah 22,31 m.deg, nilai maximum GZ adalah 1,29 m, sudut pada GZ maximum adalah sebesar $70,9^{\circ}$, dan GM_{fluid} bernilai 1,70 m. Nilai-nilai yang telah didapatkan tersebut kemudian dibandingkan dengan kriteria yang disyaratkan pada *Stability for U.S. Naval Surface Ship* oleh Sarchin dan Goldberg dan didapatkan bahwa nilai tersebut telah sesuai. Adapun grafik stabilitas pada *loadcase 1* dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Grafik Stabilitas pada *Loadcase 1*

2. Loadcase 2

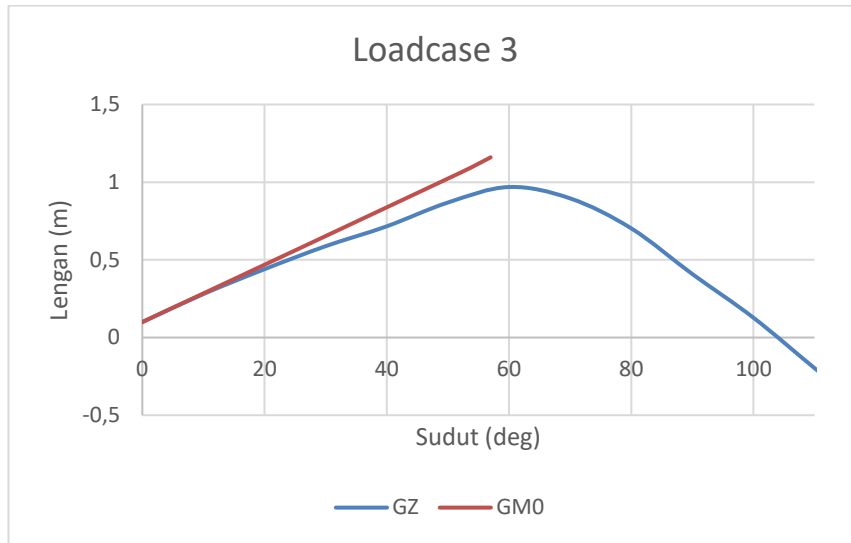
Pada *loadcase 2* diasumsikan muatan dengan kondisi *consumable 100%*, *payload* (amunisi 100%). Kemudian *loadcase* tersebut dilakukan analisa stabilitas dengan menggunakan bantuan *software maxsurf stability*. Dari hasil analisa yang dilakukan didapatkan nilai luasan pada sudut 0° sampai 30° adalah sebesar 13,11 m.deg, nilai luasan pada sudut 30° sampai 40° adalah 8,08 m.deg, nilai luasan pada sudut 0° sampai 40° adalah 21,18 m.deg, nilai maximum GZ adalah 1,07 m, sudut pada GZ maximum adalah sebesar 60° , dan GM *fluid* bernilai 1,30 m. Nilai-nilai yang telah didapatkan tersebut kemudian dibandingkan dengan kriteria yang disyaratkan pada *Stability for U.S. Naval Surface Ship* oleh Sarchin dan Goldberg dan didapatkan bahwa nilai tersebut telah sesuai. Adapun grafik stabilitas pada *loadcase 2* dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Grafik Stabilitas pada *Loadcase 2*

3. Loadcase 3

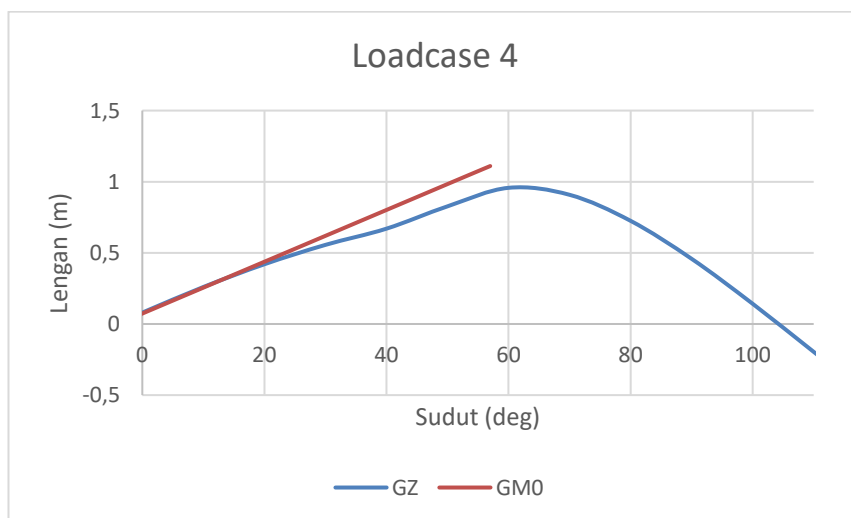
Pada *loadcase 3* diasumsikan muatan dengan kondisi *consumable 75%*, *payload* (amunisi 75%). Kemudian *loadcase* tersebut dilakukan analisa stabilitas dengan menggunakan bantuan *software maxsurf stability*. Dari hasil analisa yang dilakukan didapatkan nilai luasan pada sudut 0° sampai 30° adalah sebesar 10,83 m.deg, nilai luasan pada sudut 30° sampai 40° adalah 6,52 m.deg, nilai luasan pada sudut 0° sampai 40° adalah 17,34 m.deg, nilai maximum GZ adalah 0,87 m, sudut pada GZ maximum adalah sebesar $60,9^\circ$, dan GM *fluid* bernilai 1,06 m. Nilai-nilai yang telah didapatkan tersebut kemudian dibandingkan dengan kriteria yang disyaratkan pada *Stability for U.S. Naval Surface Ship* oleh Sarchin dan Goldberg dan didapatkan bahwa nilai tersebut telah sesuai. Adapun grafik stabilitas pada *loadcase 3* dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Grafik Stabilitas pada *Loadcase 3*

4. *Loadcase 4*

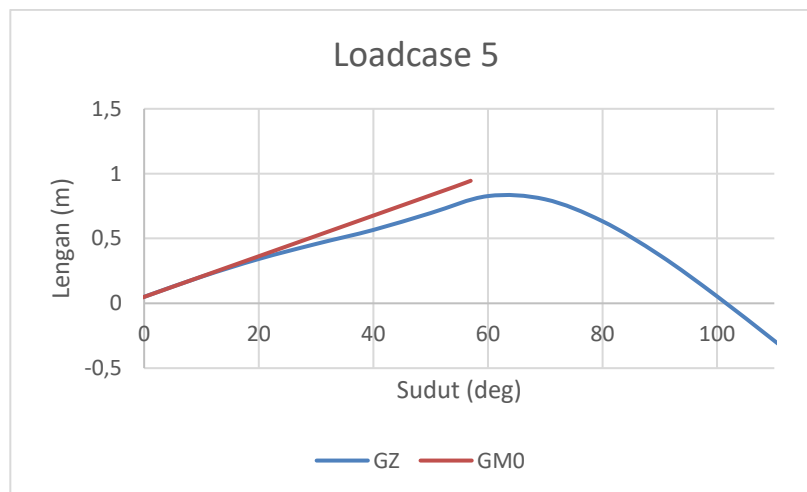
Pada *loadcase 4* diasumsikan muatan dengan kondisi *consumable 50%*, *payload* (amunisi 50%). Kemudian *loadcase* tersebut dilakukan analisa stabilitas dengan menggunakan bantuan *software maxsurf stability*. Dari hasil analisa yang dilakukan didapatkan nilai luasan pada sudut 0° sampai 30° adalah sebesar 10,05 m.deg, nilai luasan pada sudut 30° sampai 40° adalah 6,17 m.deg, nilai luasan pada sudut 0° sampai 40° adalah 16,22 m.deg, nilai maximum GZ adalah 0,83 m, sudut pada GZ maximum adalah sebesar $62,7^\circ$, dan *GM fluid* bernilai 1,04 m. Nilai-nilai yang telah didapatkan tersebut kemudian dibandingkan dengan kriteria yang disyaratkan pada *Stability for U.S. Naval Surface Ship* oleh Sarchin dan Goldberg dan didapatkan bahwa nilai tersebut telah sesuai. Adapun grafik stabilitas pada *loadcase 4* dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Grafik Stabilitas pada *Loadcase 4*

5. Loadcase 5

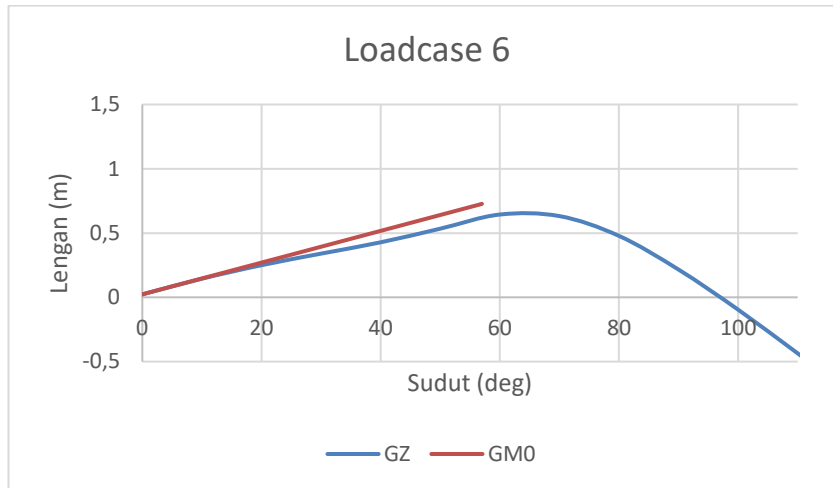
Pada *loadcase 5* diasumsikan muatan dengan kondisi *consumable 25%*, *payload* (amunisi 25%). Kemudian *loadcase* tersebut dilakukan analisa stabilitas dengan menggunakan bantuan *software maxsurf stability*. Dari hasil analisa yang dilakukan didapatkan nilai luasan pada sudut 0° sampai 30° adalah sebesar 8,07 m.deg, nilai luasan pada sudut 30° sampai 40° adalah 5,12 m.deg, nilai luasan pada sudut 0° sampai 40° adalah 13,19 m.deg, nilai maximum GZ adalah 0,7 m, sudut pada GZ maximum adalah sebesar $63,6^\circ$, dan GM *fluid* bernilai 0,9 m. Nilai-nilai yang telah didapatkan tersebut kemudian dibandingkan dengan kriteria yang disyaratkan pada *Stability for U.S. Naval Surface Ship* oleh Sarchin dan Goldberg dan didapatkan bahwa nilai tersebut telah sesuai. Adapun grafik stabilitas pada *loadcase 5* dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Grafik Stabilitas pada *Loadcase 5*

6. Loadcase 6

Pada *loadcase 6* diasumsikan muatan dengan kondisi *consumable 10%*, *payload* (amunisi 10%). Kemudian *loadcase* tersebut dilakukan analisa stabilitas dengan menggunakan bantuan *software maxsurf stability*. Dari hasil analisa yang dilakukan didapatkan nilai luasan pada sudut 0° sampai 30° adalah sebesar 5,81 m.deg, nilai luasan pada sudut 30° sampai 40° adalah 3,84 m.deg, nilai luasan pada sudut 0° sampai 40° adalah 9,65 m.deg, nilai maximum GZ adalah 0,53 m, sudut pada GZ maximum adalah sebesar $64,5^\circ$, dan GM *fluid* bernilai 0,71 m. Nilai-nilai yang telah didapatkan tersebut kemudian dibandingkan dengan kriteria yang disyaratkan pada *Stability for U.S. Naval Surface Ship* oleh Sarchin dan Goldberg dan didapatkan bahwa nilai tersebut telah sesuai. Adapun grafik stabilitas pada *loadcase 6* dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Grafik Stabilitas pada *Loadcase 6*

Pada Tabel 4.15 dan Tabel 4.16 merupakan rekapitulasi hasil pemeriksaan dari tiap kondisi *loadcase* dengan kriteria berdasarkan *Stability for U.S. Naval Surface Ship* oleh Sarchin dan Goldberg.

Tabel 4.15 Rekapitulasi Perhitungan Stabilitas *Loadcase 1-3*

No.	Kriteria	Kondisi Loadcase			Satuan	Kondisi
		Loadcase 1	Loadcase 2	Loadcase 3		
1	Area 0 to 30 shall (m.deg)	12,78	13,11	10,83	$\geq 4,584$	Pass
2	Area 0 to 40 shall (m.deg)	22,31	21,18	17,34	$\geq 7,62$	Pass
3	Area 30 to 40 shall (m.deg)	9,53	8,08	6,52	$\geq 2,75$	Pass
4	GZ Max shall (m)	1,29	1,07	0,87	$\geq 0,3$	Pass
5	Angle of GZ Max shall (deg)	70,90	60,00	60,90	≥ 30	Pass
6	GM Fluid shall (m)	1,70	1,30	1,06	$\geq 0,3$	Pass
7	Range of Stability (deg)	122,10	110,40	104,00	≥ 70	Pass
8	Heeling caused by high speed turning					
	Angle of steady heel (deg)	5,20	1,60	2,70	≤ 10	Pass
	Area1 / Area2 shall (%)	87,53	84,31	81,09	≥ 40	Pass
	GZ intersection / GZ Max shall (%)	11,87	14,20	17,44	≤ 60	Pass
9	Lifting of Heavy Weights					
	Angle of steady heel (deg)	0,00	-5,00	-5,40	≤ 15	Pass
	Area1 / Area2 shall (%)	98,82	99,92	99,88	≥ 40	Pass
	GZ intersection / GZ Max shall (%)	0,07	0,03	0,04	≤ 60	Pass
10	Crowding of passangers on one side					
	Angle of steady heel (deg)	3,10	-3,60	-3,30	≤ 15	Pass

	Kriteria	Kondisi Loadcase			Satuan	Kondisi
		Loadcase 1	Loadcase 2	Loadcase 3		
	Area1 / Area2 shall (%)	92,42	96,33	94,80	≥ 60	Pass
	GZ intersection / GZ Max shall (%)	7,09	3,17	4,55	≤ 60	Pass
11	Stability in beam winds					
	General Heeling Arm (%)	27,73	37,67	43,97	≤ 60	Pass
	Area1 / Area2 shall (%)	456,69	312,76	275,92	≥ 140	Pass

Tabel 4.16 Rekapitulasi Perhitungan Stabilitas *Loadcase* 4-6

No	Kriteria	Kondisi Loadcase			Satuan	Kondisi
		Loadcase 4	Loadcase 5	Loadcase 6		
1	Area 0 to 30 shall (m.deg)	10,05	8,07	5,81	$\geq 4,584$	Pass
2	Area 0 to 40 shall (m.deg)	16,22	13,19	9,65	$\geq 7,62$	Pass
3	Area 30 to 40 shall (m.deg)	6,17	5,12	3,84	$\geq 2,75$	Pass
4	GZ Max shall (m)	0,83	0,70	0,53	$\geq 0,3$	Pass
5	Angle of GZ Max shall (deg)	62,70	63,60	64,50	≥ 30	Pass
6	GM Fluid shall (m)	1,04	0,90	0,71	$\geq 0,3$	Pass
7	Range of Stability (deg)	104,30	101,60	97,10	≥ 70	Pass
8	Heeling caused by high speed turning					
	Angle of steady heel (deg)	4,10	7,50	13,10	≤ 10	Pass
	Area1 / Area2 shall (%)	80,13	75,41	66,81	≥ 40	Pass
	GZ intersection / GZ Max shall (%)	18,81	24,06	33,69	≤ 60	Pass
9	Lifting of Heavy Weights					
	Angle of steady heel (deg)	-4,40	-3,10	-1,80	≤ 15	Pass
	Area1 / Area2 shall (%)	99,85	99,78	99,67	≥ 40	Pass
	GZ intersection / GZ Max shall (%)	0,05	0,07	0,12	≤ 60	Pass
10	Crowding of passengers on one side					
	Angle of steady heel (deg)	-1,80	0,60	3,70	≤ 15	Pass
	Area1 / Area2 shall (%)	93,62	90,81	86,31	≥ 60	Pass
	GZ intersection / GZ Max shall (%)	5,73	8,50	12,99	≤ 60	Pass
11	Stability in beam winds					
	General Heeling Arm (%)	43,86	48,48	56,76	≤ 60	Pass
	Area1 / Area2 shall (%)	283,05	248,96	186,03	≥ 140	Pass

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 5

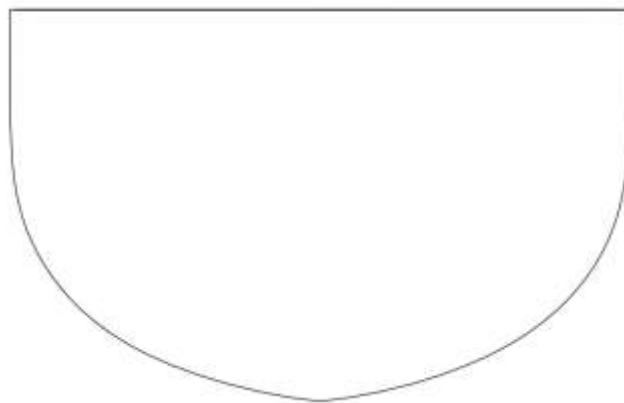
DESAIN KAPAL

5.1. Desain *Lines Plan*

Dalam perancangan desain kapal, hal yang pertama dilakukan adalah pembuatan rencana garis atau *lines plan*. *Lines plan* ini merupakan gambar pandangan atau gambar proyeksi badan kapal yang dipotong secara melintang (*body plan*), secara vertikal memanjang (*sheer plan*), dan horizontal memanjang (*half breadth plan*). Dalam melakukan pembuatan *lines plan* terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu bentuk *midship section*, bentuk haluan, dan bentuk buritan.

5.1.1. Bentuk *Midship Section*

Dalam pembuatan Rencana Garis hal yang pertama dilakukan adalah menentukan bentuk *midship* kapal. Tinjauan yang dilakukan pada penentuan *midship section* adalah penentuan bentuk *midship*. Penentuan bentuk *midship* ditinjau berdasarkan nilai F_n kapal. Untuk F_n yang bernilai antara 0,6-0,7 menggunakan bentuk U, sedangkan untuk F_n di antara 0,8-0,9 menggunakan bentuk V (van Oossanen, 2009). Dikarenakan kapal ini memiliki F_n 0,641 maka bentuk *midship* kapal ini menggunakan U. Bentuk *midship section* ditunjukkan pada Gambar 5.1.

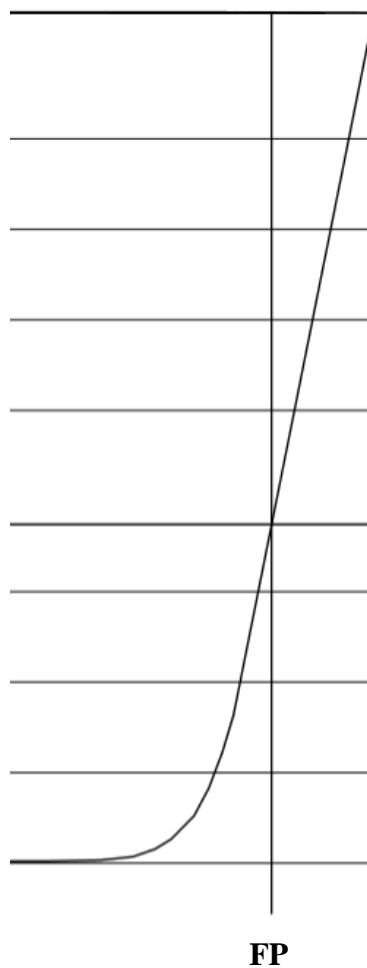


Gambar 5.1 Bentuk *Midship Section*

5.1.2. Bentuk Haluan

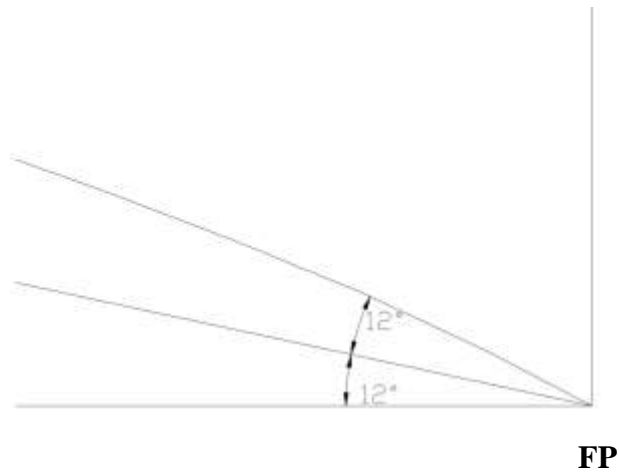
Terdapat beberapa macam bentuk haluan kapal, antara lain *plumb bow*, *clipper bow*, *raked bow*, *spoon bow*, dan *bulbous bow*. Pada desain kapal ini ditentukan bentuk haluan kapal yang digunakan adalah *raked bow*. Pemilihan bentuk *raked bow* dikarenakan bentuk haluan ini memiliki beberapa kelebihan yang cocok untuk kapal patroli. *Raked bow* memiliki daya apung

cadangan yang lebih tinggi dibandingkan dengan *plumb bow* dikarenakan memiliki luasan lambung bagian haluan yang lebih besar. Sehingga menyebabkan momen *pitching* yang lebih kecil dibandingkan model *plumb bow*. Alasan lainnya adalah dikarenakan *raked bow* memiliki luasan lambung bagian haluan lebih besar sehingga menambah *space* yang tersedia. Hal ini sangat penting untuk kebutuhan kapal yang akan didesain ini, dikarenakan terdapat kebutuhan Bofor pada *main deck* bagian haluan kapal. Berikut merupakan bentuk haluan kapal yang di desain ditunjukkan pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Bentuk Haluan

Dalam menentukan bentuk haluan pada kapal, ada hal lain yang perlu dipertimbangkan. yaitu *angel of entrance* (AoE). AoE merupakan sudut antara potongan kapal dengan sarat kapal (H. Schneekluth and V. Bertram, 1998). Nilai dari AoE ditinjau berdasarkan tabel i_e yang dihitung berdasarkan nilai C_p . Kapal patroli ini memiliki nilai C_p sebesar 0,70 maka sehingga didapatkan nilai i_e sebesar 10-14 derajat. Bentuk AoE kapal patroli dapat dilihat pada Gambar 5.3.



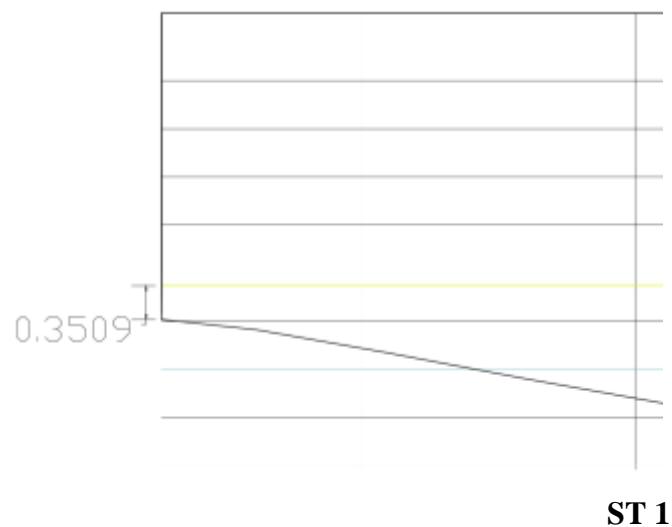
Gambar 5.3 *Angel of Entrance*

5.1.3. Bentuk Transom Kapal

Pemilihan bentuk transom kapal dapat mempengaruhi *trim* yang terjadi pada kapal (H. Schneekluth and V. Bertram, 1998). Untuk pemilihan desain transom dipengaruhi oleh nilai dari F_n kapal dengan ketentuan sebagai berikut.

1. $F_n < 0,3$ Transom berada di atas sarat kapal
2. $F_n \approx 0,3$ Transom berada sedikit di bawah sarat kapal
3. $F_n \approx 0,5$ Transom berada lebih jauh dari sarat kapal dengan nilai $t = 10 - 15\%T$
4. $F_n > 0,5$ Transom berada di bawah sarat kapal dengan nilai $t = 15 - 20\%T$

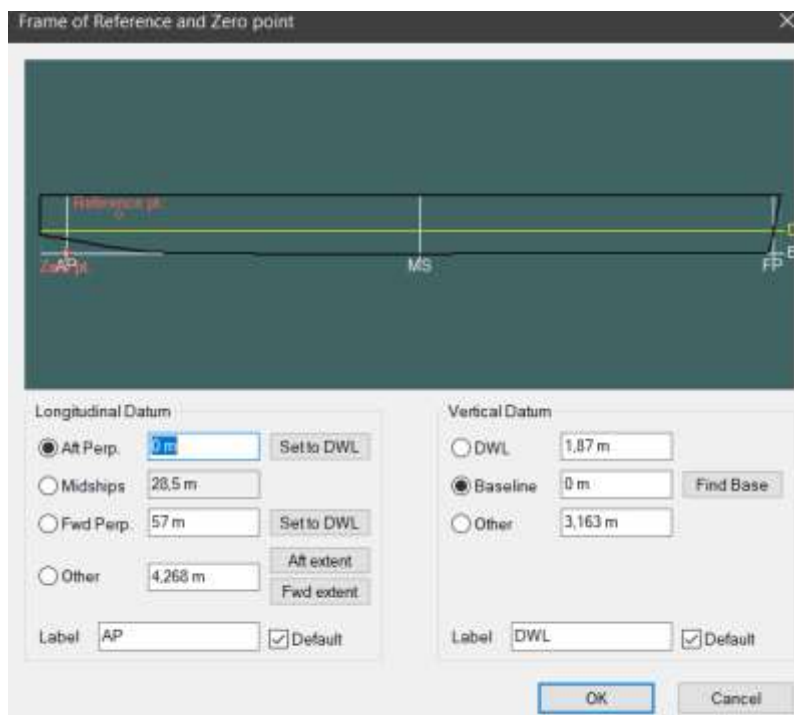
Berdasarkan nilai F_n yang telah dihitung, didapatkan nilai 0,641 maka bentuk transom berada di bawah sarat kapal di nilai antara 15-20% sarat. Pada desain kapal ini, transom yang berada di bawah sarat senilai 0,3509 m (18.76% T). Sehingga bentuk transom kapal dapat dilihat pada Gambar 5.4.



Gambar 5.4 Bentuk Transom

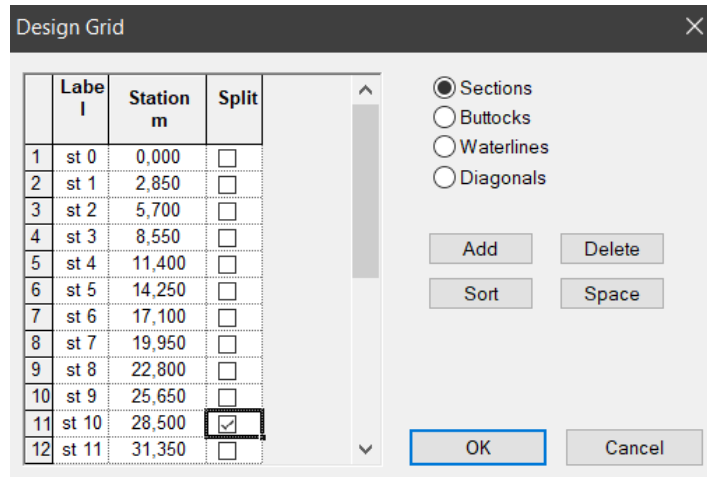
5.1.4. Pembuatan *Lines Plan*

Dalam pembuatan rencana garis ini, digunakan software *Maxsurf Modeler Advanced* dan software *AutoCAD*. Pada program *Maxsurf Modeler Advanced*, desainer membuat rancangan desain 3D lambung kapal dengan mengatur sedemikian rupa sehingga memiliki karakteristik yang sama dengan hasil tertentu (memiliki ukuran utama, *displacement*, CB, CP, dan LCB dengan toleransi tertentu) dan bentuk lambung yang *smooth*. Langkah awal membuat model adalah penentuan *frame of reference* dan *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 dan penentuan panjang *perpendiculars* (LPP) seperti pada Gambar 5.5.



Gambar 5.5 Penentuan *Frame of Reference* dan *Zero Point*

Di dalam *Maxsurf Modeler Advanced* telah disediakan pandangan dari beberapa sudut (tampak depan dan atau tampak belakang, tampak samping, tampak atas dan pandangan perspektif) yang mempermudah desainer untuk memperbaiki atau *editing* model lambung kapal. Desain *body plan*, *sheer plan*, dan *half breadth plan* didapatkan dengan cara mengatur jumlah dan spasi *grid* model seperti pada Gambar 5.6. Jumlah *station* yang ditentukan adalah 21 garis dengan jarak 2,850 m, jumlah *buttocks* 8 garis dengan jarak 0,5 m, dan jumlah *waterlines* 9 garis dengan jarak 0,5 m.



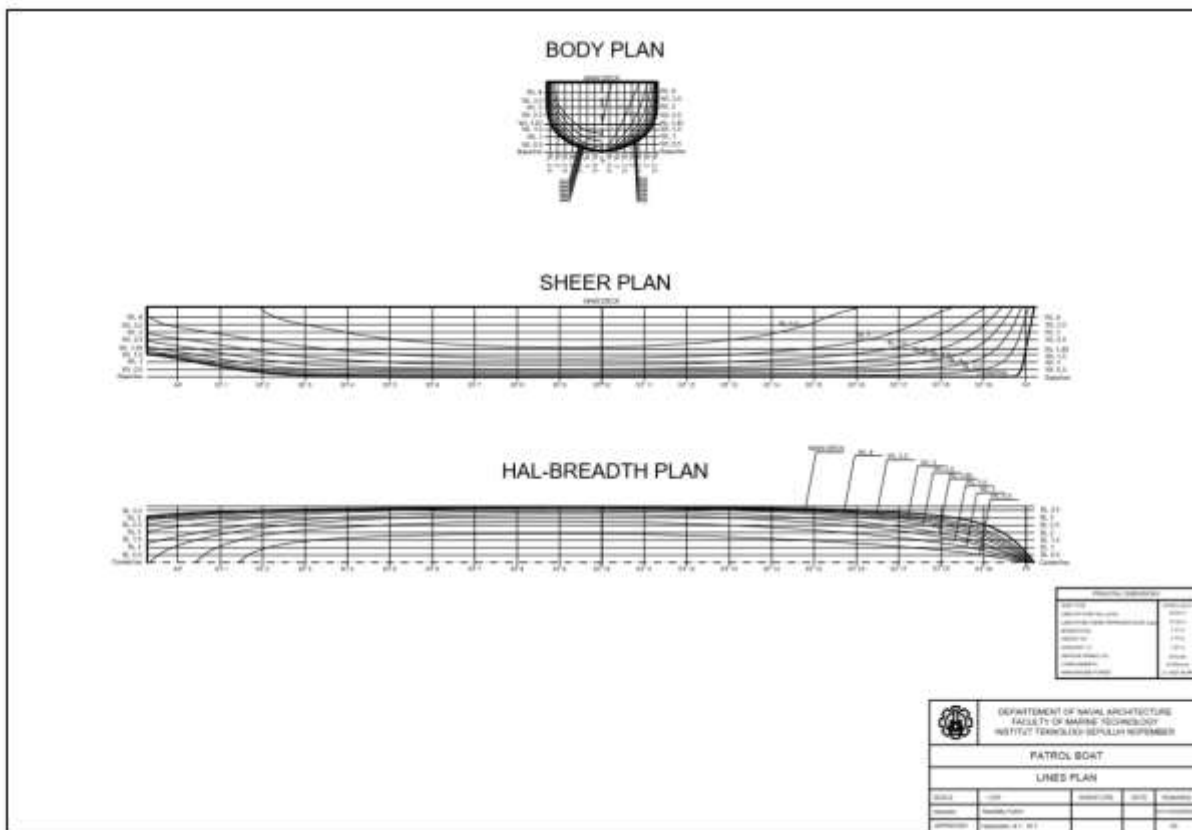
Gambar 5.6 Pengaturan *Design Grid*

Setelah dilakukan langkah-langkah di atas, maka didapatkan tampilan *lines plan* pada *Maxsurf Modeler Advanced*. Kemudian dilakukan pengecekan karakteristik hidrostatik desain lambung untuk memastikan model telah sesuai dengan parameter ukuran utama dan koefisien. Tampilan data hidrostatik kapal dapat dilihat pada Gambar 5.7.

Hydrostatics at DWL			
	Measurement	Value	Units
1	Displacement	406,4	t
2	Volume (displace	396,443	m ³
3	Draft Amidships	1,870	m
4	Immersed depth	1,888	m
5	WL Length	59,076	m
6	Beam max exten	6,904	m
7	Wetted Area	406,615	m ²
8	Max sect. area	9,097	m ²
9	Waterpl. Area	329,071	m ²
10	Prismatic coeff. (0,738	
11	Block coeff. (Cb)	0,515	
12	Max Sect. area c	0,700	
13	Waterpl. area co	0,807	
14	LCB length	27,351	from zero pt. (+ve fwd) m
15	LCF length	26,467	from zero pt. (+ve fwd) m
16	LCB %	46,299	from zero pt. (+ve fwd) % L
17	LCF %	44,801	from zero pt. (+ve fwd) % L
18	KB	1,151	m
19	KG fluid	0,000	m
20	BMt	2,545	m
21	BML	186,128	m
22	GMt corrected	3,695	m
23	GML	187,279	m
24	KMt	3,695	m
25	KML	187,279	m
26	Immersion (TPc)	3,373	tonne/cm
27	MTc	13,351	tonne.m
28	RM at 1deg = G	26,208	tonne.m
29	Length:Beam rati	8,557	

Gambar 5.7 Data Hidrostatik

Model gambar *body plan*, *sheer plan*, dan *half breadth plan* yang karakteristik hidrostatisnya telah sesuai dengan parameter, kemudian diekspor kedalam format .dxf 2D untuk dilakukan *finishing* desain *lines plan* pada *software AutoCAD*. Sehingga didapatkan gambar Rencana Garis seperti pada Gambar 5.8. Untuk gambar yang lebih jelas dapat dilihat pada Lampiran 2 laporan Tugas Akhir ini.



Gambar 5.8 Rencana Garis

5.2. Desain General Arrangement

Dari gambar *Lines Plan* yang sudah di buat, maka dapat dibuat gambar *General Arrangement* dari kapal kapal patroli. *General Arrangement* didefinisikan sebagai perencanaan ruangan yang dibutuhkan sesuai dengan fungsi dan perlengkapan kapal. Pembuatan *General Arrangement* dilakukan dengan bantuan software AutoCAD.

5.2.1. Penentuan Sekat

Penentuan sekat pada kapal ini dibagi menjadi sekat depan kamar mesin, sekat belakang kamar mesin, dan sekat tubrukan. Berikut dijelaskan peletakan sekat pada desain kapal patroli ini.

1. Sekat Tubrukan

Peletakan sekat tubrukan dilakukan berdasarkan aturan yang ditentukan oleh badan klasifikasi BKI. Sekat tubrukan diletakan pada jarak 3 m atau berjarak 5 jarak gading dari FP.

2. Sekat Depan Kamar Mesin

Peletakan sekat depan kamar mesin diletakan pada jarak 18 m dari AP atau sebesar 30 jarak gading

3. Sekat Buritan

Peletakan sekat buritan diletakan pada jarak 6 m dari AP atau sebesar 10 jarak gading.

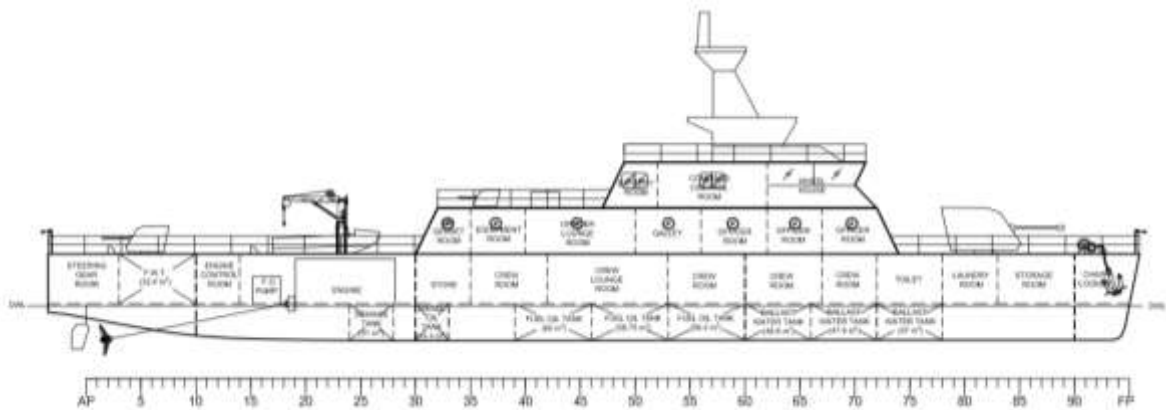
4. Sekat Ruang Akomodasi

Peletakan sekat ruang akomodasi diletakan pada jarak 36 m dari AP atau sebesar 60 jarak gading.

5.2.2. Side View

Pada permodelan rencana umum kapal ini dilakukan pemroyeksian *layout* kapal tampak samping. Jarak gading pada kapal ini adalah 600 mm. Detail permodelan rencana umum Kapal kapal patroli tampak samping dapat dilihat pada Gambar 5.9.

SIDE VIEW



Gambar 5.9 *Side View*

5.2.3. Upper Deck

Layout dari *upper deck* pada rencana umum diproyeksikan secara tampak atas. *upper deck* terdiri dari beberapa ruangan sebagai berikut.

1. *Ammunition Room*

Crew room berfungsi sebagai ruang bagi para kru kapal patroli untuk menyimpan persediaan amunisi persenjataan kapal. Amunisi persenjataan yang disimpan di *ammunition room* antara lain amunisi untuk Bofor 57mm, Bofor 40mm, dan Bofor 20mm.

2. *Battery Room*

Battery Room atau ruang baterai adalah ruangan yang digunakan untuk menyimpan baterai untuk sistem daya cadangan. Ruang baterai ditemukan di kantor pusat telekomunikasi, dan untuk menyediakan daya siaga untuk peralatan komputasi di pusat data. Baterai dapat memberikan daya selama beberapa menit, jam atau hari tergantung pada desain sistem kelistrikan, meskipun paling umum baterai memberi daya selama pemadaman listrik singkat yang berlangsung hanya beberapa detik.

3. *Electrical Panel Room*

Electric Panel Room atau ruang panel kelistrikan adalah ruangan yang berfungsi untuk menyalurkan energi listrik dari panel daya atau sumber listrik ke seluruh alat elektronik yang ada di kapal. Penyaluran energi listrik ke alat elektronik di kapal contohnya untuk lampu sebagai penerangan kapal, untuk menyalakan AC sebagai pendingin ruangan, untuk menyalakan TV, dan masih banyak lagi.

4. *Command Control Room*

Command Control Room adalah ruangan yang berfungsi untuk pusat pengendalian kapal atau pos komando umum saat melaksanakan kegiatan patroli. Di ruang ini terdapat berbagai peralatan yang diawasi oleh beberapa operator, termasuk di dalamnya komandan kapal. Peran komandan kapal adalah memimpin dan mengendalikan kapal dalam menyikapi berbagai ancaman saat melaksanakan kegiatan patroli.

5. *Wheel House*

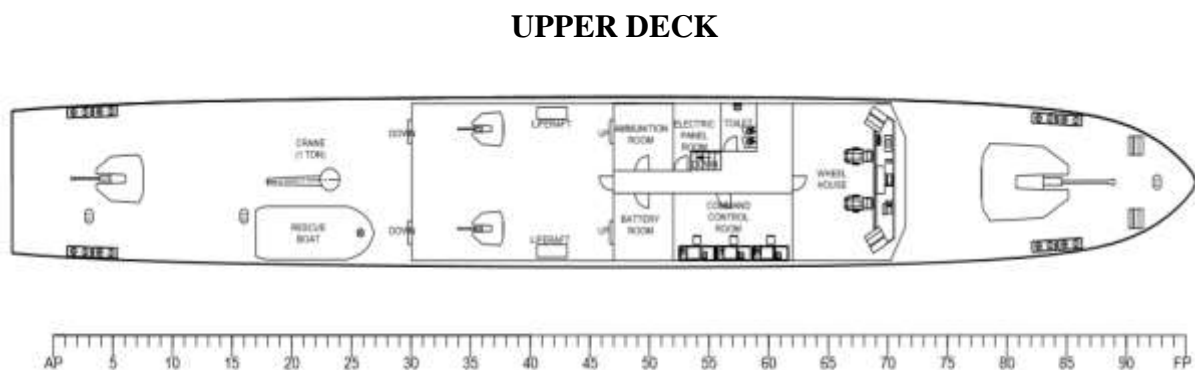
Wheel House berfungsi sebagai ruang utama bagi para kru kapal untuk mengoperasikan kapal. *Wheel House* ini memiliki beberapa fasilitas utama berupa peralatan navigasi (*radar, GPS, auto pilot, compass, electronic chart, speed log, dll*), kursi, *fire extinguisher, life jacket locker*, dan *P3K locker*.

Peralatan navigasi berfungsi untuk merencanakan dan menavigasi perjalanan kapal di laut, sehingga kapal dapat berlayar dengan aman. Untuk kursi kapal, dilengkapi sabuk pengaman (*seat belt*) untuk menahan *crew* agar tetap di tempat apabila terjadi guncangan gelombang atau manuver kapal. Kemudian pada dinding bagian kanan dan kiri, dilengkapi dengan alat

pemadam kebakaran (*fire extinguisher*). Alat ini berguna sebagai alat proteksi kebakaran aktif yang digunakan untuk memadamkan atau mengendalikan kebakaran kecil di kapal. Pada bagian belakang sebelah kiri, terdapat *life jacket locker* yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan *life jacket*. Sedangkan di bagian belakang sebelah kanan, terdapat *P3K Locker* yang berfungsi untuk menyimpan peralatan P3K.

6. Toilet

Toilet berfungsi sebagai ruang untuk tempat buang air besar dan kecil, tempat cuci tangan dan muka untuk kru kapal patroli. Berikut penampang *upper deck* dari kapal yang akan didesain dapat dilihat pada Gambar 5.10.



Gambar 5.10 *Upper Deck*

5.2.4. *Main Deck*

Layout dari *main deck* pada rencana umum diproyeksikan secara tampak atas. *Main deck* terdiri dari beberapa ruangan sebagai berikut.

1. *Air Handling Unit Room (A.H.U. Room)*

Air Handling Unit Room adalah ruangan yang berisikan seperangkat alat yang dapat mengontrol suhu, kelembaban, tekanan udara, tingkat kebersihan (jumlah partikel/mikroba), pola aliran udara, jumlah pergantian udara di ruang produksi sesuai dengan persyaratan ruangan yang telah ditentukan.

2. *CO₂ Room*

CO₂ Room berfungsi sebagai ruang untuk menyimpan stok *CO₂* yang digunakan untuk berbagai aplikasi seperti perlindungan ruang mesin-mesin kapal, ruang control, ruang panel, cairan yang mudah terbakar dan lain sebagainya. Cara kerjanya dalam memadamkan api adalah dengan cara mengurangi komposisi oksigen dalam ruangan sampai ke tingkat dimana

pembakaran tidak terjadi lagi. Hal ini dapat terjadi karena berat jenis gas CO₂ lebih besar 1,5 kali dari pada udara biasa.

3. *Emergency Genset Room*

Emergency Genset Room merupakan ruangan yang berfungsi untuk menyimpan *emergency genset* pada kapal. *Emergency Genset* adalah suatu sistem peralatan yang dapat mengganti pasokan listrik saat terjadi gangguan atau *black out*. Penempatan generator baiknya ada pada ruangan tersendiri dan memiliki sirkulasi udara yang baik. Ruangan generator baiknya memiliki ventilasi agar sirkulasi udara menjadi lancar. Ruangan dengan sirkulasi yang baik membuat generator tidak cepat panas. Ruangan *emergency genset* juga harus memperhatikan pembuangannya, dipastikan gas buangannya di ruang terbuka tidak mengganggu kenyamanan orang-orang di sekitar ruangan tersebut.

4. *Equipment Room*

Equipment Room merupakan ruangan dalam kapal yang berfungsi untuk penyimpanan atau pemasangan perangkat mekanik atau listrik kapal. Ruang peralatan dapat menyimpan peralatan komunikasi yang digunakan kapal.

5. *Provision Room*

Provision Room merupakan ruangan dalam kapal yang berfungsi untuk penyimpanan bahan makanan untuk kebutuhan kru di kapal.

6. *Galley*

Galley merupakan dapur kapal yang berfungsi sebagai tempat untuk mengolah bahan makanan menjadi masakan siap saji untuk dihidangkan kepada kru kapal. Pada *Galley* juga terdapat *wastafel* yang berfungsi untuk membersihkan peralatan dan perlengkapan makan kru saat di kapal.

7. Klinik

Klinik merupakan suatu fasilitas kesehatan yang berfungsi untuk memberikan perawatan kepada kru kapal yang sakit. Biasanya klinik hanya mengobati penyakit-penyakit ringan seperti demam dan sebagainya.

8. Toilet

Toilet berfungsi sebagai ruang untuk tempat buang air besar dan kecil, tempat cuci tangan dan muka untuk kru kapal patroli.

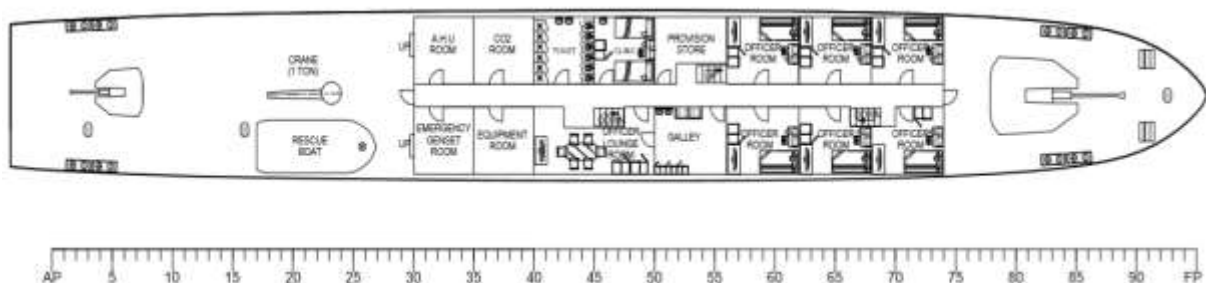
9. Kamar Tidur *Officer*

Kamar tidur *Officer* adalah tempat untuk beristirahat para *officer* setelah melaksanakan kewajibannya selama jam kerja pada hari tersebut. Pada kamar tidur untuk *officer* terdapat TV, meja, lemari, dan kasur untuk tidur.

10. *Officer Lounge Room*

Officer Lounge Room adalah tempat para *officer* mengadakan pertemuan dalam membahas suatu permasalahan atau sekedar berkumpul untuk bercengkrama. Berikut penampang *main deck* dari kapal yang akan didesain dapat dilihat pada Gambar 5.11.

MAIN DECK



Gambar 5.11 *Main Deck*

5.2.5. *Double Bottom*

Double Bottom merupakan pandangan yang di proyeksikan tampak atas pada potongan lambung kapal bagian *double bottom*. Pada *double bottom* terdapat beberapa ruangan antara lain sebagai berikut.

1. Ruang Mesin (*Engine Room*)

Pada ruang mesin, terdapat sistem permesinan kapal yang terdiri dari *main engine* sebagai komponen penggerak utama kapal dan generator sebagai penyuplai kelistrikan di kapal. Selain itu, di ruangan ini terdapat instalasi sistem kelengkapan kapal lainnya seperti *general service pump*, *fire fighting pump*, dan *air conditioning (AC)*. *General service pump* sebagai pompa yang dapat dipakai serbaguna. Kemudian *fire fighting pump* berfungsi untuk memompa air laut dari *sea chest* ke *fire fighting nozzle* melalui sistem perpipaan ketika sistem *firefighting* diaktifkan untuk melakukan proses pemadaman pada musibah kebakaran kapal di laut. Untuk *air conditioning(AC)* digunakan sebagai penyejuk ruangan di kapal. Terdapat juga *Engine Control Room* yang dapat mengatur dan memantau kondisi semua permesinan kapal.

2. Toilet

Toilet berfungsi sebagai ruang untuk tempat buang air besar dan kecil, tempat cuci tangan dan muka untuk kru kapal patroli.

3. Kamar Tidur *Crew*

Kamar tidur *crew* adalah tempat untuk beristirahat para *crew* setelah melaksanakan kewajibannya selama jam kerja pada hari tersebut. Pada kamar tidur untuk *crew* terdapat meja, lemari, dan kasur untuk tidur. Pada kamar tidur *crew*, terdapat kamar yang berisikan dua orang dan ada yang berisikan empat orang. Fasilitas yang membedakan antara ruangan yang berisikan dua orang dengan empat orang adalah jumlah Kasur tingkatnya, untuk kamar yang berisikan empat orang difasilitasi dengan kasur tingkat berjumlah dua, sedangkan untuk kamar yang berisikan dua orang difasilitasi dengan satu kasur tingkat.

4. *Crew Lounge Room*

Crew Lounge Room adalah tempat para *crew* mengadakan pertemuan dalam membahas suatu permasalahan atau sekedar berkumpul untuk bercengkrama.

5. *Steering Gear Room*

Steering Gear Room merupakan ruangan yang berisikan sistem kemudi yang berguna untuk meningkatkan moemn dari roda kemudi agar pengemudian menjadi lebih ringan.

6. *Storage Room*

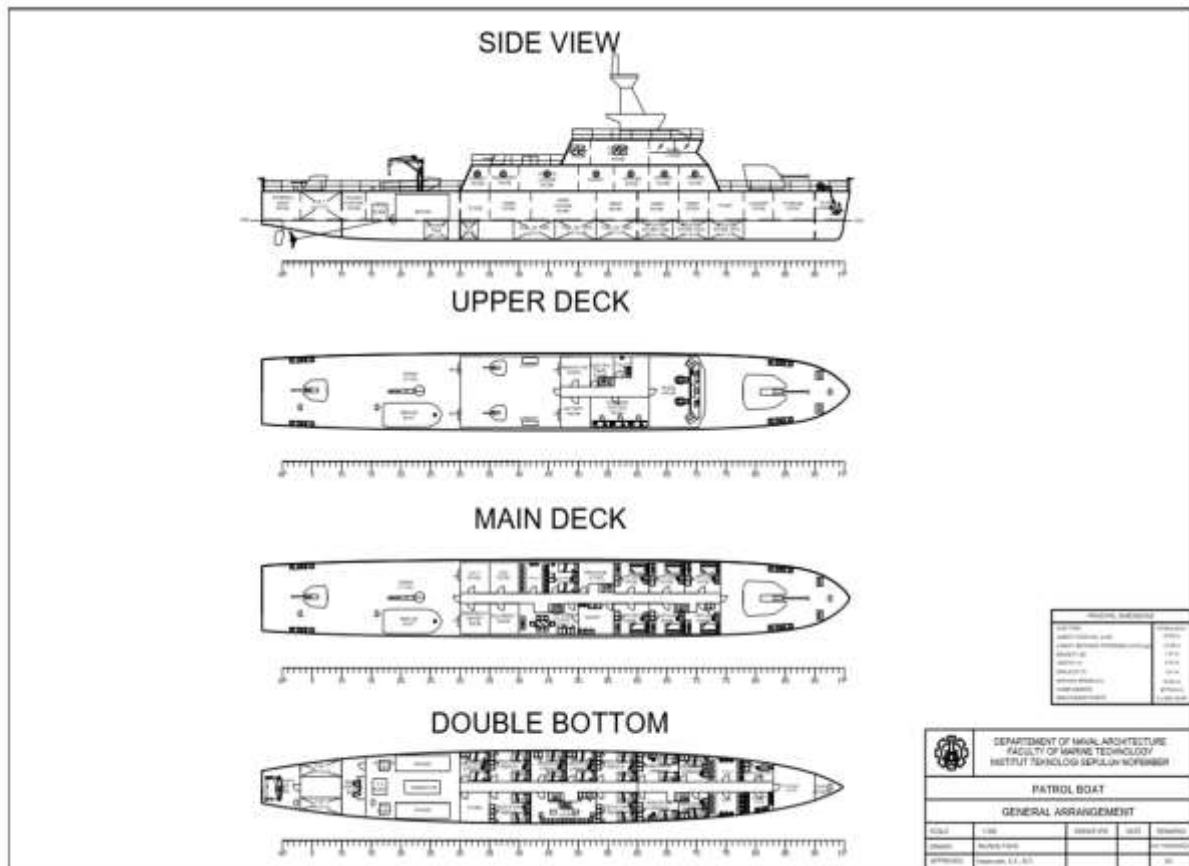
Storage Room merupakan merupakan ruangan dalam kapal yang berfungsi untuk menyimpan segala jenis peralatan yang dibutuhkan oleh kapal tersebut. Peralatan disimpan dengan teratur di *storage room* agar peralatan mudah ditemukan saat kondisi dibutuhkan. Berikut penampang *double bottom* dari kapal yang akan didesain dapat dilihat pada Gambar 5.12.

DOUBLE BOTTOM



Gambar 5.12 *Double Bottom*

Didapatkan gambar Rencana Umum seperti pada Gambar 5.13. Untuk gambar yang lebih jelas dapat dilihat pada Lampiran 3 laporan Tugas Akhir ini.



Gambar 5.13 Rencana Umum

5.2.6. Perlengkapan Keselamatan

Pada perencanaan Rencana Umum kapal, selain memperhatikan peletakan sekat dan ruangan, juga harus diperhatikan peralatan keselamatan didalamnya. Peralatan keselamatan yang ditinjau pada pembuatan rencana umum kapal patroli adalah terdapat *lifejacket* yang terletak pada *crew room* yang berjumlah sesuai dengan kapasitas kru yang diangkut. Selain itu terdapat juga *lifebuoy* dan *rescue boat* yang terdapat pada bagian luar kapal yang berfungsi sebagai penolong ketika terjadi *man over board*. Terdapat juga *liferaft* yang berkapasitas sesuai dengan jumlah kru untuk kebutuhan keselamatan.

5.2.7. Penentuan Jangkar, Rantai Jangkar, dan Tali Tambat

Penentuan jumlah jangkar pada kapal yang akan didesain mengikuti peraturan BKI *Volume II Rules for Hull* edisi 2017. Penentuan jumlah jangkar berdasarkan *Z number* yang didapatkan, perhitungan *Z number* memiliki rumus sebagai berikut

$$Z = \Delta^{(2/3)} + 2hB + 0,1A \quad (5.21)$$

Di mana

Δ = Displasemen (ton)

B = Lebar Kapal (ton)

A = Luas Penampang samping kapal di atas garis air (m²)

H = Tinggi kapal (m)

Dari persamaan 5.21 didapatkan *Z number* sebesar 151,078. Dari angka tersebut dapat dilihat spesifikasi jangkar, tali tambat, dan rantai yang digunakan untuk kapal yang akan didesain pada Gambar 5.14.

No. for Reg.	Equipment numeral Z ₁ or Z ₂	Stockless anchor			Stud link chain cables						Recommended ropes				
		Bower anchor		Stream anchor	Bower anchors			Stream wire or chain for stream anchor			Towline		Mooring ropes		
		Number ⁽¹⁾	Mass per anchor	Total length	Diameter			Length	Br. load ⁽²⁾	Length	Br. load ⁽²⁾	Number	Length	Br. load ⁽²⁾	
					d ₁	d ₂	d ₃								
		[kg]	[m]	[mm]	[mm]	[mm]	[m]	[kN]	[m]	[kN]		[m]	[kN]		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
101	up to 50	2	120	40	165	12,5	12,5	12,5	80	65	180	100	3	80	35
102	50 - 70	2	180	60	220	14	12,5	12,5	80	65	180	100	3	80	35
103	70 - 90	2	240	80	220	16	14	14	85	75	180	100	3	100	40
104	90 - 110	2	300	100	247,5	17,5	16	16	85	80	180	100	3	110	40
105	110 - 130	2	360	120	247,5	19	17,5	17,5	90	90	180	100	3	110	45
106	130 - 150	2	420	140	275	20,5	17,5	17,5	90	100	180	100	3	120	50
107	150 - 175	2	480	160	275	22	17,5	17,5	90	110	180	100	3	120	55
108	175 - 205	2	570	190	302,5	24	20,5	20,5	90	120	180	110	3	120	60

Gambar 5.14 *Equipment Z Number*

Untuk jumlah jangkar yang digunakan berjumlah 2 dengan berat masing-masing jangkar 480 kg. Didapatkan juga Panjang rantai jangkar yaitu sepanjang 275 m dengan diameter 22 m. Untuk tali tambat berjumlah 3 dengan panjang 120 m dan beban putus 55kN.

Jangkar tersebut dipasang pada lambung kiri dan kanan haluan kapal agar lengan jangkar menancap ke dasar laut lebih efektif. Jangkar pada bagian lambung kanan dan lambung kiri haluan beratnya harus sama.

5.3. Desain 3D

Setelah rencana garis dan rencana umum selesai didesain, maka permodelan 3D akan dibuat dengan mengembangkan bentuk lambung dari *Software Maxsurf Modeler Advanced* yang akan diexport ke ekstensi file 3D pada *Software Rhinoceros*. Pemodelan 3D dapat dilihat pada Gambar 5.15.



Gambar 5.15 Desain 3D Kapal

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 6

PERHITUNGAN BIAYA PEMBANGUNAN KAPAL

Kebutuhan material adalah faktor kunci dalam membangun kapal. Total berat lambung kapal dapat menentukan besarnya biaya kapal. Dalam Tugas Akhir ini biaya pembangunan kapal dibagi menjadi tiga kategori (H. Schneekluth and V. Bertram, 1998) yaitu *material cost*, *labour cost*, dan *overhead cost*.

1. *Material cost*

Material cost merupakan biaya yang diperlukan untuk kebutuhan material yang digunakan dalam membangun kapal. Dalam Tugas Akhir ini *material cost* dibagi menjadi material lambung kapal, material geladak kapal, material bangunan atas kapal, *equipment & outfitting* kapal, dan tenaga penggerak kapal. Perhitungan *material cost* ditunjukkan pada Tabel 6.1.

Tabel 6.1 Perhitungan *Material Cost*

No.	<i>Item</i>	<i>Value</i>	<i>Units</i>
1	Material Baja	2.571.956.447	Rp
2	<i>Equipment & Outfitting</i>	702.934.992	Rp
3	Tenaga Penggerak	2.977.453.440	Rp
<i>Material Cost</i>		6.252.344.879	Rp

2. *Labour cost*

Labour cost merupakan biaya yang diperlukan untuk pekerjaan pembangunan kapal. Mengutip (Habibie, 2019) dalam Tugas Akhir ini *labour cost* diasumsikan sebesar 20% dari total biaya pembangunan kapal awal. Perhitungan *labour cost* ditunjukkan pada Tabel 6.2.

Tabel 6.2 Perhitungan *Labour Cost*

<i>Item</i>	<i>Value</i>	<i>Units</i>
<i>Labour cost (20% dari biaya pembangunan awal)</i>		
<i>Labour Cost</i>	1.250.468.976	Rp

3. *Overhead Cost*

Overhead cost merupakan biaya tambahan yang dihitung berdasarkan nilai inflasi dan pajak yang dikenakan untuk pembangunan kapal. Dalam Tugas Akhir ini *overhead cost* diasumsikan biaya inflasi sebesar 2% dari biaya pembangunan awal dan biaya pajak sebesar 10% dari biaya pembangunan awal. Perhitungan *overhead cost* ditunjukkan pada Tabel 6.3.

Tabel 6.3 Perhitungan *Overhead Cost*

No.	Item	Value	Units
1	Biaya Untuk Inflasi (2% dari biaya pembangunan awal)		
	Biaya Inflasi	125.046.898	Rp
2	Biaya Pajak Pemerintah (10% dari biaya pembangunan awal)		
	Biaya Pajak	625.234.488	Rp
	<i>Overhead Cost</i>	750.281.386	Rp

Setelah semua komponen biaya pembangunan kapal yang meliputi *material cost*, *labour cost*, dan *overhead cost* dihitung, maka dapat diketahui biaya keseluruhan pembangunan kapal seperti yang disajikan pada Tabel 6.4.

Tabel 6.4 Total Biaya Pembangunan Kapal

No.	Item	Value	Units
1	<i>Material Cost</i>	6.252.344.879	Rp
2	<i>Labour Cost</i>	1.250.468.976	Rp
3	<i>Overhead Cost</i>	750.281.386	Rp
	Total Biaya Pembangunan Kapal	8.253.095.241	Rp

BAB 7

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan analisis maka kesimpulan yang didapat dari Tugas Akhir ini sebagai berikut:

1. Didapatkan *operational requirement* berupa tugas dan fungsi, *payload*, wilayah operasional, serta kecepatan kapal patroli. Fungsi dan tujuan desain kapal patroli ini adalah sebagai kapal yang dapat menjaga wilayah perbatasan negara di sekitar kepulauan Natuna. Sementara *payload* yang digunakan diidentifikasi dan dianalisa berdasarkan kebutuhan kapal patroli. Payload yang digunakan yaitu berupa kru kapal, persenjataan beserta amunisinya, dan alat-alat navigasi. Dari analisis tersebut didapatkan *payload* sebesar 38,715 ton. Untuk wilayah operasional, kapal patroli ini beroperasi di sekitar perbatasan Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE) dengan negara Malaysia dan Vietnam di laut Natuna. Kapal beroperasi mulai dari Pangkalan Utama TNI-AL IV (Lantamal IV) Tanjung Pinang, lalu melakukan operasi patroli di sekitar wilayah perbatasan ZEE lau Natuna dan kembali lagi ke Lantamal IV. Jarak operasi yang ditempuh kapal patroli sejauh 1443,69 nautical miles, serta kecepatan kapal patroli yang digunakan berdasarkan analisa yang telah dilakukan yaitu sebesar 30 knot.
2. Dengan menggunakan Metode *Geosim Procedure*, diperoleh ukuran utama akhir kapal patroli sebagai berikut:

Loa = 59,6 m

Lpp = 57,00 m

B = 7,47 m

H = 4,70 m

T = 1,87 m

3. Desain Rencana Garis disajikan pada Lampiran B.
4. Desain Rencana Umum disajikan pada Lampiran C.
5. Desain Pemodelan 3D disajikan pada Lampiran D.

6. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan estimasi biaya pembangunan kapal patroli sebesar Rp 8.253.095.241.

7.2. Saran

1. Diperlukan perhitungan berat konstruksi yang lebih spesifik agar perhitungan berat kapal lebih akurat.
2. Perlu dilakukan analisis mengenai olah gerak (*seakeeping*) pada kapal untuk mengetahui *performance* kapal ketika dioperasikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfino, K. (2018). Tugas Akhir. *Desain Konsep Kapal Perang Catamaran Tank Boat Dengan Sistem Penggerak Utama Turbojet Sebagai Kekuatan Pengamanan Wilayah Maritim Indonesia*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Biro Klasifikasi Indonesia. (2014). *Vol. II: Rules for Classification and Construction 2014 Edition*. Jakarta: BKI Publishing.
- Faltinsen, Odd M. (2005). *Hydrodynamics of High-Speed Marine Vehicles*. New York: Cambridge University Press.
- Ginting, H. (2019). Tugas Akhir. *Desain Dual Fuel Multi-Purpose Research Vessel (MPRV) Untuk Perairan Laut Jawa*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Habibie, Muhammad Sayyid. (2019). Tugas Akhir. *Desain Small-Scale LNG Carrier Dengan Combine Cycle Propulsion Plant (CCPP) Untuk Suplai Gas Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) 'Flores', Labuan Bajo Nusa Tenggara Timur*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Harvald, S.S. (1983). *Resistance and Propulsion of Ships*. New York: John Wiley and Sons.
- Huda, C. (2017). Tugas Akhir. *Desain Kapal Patroli Aluminium Untuk Wilayah Indonesia Bagian Timur*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Jiwa, Bintang, dan Hesty Anita Kurniawati. (2016). Tugas Akhir. *Desain Self Propelled Car Barge untuk Distribusi Mobil Baru Rute Cikarang Bekasi Laut (CBL) – Tanjung Perak*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Lamb, T. (2003). *Ship Design and Construction*. USA: United States of America by Sheridan Books.
- 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*. New Jersey: The Society of Naval Architects and Marine Engineers.
- Margianto, H. (2020). *Indonesia Di antara Belitan Natuna dan Utang*. Retrieved January 11, 2020, from <https://www.kompas.com/tren/read/2020/01/08/101220565/indonesia-di-antara-belitan-natuna-utang?page=all>
- Merrill, S. (1990). *Radar Handbook Second Edition*. United States: McGraw-Hill, Inc.
- Papanikolaou, A. (2014). *Ship Design Methodologies Preliminary Design*. Netherlands: Springer Science Business Media Dordrecht.
- Parsons, M. G. (2001). *Parametric Design*. Univ. of Michigan: Departement of Naval Architecture and Marine Engineering.
- Pribadi, E. (2019). *Tugas Penting TNI Menjaga Perbatasan*. Retrieved October 21, 2019, from <https://www.kompasiana.com/sigit19781986/5d5823a3097f3674a21324a2/ini-tugas-penting-tni-menjaga-perbatasan-demi-kedaulatan-ri?page=all>
- Sarchin & Goldberg. (1962). *Stability for U.S. Naval Surface Ships*.
- Schneekluth, H., & Betram, V. (1998). *Ship Design for Efficiency and Economy (second edition)*. Butterworth-Heinemann.
- Sinulingga, A. (2016). *Peta Kewenangan Penegakan Hukum di Laut Indonesia*. Retrieved May 21, 2019, from <http://maritimnews.com/2016/05/peta-kewenangan-penegakan-hukum-di-laut-indonesia/>
- Van Oossanen, P. (2009). *Hull Form Design for thr Displacement to Semi Displacement Speed Range*. Greece: Royal Institute of Naval Architects.

- Vossen, C. (2013). *Ship Design and System Integration*. USA: Rolls-Royce Commercial Marine AS.
- Watson, D. (1998). *Practical Ship Design* (Vol. 1). (R. Bhattacharyya, Ed.) Oxford: Elsevier.
- Wijaya, I. (2015). *TNI AL Butuh 500 Kapal Patroli.. Retrieved* November 30, 2019, from <https://nasional.tempo.co/read/666079/tni-al-butuh-500-kapal-patroli/full&view=ok>

LAMPIRAN

- Lampiran A Hasil Perhitungan Teknis
- Lampiran B Desain Rencana Garis
- Lampiran C Desain Rencana Umum
- Lampiran D Desain Pemodelan 3D
- Lampiran E Katalog

LAMPIRAN A
PERHITUNGAN TEKNIS DAN EKONOMIS

Kapal perbandingan : FPB 57

Metode Geosim dapat dihitung dengan persamaan:

$$\left(\frac{L_2}{L_1}\right)^3 = \left(\frac{B_2}{B_1}\right)^3 = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^3 = \frac{W_2}{W_1}$$

Dimana, L_1 = panjang kapal yang akan didesain (m)

L_2 = panjang *parent ship* (m)

B_1 = lebar kapal yang akan didesain (m)

B_2 = lebar *parent ship* (m)

T_1 = sarat kapal yang akan didesain (m)

T_2 = sarat *parent ship* (m)

W_1 = DWT kapal *parent ship* (ton)

W_2 = DWT kapal yang akan dicari (ton)

Selain itu dikenal juga faktor skala K dalam *geosim procedure* ini, nilai K ini yang menjadi skala perbandingan ukuran utama dari *parent ship* dan kapal yang akan didesain. Nilai K dapat ditentukan dengan persamaan berikut.

$$\frac{L_2}{L_1} = \frac{B_2}{B_1} = \frac{T_2}{T_1} = \sqrt[3]{\left(\frac{W_2}{W_1}\right)} = K$$

$$Lwl = 60.424$$

W1	=	160.5 ton
W2	=	151.4 ton
L1	=	58.1 m
B1	=	7.62 m
T1	=	2.73 m
H1	=	4.75 m
K	=	0.98084835
Cb	=	0.000

$$0.980848$$

L2	=	L1 x K	=	57.0 m
B2	=	B1 x K	=	7.47 m
T2	=	T1 x K	=	2.70 m
H2	=	H1 x K	=	4.7 m

MAIN DIMENSION AND COEFFICIENT CALCULATION

Input Data:

LoA =	59.6 m				
Lpp =	57.0 m				
Lwl =	59.0 m	L / B =	7.631		
B =	7.47 m	B / T =	3.995		
H =	4.7 m	T / H =	0.398		
T =	1.87 m	ρ =	1025 kg/m ³		
g =	9.81 m/s ²		= 1.025 ton/m ³		
V =	30 knot				
	= 15.4332 m/s				

Calculation:

• Froude Number

Speed (kno)	Fr	FnV
30	0.641	1.818

$$Fr = \frac{V_s}{\sqrt{g \cdot L}}$$

Principles of Naval Architecture Vol.II hlm.58

• Ratios of Dimensions

L / B =	7.631	→	3.9 ≤ L/B ≤ 15	OK	Holtrop
B / T =	3.995	→	2.1 ≤ B/T ≤ 4	OK	
Cp =	0.684	→	0.55 ≤ Cp ≤ 0.85	OK	

Resistance Manual hlm. 54-55

• Block Coefficient

$$C_B = 0.70 + 0.125 \tan^{-1} ((23 - 100 Fn)/4)$$

$$= 0.51576$$

$$C_B = \text{Pemodelan Maxsurf}$$

$$= 0.515$$

Practical Ship Design Chapter 3 hlm. 76

• Midship Section Coefficient

$$C_M = (\text{Pemodelan Maxsurf})$$

$$= 0.700$$

• Waterplane Coefficient

$$C_{WP} = (\text{Pemodelan Maxsurf})$$

$$= 0.807$$

• Longitudinal Center of Buoyancy (LCB)

a. LCB = (Pemodelan Maxsurf)

$$= 27.351 \text{ m from AP}$$

$$= -1.149 \text{ m from midship}$$

• Prismatic Coefficient

$$C_P = (\text{Pemodelan Maxsurf})$$

$$= C_B / C_M$$

$$0.738$$

• ∇ (m³)

$$\nabla = L_{WL} \times B \times T \times C_B$$

$$= 424.445 \text{ m}^3$$

$$= (\text{Pemodelan Maxsurf})$$

$$= 396.443 \text{ m}^3$$

• Δ (ton)

$$\Delta = L_{WL} \times B \times T \times C_B \times \rho$$

$$= 435.056 \text{ ton}$$

$$= (\text{Pemodelan Maxsurf})$$

$$= 406.400 \text{ ton}$$

Resistance Calculation

[Holtrop & Mennen Method]

Input Data :

L = 57.000 m	C _B = 0.515
H = 4.700 m	C _M = 0.700
B = 7.470 m	C _{WP} = 0.807
T = 1.870 m	C _P = 0.738
Fn = 0.641	Vs = 15.432 m/s

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

; PNA Vol. II Page 91

Calculation :

Viscous Resistance

$$L_{wl} = 58.900 \text{ m}$$

$$F_n = \frac{V_s}{\sqrt{g \cdot L}} = 0.641$$

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

$$R_n = L_{WL} \cdot V_s / \nu \quad \nu = 1.18831E-06$$

$$= 764905453.964$$

; PNA Vol. II Page 59

$$C_{F0} = \frac{0.075}{(\log R_n - 2)^2}$$

$$= 0.00158$$

; PNA Vol. II Page 90

• Harga 1 + k₁

$$1 + k_1 = 0.93 + 0.487c \left(\frac{B}{L}\right)^{1.0681} \cdot \left(\frac{T}{L}\right)^{0.4611} \cdot \left(\frac{L}{L_R}\right)^{0.1216} \cdot \left(\frac{L^3}{\nabla}\right) \cdot 0.3649 (1 - C_p)^{-0.6042}$$

$$= 3.5435$$

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

$$= 1$$

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

$$= 0.712$$

$$L^3 / \nabla = 515.425$$

; PNA Vol. II Page 91

Resistance of Appendages

• Wetted Surface Area

; PNA Vol. II Page 91

$$A_{BT} = \text{Cross sectional area of bulb in FP}$$

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

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

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

$$= 422.583 \text{ m}^2$$

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

$$= 1.865 \text{ m}^2$$

$$= 3.731$$

; BKI Vol. II Section 14-1

$$S_{\text{Bilge Keel}} = L_{\text{Keel}} \cdot H_{\text{Keel}} \cdot 4$$

$$= 0.000$$

$$L_{\text{Keel}} = 0.6 \cdot C_B \cdot L = 18.200 \text{ m}$$

$$H_{\text{Keel}} = 0.18 / (C_B - 0.2) = 0.571$$

S_{app} = Total wetted surface of appendages

; Practical Ship Design Page 254

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

$$= 3.731 \text{ m}^2$$

; PNA Vol. II Page 92

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

$$S_{\text{tot}} = S + S_{\text{app}}$$

$$= 426.313 \text{ m}^2$$

; PNA Vol. II Page 92

• Harga $1 + k_2$

; PNA Vol. II Page 92

Harga $(1+k_2) = 2.8 \rightarrow$ spade type rudder of twin screw ship
 $= 2.8$

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

$$= 3.537$$

Wave Making Resistance

; PNA Vol. II Page 92

$$C_1 = 6919.3 \text{ Cm}^{-1.3346} (\nabla / L^3)^{2.0098} (L/B-2)^{1.4069}$$

$$= 0.010$$

$$C_4 = B/L \rightarrow 0.11 \leq B/L \leq 0.25 \quad B/L = 0.127$$

$$= 0.127$$

Even Keel \rightarrow $T_a = T$
 $T_f = T$

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

$$= 21.519$$

; PNA Vol. II Page 93

• Harga m_1

$$m_1 = -7.2035 (B/L)^{0.3269} (T/B)^{0.6054}$$

$$= -1.586$$

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

$$= 1.728$$

• Harga m_2

$$m_2 = C_6 \cdot 0.4 e^{-0.034 F_n^{-3.29}}$$

$$= -0.58522$$

$$F_n^{-3.29} = 4.309$$

$$e^{-0.034 F_n^{-3.29}} = 0.864$$

$$C_6 = -1.69385 \quad L^3 / \nabla < 512 \quad L^3 / \nabla = 515.425$$

• Harga λ

$$\lambda = 1.446 C_p - 0.03 L/B \rightarrow L/B \leq 12 \quad 7.884873$$

$$= 0.831$$

• Harga C_2

$$C_2 = 1 \rightarrow \text{without bulb} \quad d = -0.9$$

- Harga C_3

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

$$= 0.72798349$$

$$A_T = 3.3248$$

A_T = The immersed area of the transom
at zero speed

; PNA Vol. II Page 93

- Harga R_w/w

$$R_{w/w} = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot e^{\{m_1 \cdot F_n^d + m_2 \cos(\lambda F_n^{-2})\}}$$

$$= 0.00091145676$$

- C_A (Correlation Allowance)

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

$$= 0.000616683$$

$$\rightarrow Tf/Lwl \geq 0.04$$

$$Tf/Lwl = 0.032$$

; PNA Vol. II Page 93

- W (gaya berat)

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

$$= 3986.333 \text{ N}$$

- R_{Total}

; PNA Vol. II Page 93

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

$$= 323380.724 \text{ N}$$

$$= 323.381 \text{ kN}$$

- $R_{Total} + 15\%$ (margin)

; Engineering Judgement

$$= 371.888 \text{ kN}$$

ditambah 15% soalnya di air bergelombang, perhitungan R_t hanya untuk di air tenang

Resistance Calculation (Maxsurf)

	Speed (kn)	Froude No. LWL	Froude No. Vol.	Holtrop Resist. (kN)	Holtrop Power (kW)
1	25,000	0,535	1,516	278,1	7153,206
2	25,250	0,541	1,531	285,7	7422,234
3	25,500	0,546	1,546	293,3	7695,571
4	25,750	0,551	1,561	300,3	7957,088
5	26,000	0,557	1,577	305,1	8162,434
6	26,250	0,562	1,592	309,6	8363,011
7	26,500	0,567	1,607	313,9	8559,018
8	26,750	0,573	1,622	317,9	8750,694
9	27,000	0,578	1,637	321,8	8938,308
10	27,250	0,583	1,652	325,4	9122,153
11	27,500	0,589	1,667	328,8	9302,535
12	27,750	0,594	1,683	332,0	9479,774
13	28,000	0,599	1,698	335,1	9654,192
14	28,250	0,605	1,713	338,1	9826,115
15	28,500	0,610	1,728	340,9	9995,862
16	28,750	0,615	1,743	343,6	10163,75
17	29,000	0,621	1,758	346,2	10330,08
18	29,250	0,626	1,774	348,7	10495,16
19	29,500	0,631	1,789	351,2	10659,27
20	29,750	0,637	1,804	353,6	10822,69
21	30,000	0,642	1,819	355,9	10985,66
22	30,250	0,648	1,834	358,2	11148,45
23	30,500	0,653	1,849	360,4	11311,28
24	30,750	0,658	1,865	362,7	11474,38
25	31,000	0,664	1,880	364,9	11637,94
26	31,250	0,669	1,895	367,1	11802,16
27	31,500	0,674	1,910	369,2	11967,22
28	31,750	0,680	1,925	371,4	12133,30
29	32,000	0,685	1,940	373,6	12300,54
30	32,250	0,690	1,956	375,8	12469,09
31	32,500	0,696	1,971	378,0	12639,09
32	32,750	0,701	1,986	380,2	12810,66
33	33,000	0,706	2,001	382,4	12983,92
34	33,250	0,712	2,016	384,6	13158,98
35	33,500	0,717	2,031	386,9	13335,93
36	33,750	0,722	2,046	389,2	13514,86
37	34,000	0,728	2,062	391,5	13695,87
38	34,250	0,733	2,077	393,8	13879,02
39	34,500	0,739	2,092	396,2	14064,39
40	34,750	0,744	2,107	398,6	14252,05
41	35,000	0,749	2,122	401,0	14442,05

Propulsion & Power Calculation

Input Data:

$$\begin{aligned}
 R_T &= 355.900 \text{ kN} \\
 \rho &= 1025 \text{ kg/m}^3 \\
 \rho &= 1.025 \text{ ton/m}^3 \\
 V &= 30 \text{ knot} \\
 &= 15.432 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

Calculation:

1. Perhitungan Daya Efektif Kapal (EHP)

$$\begin{aligned}
 EHP &= R_T \times V && (\text{ref : PNA vol.II, hal.153}) \\
 &= 5492.2488 && \text{KW} \\
 &= 7362.263807 && \text{HP}
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan Power Engine

a. Perhitungan DHP

$$\begin{aligned}
 DHP &= \frac{EHP}{\eta_D} && (\text{ref : Ship Resistance and Propulsion ch.11 pg:248}) \\
 & && \eta_D = 0.98 \\
 &= \frac{7362.263807}{0.98} \\
 &= 7512.514191 && \text{KW} \\
 &= 10144.309377 && \text{KW}
 \end{aligned}$$

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

b. Perhitungan SHP

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

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

$$\begin{aligned}
 SHP &= \frac{DHP}{h_{shb}} && h_{shb} = \text{Losses letak kamar mesin} \\
 &= \frac{10144.309377}{0.98} && = 0.98 \\
 &= 10351.336110 && \text{KW}
 \end{aligned}$$

c. Perhitungan BHPscr

digunakan *gearbox* yang berfungsi untuk mengurangi kecepatan putar tetapi terjadi *losses* akibat *gearbox*. ; *Parametric Design, Page 11-31*

$$\begin{aligned}
 BHPscr &= \frac{SHP}{h_G} && h_G = \text{Losses akibat gearbox} \\
 &= \frac{10351.336110}{0.98} && = 0.98 \\
 &= 10562.587867 && \text{KW}
 \end{aligned}$$

d. Perhitungan BHPmcr

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

Daya BHPscr diambil 85% untuk efisiensi.

$$\begin{aligned}
 BHPmcr &= 0.85 \times BHPscr \\
 &= 0.85 \times 10562.587867 && \text{KW} && 3432.6 \text{ KW} \\
 &= 8978.200682 && \text{HP} && 4601.34 \text{ HP}
 \end{aligned}$$

Spesifikasi Main Engine

Brand =	MTU	
Type =	20V 4000 M73L	
Power =	3600	kW
n =	2100	rpm
Length =	5535	mm
Height =	2610	mm
Width =	1465	mm
Weight =	14785	kg
=	14.785	ton

Perhitungan Kebutuhan Listrik

Penentuan Jumlah titik lampu dalam ruangan

N = Jumlah titik lampu
 E = Kuat penerangan/target penerangan yang akan dicapai (Lux)
 L = Panjang ruangan (m)
 W = Lebar ruangan (m)
 \varnothing = Total lumen lampu (*Lamp luminous flux*)
 LLF = *Light loss factor* (faktor cahaya rugi)
 CU = *Coefficient of utilization* (Faktor pemanfaatan (50%-65%))
 n = Jumlah lampu dalam 1 titik lampu

Sumber: SNI- 03-6197-2000 (Konservasi energi pada sistem pencahayaan)

Ruang Permesinan

Menggunakan lampu LED 20 W

E = 70 Lux
 L = 7.2 m
 W = 7.5 m
 \varnothing = 1600
 LLF = 0.8 (0.7 - 0.8)
 CU = 65% (50% - 65%)
 n = 2
 Jumlah Ruangan = 8
 =

$$N = E \times L \times W / \varnothing \times LLF \times CU \times n$$
 = 2.271634615 titik lampu
 = 2 titik lampu
 Jumlah Lampu = 32 Lampu

Ruang Pantry

Menggunakan lampu LED 20 W

E = 300 Lux
 L = 8 m
 W = 3 m
 \varnothing = 1600
 LLF = 0.8 (0.7 - 0.8)
 CU = 65% (50% - 65%)
 n = 2
 Jumlah Ruangan = 1
 =

$$N = E \times L \times W / \varnothing \times LLF \times CU \times n$$
 = 4.326923 titik lampu
 = 4 titik lampu
 Jumlah Lampu = 8 Lampu

Lobby

Menggunakan lampu TL LED 20 W

E = 100 Lux
 L = 36 m
 W = 0.9 m
 \varnothing = 1600
 LLF = 0.8 (0.7 - 0.8)
 CU = 65% (50% - 65%)
 n = 2
 Jumlah Ruangan = 2
 =

$$N = E \times L \times W / \varnothing \times LLF \times CU \times n$$
 = 1.947115385 titik lampu
 = 2 titik lampu
 Jumlah Lampu = 8 Lampu

Medical Room

Menggunakan lampu TL LED 20 W

E = 200 Lux
 L = 3 m
 W = 3 m
 \varnothing = 1600
 LLF = 0.8 (0.7 - 0.8)
 CU = 65% (50% - 65%)
 n = 1
 Jumlah Ruangan = 1
 =

$$N = E \times L \times W / \varnothing \times LLF \times CU \times n$$
 = 2.163461538 titik lampu
 = 3 titik lampu
 Jumlah Lampu = 3 Lampu

Crew Room

Menggunakan lampu LED 20 W

E = 150 Lux
 L = 3.6 m
 W = 3 m
 \varnothing = 1600
 LLF = 0.8 (0.7 - 0.8)
 CU = 65% (50% - 65%)
 n = 2
 Jumlah Ruangan = 14
 =

$$N = E \times L \times W / \varnothing \times LLF \times CU \times n$$
 = 0.973558 titik lampu
 = 1 titik lampu
 Jumlah Lampu = 28 Lampu

T. Penyimpanan

Menggunakan lampu TL LED 20 W

E =	100 Lux
L =	4.8 m
W =	3 m
Ø =	1600
LLF =	0.8 (0.7 - 0.8)
CU =	65% (50% - 65%)
n =	2

Jumlah

Ruangan

=

5

$$N = E \times L \times W / \text{Ø} \times \text{LLF} \times \text{CU} \times n$$

$$= 0.865384615 \text{ titik lampu}$$

$$= 1 \text{ titik lampu}$$

Jumlah Lampu

10 Lampu

WC

Menggunakan lampu TL LED 20 W

E =	250 Lux
L =	6 m
W =	3 m
Ø =	1600
LLF =	0.8 (0.7 - 0.8)
CU =	65% (50% - 65%)
n =	2

Jumlah Ruangan = 3

$$N = E \times L \times W / \text{Ø} \times \text{LLF} \times \text{CU} \times n$$

$$= 2.704327 \text{ titik lampu}$$

$$= 4 \text{ titik lampu}$$

Jumlah Lampu

24 Lampu

Lounge

Lounge

Menggunakan lampu TL LED 20 W

E =	300 Lux
L =	10 m
W =	3 m
Ø =	1600
LLF =	0.8 (0.7 - 0.8)
CU =	65% (50% - 65%)
n =	2

Jumlah

Ruangan

=

3

$$N = E \times L \times W / \text{Ø} \times \text{LLF} \times \text{CU} \times n$$

$$= 5.408653846 \text{ titik lampu}$$

$$= 5 \text{ titik lampu}$$

Jumlah Lampu

30 Lampu

R. Kerja

Menggunakan lampu TL LED 20 W

E =	350 Lux
L =	14.4 m
W =	6.9 m
Ø =	1600
LLF =	0.8 (0.7 - 0.8)
CU =	65% (50% - 65%)
n =	2

Jumlah Ruangan = 1

$$N = E \times L \times W / \text{Ø} \times \text{LLF} \times \text{CU} \times n$$

$$= 20.89904 \text{ titik lampu}$$

$$= 21 \text{ titik lampu}$$

Jumlah Lampu

42 Lampu

Komponen	Daya (watt)	Jumlah	watt	kWh
Tv	80	35	2800	2.8
AC	690	25	17250	17.25
Refrigrator	165	2	330	0.33
Lampu 20W	20	185	3700	3.7
Microwave	900	2	1800	1.8
Dispenser	350	3	1050	1.05
F.W. Pump	45000	1	45000	45
Bofor	10000	4	40000	40
Fuel Oil Pump	5500	1	5500	5.5
Sewage Pump	20000	1	20000	20

137.43 kWh

24.08

2. Perhitungan Power Generator

Spesifikasi Auxiliary Engine	
Brand =	Deutz
Type =	BF6M1015
n =	1800 rpm
Power =	200 kW
Length =	3600 mm
Height =	1900 mm
Width =	1200 mm
Weight =	2700 kg
=	2.7 ton

3. Perhitungan Emergency Generator

Brand =	Weichai
Type =	K4102D3-1
n =	1500 rpm
Power =	30 kW
Length =	1600 mm
Height =	1100 mm
Width =	600 mm
Weight =	700 kg
=	0.7 ton

PERHITUNGAN BERAT PERMESINAN DAN PROPULSI

Input Data:

D =	1.850	m	DHP =	5604.34	kW	(Delivery Horse Power)
n =	2100	rpm	BHP =	5835.42	kW	(Brake Horse Power)
z =	2	buah	Power =	200.00	kW	(Generator Set)

Calculation:

1. Main Engine

n=	2		
W_E =	29.570	ton	; termasuk berat gearbox
VCG =	3.25	m	
LCG =	14.3	m	

2. Propulsion Unit

Ship Design for Efficiency and Economy-2nd Edition hlm.175

• Shafting

n=	2		
Panjang poros (l) =	9.5	m	
M_s/l =	$0.081 \left(\frac{P_D}{n} \right)^{\frac{2}{3}}$		
=	0.156		
M_s =	$M_s/l \cdot L \cdot n$		
W_{shaft} =	2.961	ton	
VCG =	1.05	m	
LCG =	6.15	m	

• Rudder

n=	2	A =	LT/60		
W_{Rud} =	Katalog Rudder	=	1.7765		
=	275	lbs	=	0.88825	m
=	0.249	ton			
VCG =	0.25	m			
LCG =	0	m			

• Propeller

n=	2		
W_{Prop} =	Katalog propeller		
=	60	lbs	
=	0.054	ton	
VCG =	0.05	m	
LCG =	1.15	m	

• Total

$W_{\text{Total Propulsion}}$ =	$M_s + W_{\text{rudder}} + W_{\text{propeller}}$		
=	3.265	ton	
VCG =	0.9722	m	
LCG =	5.59672	m	

3. Electrical Unit

W_{gen} =	2.700	ton	
VCG =	2.95	m	
LCG =	14.2	m	

$W_{\text{emergencygen}}$ =	0.700	ton	
VCG =	5.2	m	
LCG =	19.65	m	

4. Total

Berat Tot=	35.535	ton	
VCG =	3.06008	m	
LCG =	13.6117	m	

LWL = 59.28 m
 B = 7.47 m
 H = 4.7 m
 T = 1.9 m

Rumus H.B Ford

$$Zc = C_{st} \left(C_{deck} \left(LWL \times B \times T \times \frac{35}{10^3} \right)^{\frac{1}{3}} \right) + C_{eng} \left(\frac{BHP}{10^3} \right)^{\frac{1}{3}} + C_{det}$$

Ditama :

Zc : Jumlah ABK
 C_{st} : Coefisien ABK catering departement (1,2 – 1,33)
 C_{deck} : Coefisien ABK deck departement (11,5 – 14,5)
 C_{eng} : Coefisien ABK engineering departement (8,5 – 11)
 C_{det} : Cadangan

Zc = 27.81561
 = 28 Crew

Deck Departement

- 1. Nahkoda 1
- 2. Perwira
 - 2.1 Chief Engineer 1
 - 2.2 Second Officer 1
 - 2.3 Radio Operator 1
 - 2.4 Dokter 1
- 3. Bintara
 - 3.1. Quarter Master 2
 - 3.2. Boatswain 2
 - 3.3. Seaman 2

Engine Departement

- 1. Perwira
 - 1.1 Chief Engineer 1
 - 1.2 Second Engineer 1
 - 1.3 Electrician 1
- 2. Bintara
 - 2.1 Fireman 3
 - 2.2 Oiler 3

Service Departement

- 1. Perwira
 - 1.1 Chief Cook 1
- 2. Bintara
 - 2.1 Ass. Cook 1
 - 2.2 Steward 3
 - 2.3 Boys 3

28

Crew Patroli

12

Total 40

- ~~Crew untuk Menembak Bofor 57mm~~ = 1
- ~~Crew untuk membantu reload Bofor 57 mm~~ = 1
- ~~Crew untuk Menembak Bofor 40mm~~ = 1
- ~~Crew untuk membantu reload Bofor 40 mm~~ = 1
- ~~Crew untuk Menembak Bofor 20mm~~ = 2
- ~~Crew untuk membantu reload Bofor 20 mm~~ = 2
- ~~Operator~~ = 1
- ~~Komandan Operasi~~ = 1
- ~~Bintara Operasi~~ = 2
- = 12

1. Peralatan Keselamatan (*Life Jacket, Life Buoy*)

· *Life Jacket*

Jumlah kru	=	40	orang
Life jacket yang dibutuhkan	=	40	buah
Berat 1 unit life jacket	=	0.740	kg
Berat total	=	29.600	kg
	=	0.030	ton
VCG	=	4.400	m
LCG	=	30.000	m

· *Life Buoy*

Lifebuoy yang dibutuhkan	=	8	buah
Berat 1 unit life jacket	=	2.5	kg
Berat total	=	20	kg
	=	0.020	ton
VCG	=	5.2	m
LCG	=	8.200	m

· *Life Raft*

Tipe	=	MK10 cylindrical container
Life raft yang dibutuhkan	=	2 buah
Berat 1 unit life raft	=	128.0 kg
Berat total	=	256 kg
	=	0.256 ton
VCG	=	7.7 m
LCG	=	25.080 m

2. Jangkar

Pemilihan jangkar mengacu pada Z Number

Z	=	$\Delta^{(2/3)} + 2hB + 0.1A$
Dimana		
Z	=	Z number
Δ	=	Moulded Displacement = 406.4
h	=	= 4.7
B	=	Lebar = 7.47
		Luas bangunan atas = 103.50
A	=	Luasan diatas sarat = 152.332
Z	=	140.317 dengan Z number yang didapat jumlah jangkarnya adalah 2
Berat jangkar	=	480.000 Kg
total berat	=	960.000 Kg
	=	0.960 ton
VCG	=	3.200 m
LCG	=	55.600 m

3. Windlass		
Tipe	=	DZC 901/902
jumlah windlass	=	2
Max. cont. pull	=	660 Kg
Max pull	=	1000 Kg
VCG	=	5.1
LCG	=	54.52 m
Weight	=	120 Kg
Total Weight	=	240 Kg
	=	0.24 ton

4. Kursi		
Kursi		
Jumlah kursi	=	31
Berat kursi	=	10 kg
total	=	310 kg
	=	0.31 ton
VCG	=	4.400 m
LCG	=	30.000 m
Kursi pilot		
Jumlah kursi	=	2
Berat kursi	=	40 kg
total	=	80 kg
	=	0.08 ton
VCG	=	8.4 m
LCG	=	39.7 m
Berat total	=	390 kg
	=	0.39 ton

5. Seawage pump		
Tipe	=	
Capacity	=	22 m ³ /h
weight	=	315 kg
	=	0.315 ton
VCG	=	2.5 m
LCG	=	10.3 m

7. Freshwater pump		
Tipe	=	
Capacity	=	25 m ³ /h
weight	=	390 kg
	=	0.39 ton
VCG	=	2.5 m
LCG	=	10.3 m

8. Fuel Oil Pump		
Tipe	=	
Capacity	=	38 m ³ /h
Head	=	m
weight	=	415 kg
	=	0.415 ton
VCG	=	2.75 m
LCG	=	9.86 m

8. Meja		
Meja Kamar		
Jumlah meja	=	18
Berat meja	=	20 kg
total	=	360 kg
	=	0.36 ton
VCG	=	4.400 m
LCG	=	30.000 m
<i>Meja ruang lounge</i>		
Jumlah meja	=	2
Berat meja	=	14 kg
total	=	28 kg
	=	0.028 ton
VCG	=	4.4 m
LCG	=	27 m
Berat total	=	388 kg
	=	0.388 ton

9. Kasur

Kasur Tingkat

Jumlah kasur	=	14
Berat kasur	=	145 kg
total	=	2030 kg
	=	2.03 ton
VCG	=	3.300 m
LCG	=	31.200 m
Kasur		
Jumlah Kasur	=	14
Berat meja	=	102 kg
total	=	1428 kg
	=	1.428 ton
VCG	=	4.4 m
LCG	=	33 m
Berat total	=	3458 kg
	=	3.458 ton

10. AC

AC

Jumlah AC	=	25
Berat AC	=	7.5 kg
total	=	187.5 kg
	=	0.1875 ton
VCG	=	5.5 m
LCG	=	28.7 m

11. Lemari**Lemari**

Jumlah lemari	=	24
Berat Lemari	=	46 kg
total	=	1104 kg
	=	1.104 ton
VCG	=	4.4 m
LCG	=	30 m

12. Boat

Jumlah Boat	=	1
Berat boat	=	400 kg
total	=	400 kg
	=	0.4 ton
VCG	=	5.47 m
LCG	=	12.6 m

13. Crane

Jumlah Crane	=	1
Panjang	=	340 cm
Lebar	=	96 cm
Tinggi	=	350 cm
Volume	=	
Berat boat	=	500 kg
total	=	500 kg
	=	0.5 ton
VCG	=	6.36 m
LCG	=	18.0406 m

Total

Weight	=	9.053 ton
VCG	=	4.12872
LCG	=	30.08254

Perhitungan Berat Baja

Lpp =	57 m	Cb =	0.515
Lwl =	59 m	CL =	$\sqrt{\frac{L}{90}}$
B =	7.47 m		
H =	4.70 m		
T =	1.87 m	=	0.79582
		CRW =	0.9

Massa Jenis Baja = 7.85 ton/m³

C0 =	$\left[\frac{L}{25} + 4,1 \right] C_{RW}$		
=	5.742		
f =	1		
P0 =	$2,1 \cdot (C_B + 0,7) \cdot C_0 \cdot C_L \cdot f$		
	11.6594 kN/m ²		
P01 =	$2,6 \cdot (C_B + 0,7) \cdot C_0 \cdot C_L$		
	14.4354 kN/m ²		

Main Deck

PD =	$P_0 \frac{20 \cdot T}{(10 + Z - T)H} C_D$		
CD =	1.2 for aft 1 for midship 0.855 for fore		
PD =	10.7438 kN/m ²		
Pdmin =	16 · f 16 kN/m ²	atau	Pdmin = 0.7 · P0 8.16156 kN/m ²

Tebal Pelat Geladak

t = c · 2.32 · a · σ _{LB} ^{0.5} + tk			
c =	0.5 longitudinal framing		
σ _{LB} =	120/k = 120 N/mm ⁴		
t =	8.62429800047191 mm	tk =	1.5
	10.124 mm ≈		11 mm

Sisi

Ps =	$10 \cdot (T - z) + P_0 \cdot C_f (1 + z/T)$		
Cf =	2.94175 for aft 1 for midship 4.49515 for fore		
Ps =	71.1105 kN/m ²		
Ps1 =	$10 \cdot (T - z) + P_0 [1 + z/T(2 - z/T)]$		
	47.5708 kN/m ²		

Tebal Pelat Sisi

t =	$1.9 \cdot N_f \cdot a (ps.k)^{0.5} + tk$		
	10.479 mm ≈		11 mm

Bottom

$$\begin{aligned} P_b &= 10 \cdot T + P_0 \cdot C_f \\ &= 71.1105 \text{ kN/m}^2 \\ P_{b1} &= 10 \cdot T + P_{01} \cdot 2 \cdot y/B \\ &= 47.5708 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Tebal Pelat Bottom

$$\begin{aligned} t &= 1.9 \cdot N_f \cdot a \cdot (P_b \cdot K)^{0.5} + t_k \\ &= 9.47903 \text{ mm} \approx 10 \text{ mm} \end{aligned}$$

Bangunan Atas

Tebal pelat bangunan Atas

$$\begin{aligned} P_{DA} &= P_D \cdot n \\ n &= 1 - ((z-H)/10) \\ &= 0.75 \\ P_{DA} &= 8.05784 \text{ kN/m}^2 \\ t &= C_a \sqrt{(P \cdot k)} + t_k \\ &= 3.56085 \text{ mm} \approx 4 \text{ mm} \\ \text{atau} \\ t &= (5,5 + 0.02L) \sqrt{k} \\ &= 6.68 \text{ mm} \approx 8 \text{ mm} \end{aligned}$$

Perhitungan Berat

Perhitungan luasan, dihitung menggunakan *software Maxsurf*

1. Lambung

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= 754 \text{ m}^2 \\ \text{Tebal} &= 0.011 \text{ m} \\ \text{p Material baja} &= 7,850 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Berat} &= 65.108 \text{ ton} \\ \text{VCG} &= 2.747 \text{ m} \\ \text{LCG} &= 26.586 \text{ m} \end{aligned}$$

2. Geladak

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= 410.000 \text{ m}^2 \\ \text{Tebal} &= 0.011 \text{ m} \\ \text{p Material baja} &= 7,850 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Berat} &= 35.404 \text{ ton} \\ \text{VCG} &= 4.700 \text{ m} \\ \text{LCG} &= 54.693 \text{ m} \end{aligned}$$

3. Super Structure

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= 345.000 \text{ m}^2 \\ \text{Tebal} &= 0.008 \text{ m} \\ \text{p Material baja} &= 7,850 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Berat} &= 21.666 \text{ ton} \\ \text{VCG} &= 6.800 \text{ m} \\ \text{LCG} &= 32.800 \text{ m} \end{aligned}$$

4. Total

$$\begin{aligned} \text{Berat Total} &= 122.177 \text{ ton} \\ \text{VCG} &= 4.032 \text{ m} \\ \text{LCG} &= 35.833 \text{ m} \end{aligned}$$

DWT CALCULATION

1. Konsumsi Bahan Bakar Mesin Induk (Fuel Oil Consumption)

BHP =	3433	kW		
S =	1271	nm		
Asumsi skema pengejaran				
S =	173	nm		
V=	30 knots=	16.32 m/s	V =	15 knots = 8.16 m/s
Voyage data				
Voyage radius =	1443.69	nm		
Voyage radius =	2673706.472	m		
Voyage time =	327660.107	s		
Voyage time =	91.017	hour	=	3.7924 day
konsumsi=	919.5	liter/jam		
V_{HFO} =	87037.4	liter		
=	87.0374	m ³		konsumsi untuk 1 mesin
=	174.075	m ³		konsumsi untuk 2 mesin
ρ_{FO} =	0.9443	ton/m ³		
W_{HFO} =	82.189	ton		konsumsi untuk 1 mesin
W_{HFO} =	164.379	ton		konsumsi untuk 2 mesin
VCG=	1	m		
LCG=	29.4	m		

2. Konsumsi Bahan Bakar Generator (Diesel Oil Consumption)

konsumsi=	92.9	liter/jam
V_{HFO} =	8793.67	liter
	11.4318	m ³
W_{HFO} =	10.795	ton
W_{HFO} =	10.795	ton
VCG=	1	m
LCG=	18.9	m

3. Fresh water

ρ_{FW} =	1000	kg/m ³
ρ_{FW} =	1	ton/m ³
V_{FW} =	25.7881	m ³
W_{FW} =	0.17	ton/(person x day)
W_{FW} =	25.7881	ton
VCG=	3.36	m
LCG=	3.777	m

Parametric design chapter 11 hal. 24-25

4. Crew

Berat Crew		
Wcrew	=	Ccrew x jumlah crew
Wcrew	=	0.18 x 40
	=	7.2 ton
VCG=	4.4	m
LCG=	30	m

Parametric design chapter 11 hal. 24-25

5. Provision

Berat provision		
Wpr	=	Cpr x jumlah crew x hari
Wpr	=	0.0036 x 40 x 4
	=	0.546100178 ton
VCG=	6.36	m
LCG=	31.8	m

Parametric design chapter 11 hal. 24-25

6. Berat Total

Total weight	=	191.508	ton
VCG	=	1.550717828	m
LCG	=	28.02771012	m

Payload CALCULATION

1. Crew Patroli

Jumlah = 12 orang
Berat = 75 kg
berat Total 900 kg
= 0.9 ton
VCG= 4.4 m
LCG= 30.00 m

2. Bofor 57 mm

Jumlah = 1 buah
Berat = 14000 kg
berat Total 14000 kg
= 14 ton
VCG= 6.05 m
LCG= 49 m

3. Bofor 40 mm

Jumlah = 1 buah
Berat = 5150 kg
berat Total 5150 kg
= 5.15 ton
VCG= 5.5 m
LCG= 3.25 m

Bofor 20 mm

Jumlah = 2 buah
Berat = 75 kg
berat Total 150 kg
= 0.15 ton
VCG= 7.7 m
LCG= 21.8 m

5. Radar

Yang dibutuh = 1 buah
Berat 1 ur = 1300 kg
Berat tota = 1300 kg
= 1.300 ton
VCG = 8.400 m
LCG = 41.600 m

6. Sonar

Pump yan =	1	buah
Berat 1 ur =	10000	kg
Berat tota =	10000	kg
=	10.000	ton
VCG =	0.600	m
LCG =	50.800	m

munisi 57 mm

Jumlah =	612	buah
Berat =	6.1	kg
berat Total	3733.2	kg
=	3.7332	ton
VCG =	8.45	m
LCG =	29.5	m

8. Amunisi 40 mm

Yang dibu =	1200	buah
Berat 1 ur =	3	kg
Berat tota =	3000	kg
=	3.000	ton
VCG =	8.45	m
LCG =	29.5	m

9. Amunisi 20 mm

Pump yan =	2000	buah
Berat 1 ur =	0.24	kg
Berat tota =	482	kg
=	0.482	ton
VCG =	8.45	m
LCG =	29.5	m

Berat Pay =	38.715	ton
VCG =	6.223	m
LCG =	47.871	m

FREEBOARD CALCULATION

Dimensi <i>workboat</i> :		Lwl	=	59 m
L:	57.0 m	96%Lwl pada 0.85H	=	56.97 m
B:	7.47 m	Lpp pada 0.85H	=	57 m
H :	4.7 m	Diambil yg terbesar	=	57 m
T:	1.87 m			
d1:	3.995 m			
Cb:	0.23			

Perhitungan Freeboard

Tipe Kapal

Type A Ships	=	Kapal memuat muatan cair Kapal yang punya permeabilitas rendah pada ruang muat yang terisi penuh. Contoh: Tanker, LNG Carrier
Type B Ships	=	Selain kapal type A

Type B

Freeboard untuk Kapal patroli

Warships are not subjected to the freeboard regulations

Perhitungan Freeboard Standar

Ukuran standar freeboard dalam tabel untuk tipe B dengan fungsi panjang kapal

$$Fb1 = 530 \text{ mm}$$

Koreksi freeboard untuk kapal dibawah 100m

Terdapat penambahan freeboard untuk kapal tipe b yang memiliki panjang 24 m - 100 m dan memiliki superstructure yang panjang efektifnya 35% L

Kapal tidak memiliki bangunan atas jadi tidak ada koreksi

$$\text{Koreksi Cb} = 322.5 \qquad 7.1712$$

Apabila Cb lebih besar dari 0.68, maka freeboard harus dikali dengan faktor:
(Cb+0.68)/1.36

$$Cb = 0.23$$

Maka tidak ada koreksi

Koreksi Depth

Jika D lebih besar dari L/15, maka harus ditambah dengan (D-L/15)R mm

Dimana R = L/0.48

$$D = 4.7$$

$$L/15 = 3.8$$

$$R = 118.75$$

$$Fb3 = 106.875 \text{ mm}$$

$$10.6875$$

Pengurangan Bangunan Atas

Kapal tidak menggunakan forecastle maka tidak ada koreksi pengurangan bangunan atas

	L	Total Effective Length of Superstructure and Trunks									
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Ships with forecastle and without detached bridge	1	0.3	10	15	22.2	28	46	60	79.2	87.7	100
Ships with forecastle and detached bridge	1	0.62	12.7	19	27.9	36	46	60	79.2	87.7	100

Koreksi Sheer

Sheer correction of a vessel is calculated as:

$$B = 0.125 L \text{ cm}$$

$$A = 1/6[2.5(L+30)-100](Sf+Sa)(0.75-S/2L) \text{ cm}$$

If A > 0, correction = Acm

if A > 0, and abs A > B, Correction = -Bcm

if A < 0, and abs A < B, correction = Acm

$$B = 7.125 \text{ cm}$$

$$A = 36.25 \text{ cm}$$

$$\text{Sheer Correction} = 7.125 \text{ cm}$$

$$= 71.25 \text{ mm}$$

Minimum Bow Height

$$B_{wm} = 56L(1-L/500)(1.36/Cb+0.68) \qquad Cb \text{ min} = 0.68$$

$$= 2828 \text{ mm}$$

Total minimum freeboard

$$Fb_{min} = 708.125 \text{ mm} \qquad 0.708125 \text{ m}$$

$$Fb \text{ Kapal} = H-T$$

$$= 2830 \text{ mm} \quad \text{Accepted}$$

$$\text{Bow Height} = Fb \text{ Kapal}$$

$$= 2830 \text{ mm} \quad \text{Accepted}$$

Reserve Bouyancy

$$R_b = [0.15F_{min} + 4(L/3 + 10)]L/1000 \qquad F_{min} = (Fb1 \times Fcb) + Fb3$$

$$= 5.8157813 \text{ m}^2$$

$$Fcb = \text{Koreksi Cb}$$

$$A = \text{Hasil dari perhitungan di Autocad}$$

$$= 24.146 \text{ m}^2$$

$$A = \text{Area } 0.15 L \text{ dari } F_p \text{ ke belakang setinggi sarat}$$

Accepted

$$0.15L = 8.55 \text{ m}$$

Total Berat Kapal (DWT + LWT)					
No	Komponen Berat Kapal	Value	Unit	VCG	LCG
1	Berat Kapal Bagian DWT	230.073	ton	2.334493	31.38965
2	Berat Kapal Bagian LWT	166.765	ton	3.829894	30.78551
Total		396.839	ton		

Batasan Kapasitas Kapal Sesuai Hukum Archimedes				
No	Komponen Berat Kapal	Value	Unit	
1	Displacement = Pemodelan Maxsurf	406.400	ton	
2	DWT	230.073	ton	
3	LWT	166.765	ton	
4	Displacement = DWT + LWT	396.839	ton	
Selisih		9.561	ton	
		2.41%	(0% ~ 10%)	

TRIM CALCULATION

Perhitungan trim, dilakukan dengan standard aturan SOLAS 1974

Peraturan ini mensyaratkan batas trim yang diizinkan dalah 0.5%LWL Kapal.

Data:

Batas maksimal Trim = 0.294 m

Analisis trim menggunakan *Software Maxsurf Stability*

Loadcase	Kondisi	Nilai Trim (m)	Trim	Syarat
1	Kapal Kosong	0.0714	Buritan	Pass
2	Full Payload, Consumable 100%, Amunisi 100%	0.1769	Buritan	Pass
3	Full Payload, Consumable 75%, Amunisi 75%	0.1265	Buritan	Pass
4	Full Payload, Consumable 50%, Amunisi 50%	0.0641	Buritan	Pass
5	Full Payload, Consumable 25%, Amunisi 25%	0.031	Haluan	Pass
6	Full Payload, Consumable 10%, Amunisi 10%	0.108	Haluan	Pass

No.	Kriteria	Value	Kondisi Loadcase						Satuan	Kondisi
			Loadcase 1	Loadcase 2	Loadcase 3	Loadcase 4	Loadcase 5	Loadcase 6		
1	Area 0 to 30 shall \geq	4.584	12.78	13.11	10.83	10.05	8.07	5.81	m.deg	Pass
2	Area 0 to 40 shall \geq	7.62	22.31	21.18	17.34	16.22	13.19	9.65	m.deg	Pass
3	Area 30 to 40 shall \geq	2.75	9.53	8.08	6.52	6.17	5.12	3.84	m.deg	Pass
4	GZ Max shall \geq	0.3	1.29	1.07	0.87	0.83	0.70	0.53	m	Pass
5	Angle of GZ Max shall \geq	30	70.90	60.00	60.90	62.70	63.60	64.50	deg	Pass
6	GM Fluid shall \geq	0.3	1.70	1.30	1.06	1.04	0.90	0.71	m	Pass
7	Range of Stability \geq	70	122.10	110.40	104.00	104.30	101.60	97.10	deg	Pass
8	Heeling caused by high speed turning									
	Angle of steady heel \leq	10	5.20	1.60	2.70	4.10	7.50	13.10	deg	Pass
	Area1 / Area2 shall \geq	40	87.53	84.31	81.09	80.13	75.41	66.81	%	Pass
	GZ intersection / GZ Max shall \leq	60	11.87	14.20	17.44	18.81	24.06	33.69	%	Pass
9	Lifting of Heavy Weights									
	Angle of steady heel \leq	15	0.00	-5.00	-5.40	-4.40	-3.10	-1.80	deg	Pass
	Area1 / Area2 shall \geq	40	98.82	99.92	99.88	99.85	99.78	99.67	%	Pass
	GZ intersection / GZ Max shall \leq	60	0.07	0.03	0.04	0.05	0.07	0.12	%	Pass
10	Crowding of passengers on one side									
	Angle of steady heel \leq	15	2.10	-4.10	-4.00	-2.70	-0.70	1.80	deg	Pass
	Area1 / Area2 shall \geq	60	94.88	97.53	96.50	95.70	93.78	90.68	%	Pass
	GZ intersection / GZ Max shall \leq	60	4.75	2.12	3.04	3.84	5.69	8.71	%	Pass
11	Stability in beam winds									
	Angle of steady heel \leq	60	27.73	37.67	43.97	43.86	48.48	56.76	%	Pass
	Area1 / Area2 shall \geq	140	456.69	312.76	275.92	283.05	248.96	186.03	%	Pass

MATERIAL COST

MATERIAL COST				
	No	Item	Value	Unit
Material Baja	1	Lambung Kapal (Hull)		
		<i>(Tebal pelat = 11 mm, jenis material = baja)</i>		
		https://indonesian.alibaba.com/product-detail/astm-a36-steel-a36-steel-plate-and-sheet-a36-carbon-steel-plate-and-sheet-62336391124.html?spm=a2700.galleryofferlist.0.0.2f797c91yQbAil		
		Harga	1500	USD/ton
		Berat Lambung Kapal	35.404	ton
		Harga Lambung Kapal	\$ 53,105.25	USD
	2	Geladak Kapal (Deck)		
		<i>(Tebal pelat = 11 mm, jenis material = baja)</i>		
		https://indonesian.alibaba.com/product-detail/astm-a36-steel-a36-steel-plate-and-sheet-a36-carbon-steel-plate-and-sheet-62336391124.html?spm=a2700.galleryofferlist.0.0.2f797c91yQbAil		
		Harga	1500	USD/ton
		Berat Geladak Kapal	65.108	ton
		Harga Geladak Kapal	\$ 97,661.85	USD
	3	Bangunan Atas Kapal		
		<i>(Tebal pelat = 8 mm, jenis material = baja)</i>		
		https://indonesian.alibaba.com/product-detail/astm-a36-steel-a36-steel-plate-and-sheet-a36-carbon-steel-plate-and-sheet-62336391124.html?spm=a2700.galleryofferlist.0.0.2f797c91yQbAil		
Harga		1500	USD/ton	
Berat Bangunan Atas Kapal		21.666	ton	
	Harga Bangunan Atas Kapal	\$ 32,499.00	USD	
		Total Harga Baja	\$ 183,266.10	USD

	No	Item	Value	Unit
	1	Kursi		
		www.dekoruma.com		
		Jumlah	31	unit
		Harga per unit		
			40	USD
		Harga Kursi	\$ 1,240.00	USD
	2	Kursi pilot		
		www.alibaba.com		
		Jumlah	2	unit
		Harga per unit		
			350	USD
		Harga Kursi	\$ 700.00	USD
	3	<i>Lifebuoy (www.alibaba.com)</i>		
		Jumlah	8	Unit
		Harga per unit	17	USD
Harga total		\$ 136.00	USD	
4	<i>Life Jacket (www.alibaba.com)</i>			
	Jumlah	6	Unit	
	Harga per unit	8	USD	
	Harga total	\$ 48.00	USD	
5	Liferaft			
	Jumlah	2	Unit	
	Harga per unit	1,200	USD	
	Harga total	\$ 2,400.00	USD	

Equipment & Outfitting	6	Sewage Pump (alibaba.com)		
		Jumlah	2	Unit
		Harga per unit	3,012	USD
		Harga total	\$ 6,024.00	USD
	7	Fresh Water Pump (alibaba.com)		
		Jumlah	2	Unit
		Harga per unit	100	USD
		Harga total	\$ 200.00	USD
	8	Fuel Oil Pump (alibaba.com)		
		Jumlah	6	Unit
		Harga per unit	200	USD
		Harga total	\$ 1,200.00	USD
	9	Anchor (www.alibaba.com)		
		Jumlah	2	Unit
		Harga per unit	800	USD
		Harga total	\$ 1,600.00	USD
	10	Meja Kamar		
		www.dekoruma.com		
		Jumlah	18	unit
		Harga per unit		
		42	USD	
Harga Meja Kamar	\$ 756.00	USD		

	11	Meja		
		www.dekoruma.com		
		Jumlah	2	unit
		Harga per unit		
			50	USD
	Harga Meja	\$ 99.00	USD	
	12	Kasur Tingkat		
		www.dekoruma.com		
		Jumlah	14	unit
		Harga per unit		
			205	USD
	Harga Kasur Tingkat	\$ 2,870.00	USD	
	13	Kasur		
		www.dekoruma.com		
		Jumlah	14	unit
		Harga per unit		
			121	USD
	Harga Kasur	\$ 1,694.00	USD	
	14	AC (www.alibaba.com)		
		Jumlah	25	Unit
		Harga per unit	174	USD
		Harga total	\$ 4,350.00	USD
	15	Lemari (www.alibaba.com)		
		Jumlah	24	Unit
		Harga per unit	53	USD
		Harga total	\$ 1,272.00	USD

	16	Boat (<i>www.alibaba.com</i>)		
		Jumlah	1	Unit
		Harga per unit	5,499	USD
	Harga total		\$ 5,499.00	USD
	17	Crane (<i>www.alibaba.com</i>)		
		Jumlah	1	Unit
		Harga per unit	20,000	USD
	Harga total		\$ 20,000.00	USD
	Total Harga Equipment & Outfitting		\$ 50,088.00	USD

No	Item	Value	Unit
1	Main Engine MTU 20V 4000 M73L (<i>www.alibaba.com</i>)		
	Jumlah	2	unit
	Harga per unit	100,000	USD/unit
	Harga Main Engine		\$ 200,000
2	Generator Deutz BF6M1015 (<i>www.alibaba.com</i>)		
	Jumlah generator	1	unit
	Harga per unit	10,000	USD/unit
	Harga Generator		\$ 10,000
3	Em. Generator Weichai K4102D3-1 (<i>www.alibaba.com</i>)		
	Jumlah generator	1	unit
	Harga per unit	2,160	USD/unit
	Harga Generator		\$ 2,160
Total Harga Tenaga Penggerak		\$ 212,160	USD

Biaya Pembangunan			
No	Item	Value	Unit
1	Material Baja	\$ 183,266	USD
2	Equipment & Outfitting	\$ 50,088	USD
3	Tenaga Penggerak	\$ 212,160	USD
Total Harga (USD)		\$ 445,514	USD
Kurs Rupiah - US Dollar (per 27 Februari 2019)		\$ 14,034	Rp/USD
Total Harga (Rupiah)		Rp 6,252,344,879.40	Rp

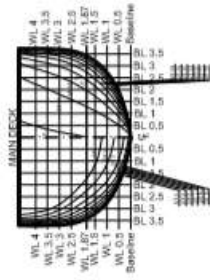
Labour Cost			
No	Item	Value	Unit
1	Keuntungan Galangan Kapal		
	<i>20% dari biaya pembangunan awal</i>		
	Keuntungan Galangan Kapal	Rp 1,250,468,976	Rp

Overhead Cost			
No	Item	Value	Unit
1	Biaya Untuk Inflasi		
	<i>2% dari biaya pembangunan awal</i>		
	Biaya Inflasi	Rp 125,046,898	Rp
2	Biaya Pajak		
	<i>10% PPh (Pajak Pertambahan Nilai)</i>		
	Biaya Pajak Pemerintah	Rp 625,234,488	Rp
Total Overhead Cost		Rp 750,281,386	Rp

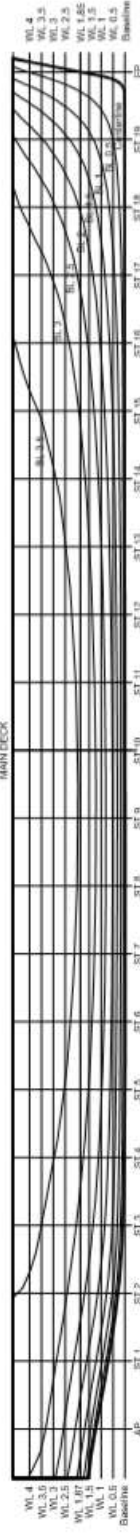
Total Biaya Pembangunan Kapal		Rp 8,253,095,241	Rp
--------------------------------------	--	-------------------------	-----------

LAMPIRAN B
DESAIN *LINES PLAN*

BODY PLAN



SHEER PLAN



HAL-BREADTH PLAN



PRINCIPAL DIMENSIONS	
SHIP TYPE	NAVAL BOAT
LENGTH OVER ALL (LOA)	58.00 m
LENGTH BETWEEN PERPENDICULARS (LBP)	57.00 m
BREADTH (B)	7.00 m
DRAUGHT	1.50 m
DISPLACEMENT	1000 t
TOPPLING MOMENT	1000000 Nm
MANEUVERING POWER	1000 HP

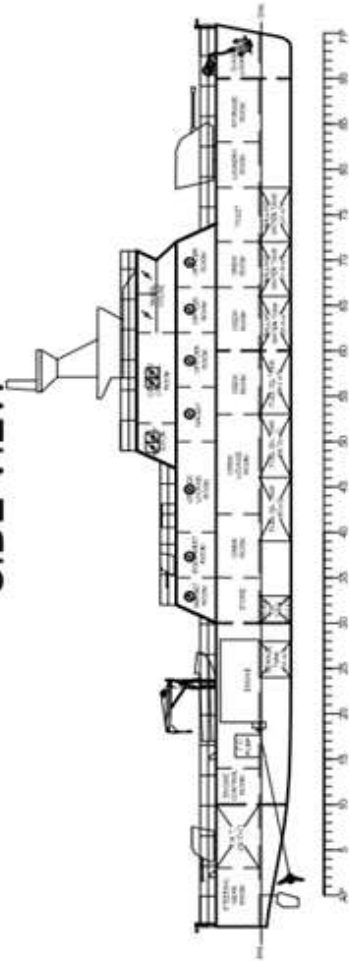


DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE
 FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

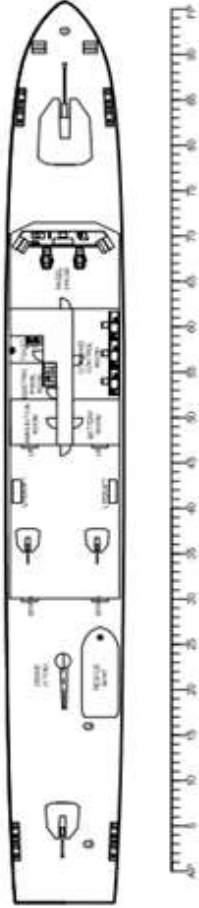
PATROL BOAT			
LINES PLAN			
SCALE	1:200	DATE	
DRAWN	INDRANIL FARIH	REVISIONS	
APPROVED	INDRANIL FARIH, S.T., M.T.	DATE	
		REVISIONS	
		DATE	
		REVISIONS	
		DATE	

LAMPIRAN C
DESAIN *GENERAL ARRANGEMENT*

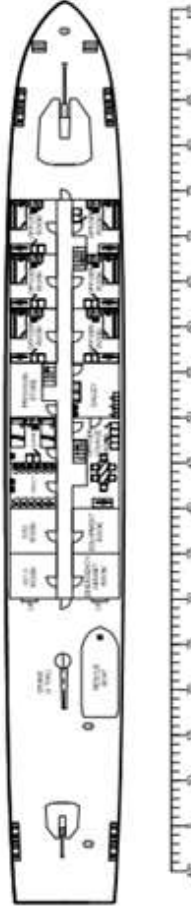
SIDE VIEW



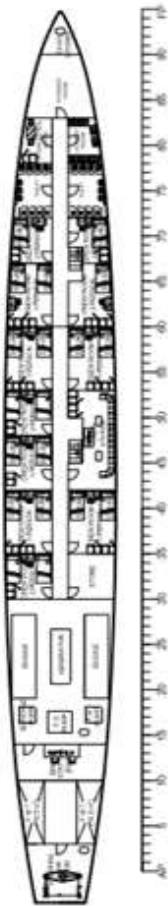
UPPER DECK



MAIN DECK



DOUBLE BOTTOM

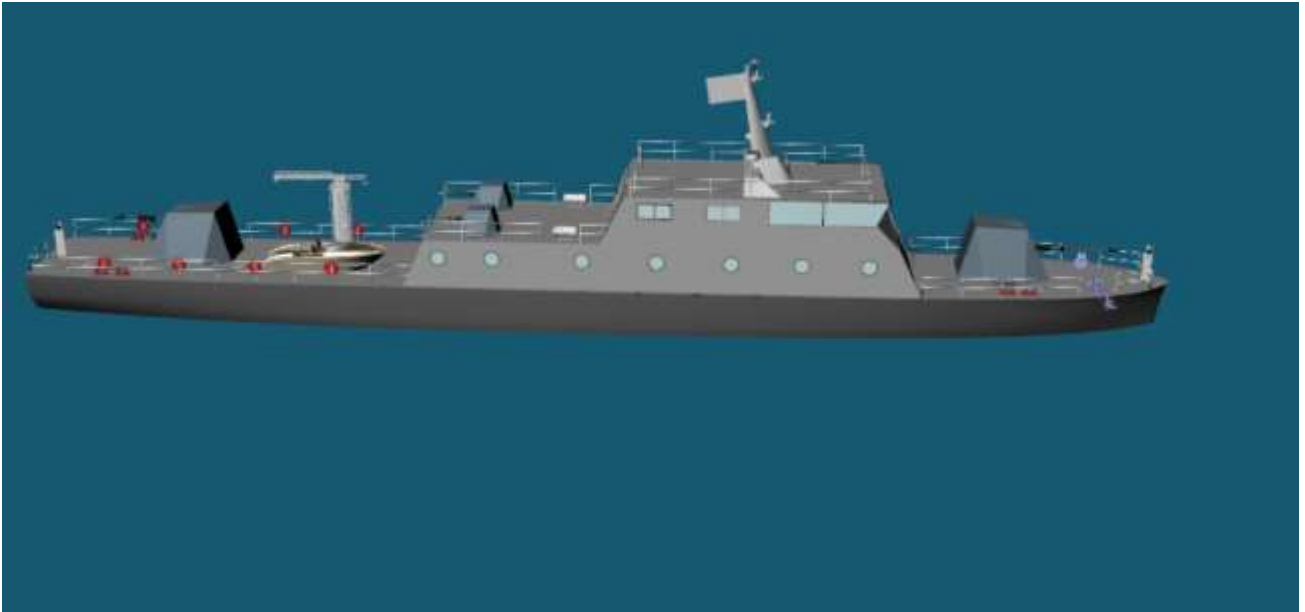


GENERAL INFORMATION	
SHIP NAME	PT 1001
CLASSIFICATION	PT 1001
DESIGNER	PT 1001
CONTRACTOR	PT 1001
DATE	10/2023
SCALE	1:100
PROJECT NO.	PT 1001
DESIGNER	PT 1001
DATE	10/2023
SCALE	1:100
PROJECT NO.	PT 1001

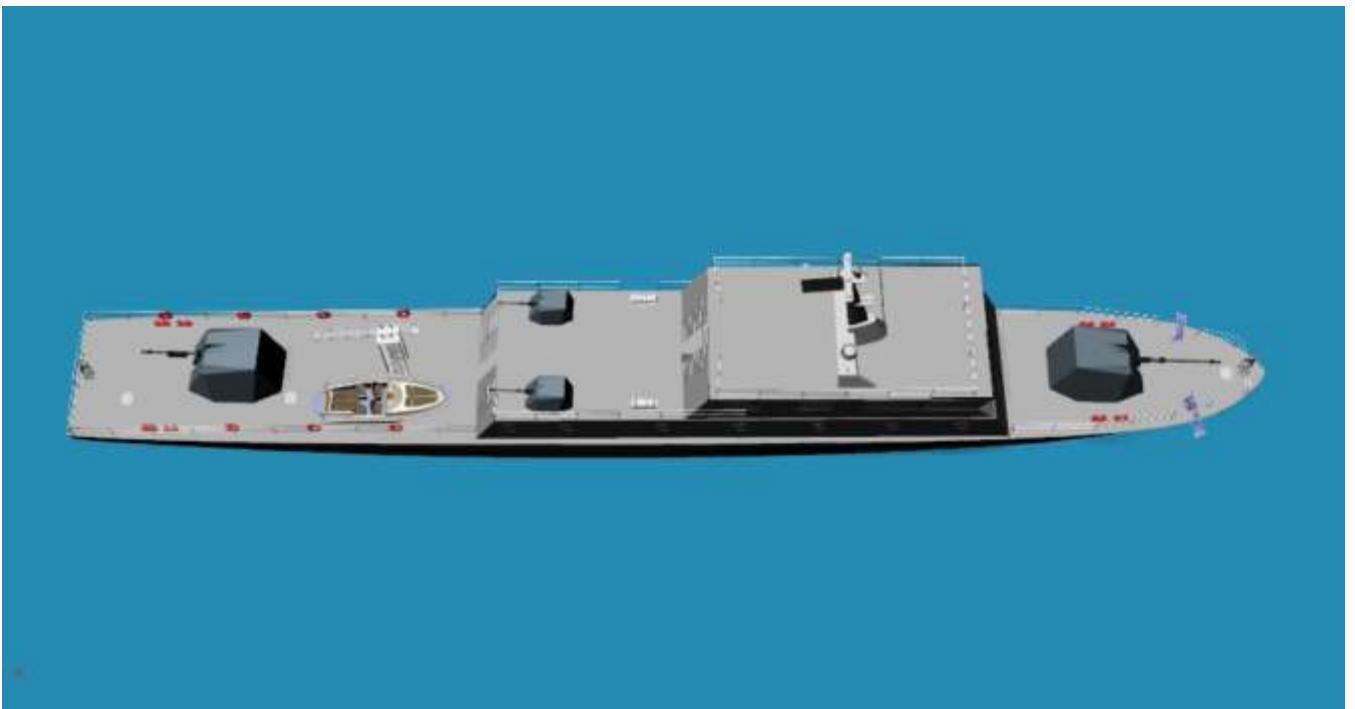
DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER			
PATROL BOAT			
GENERAL ARRANGEMENT			
SCALE	1:100	DATE	10/2023
DESIGNER	NAVALY/PT 1001	APPROVED	
APPROVED	10/2023	REVISIONS	
		REVISIONS	
		DATE	
		BY	
		NO.	

LAMPIRAN D
DESAIN 3D

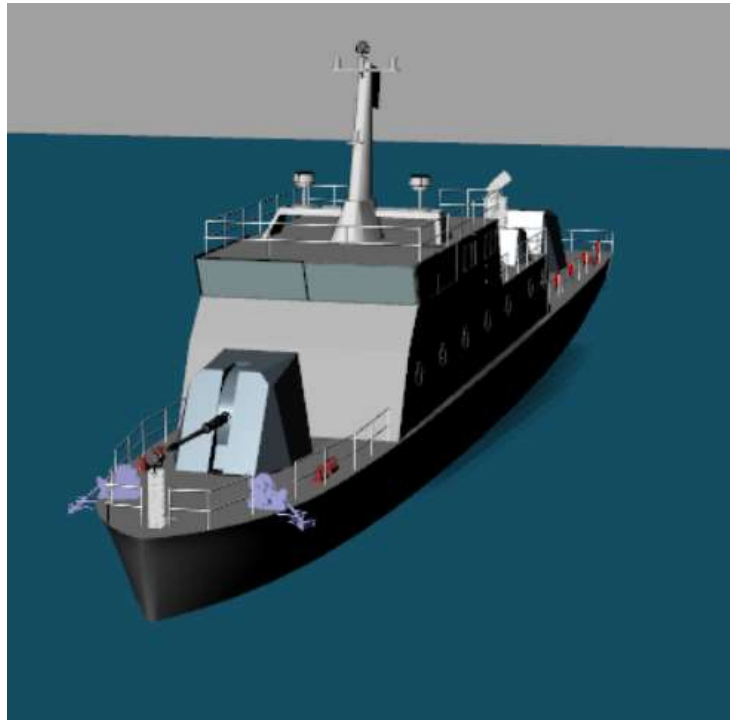
TAMPAK SAMPING



TAMPAK ATAS



TAMPAK DEPAN



TAMPAK BELAKANG



LAMPIRAN E
KATALOG

TECHNICAL DATA

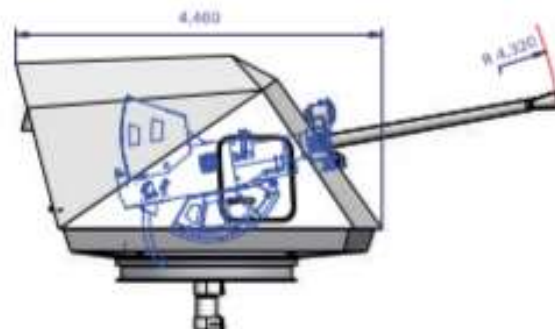
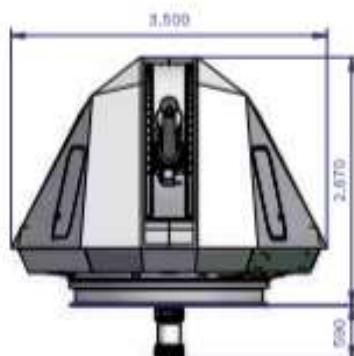
Standard specifications

- Elevation: -10° to $+77^{\circ}$
- Total weight of gun excl. ammunition: 7,000 kg
- Weight including 1,000 rounds onboard: 14,000 kg
- Length of ammunition hoists: 1,960 to 9,805 mm (gun can be operated without hoists)
- Gyro-stabilised in local control

Performance

- Maximum range: 17,000 m
- Rate of fire: 4 rounds per second
- Muzzle velocity: 1,035 m/s
- Time to open fire at 45° training and 35° elevation from stand-by condition: 2.2 seconds
- Number of rounds available in gun: 120
- Dispersion (typical values):
 - Elevation (s-value): 0.4 mrad
 - Training (s-value): 0.4 mrad
- Life of barrel: up to 5,300 rounds

DIMENSIONS



For more information contact

BAE Systems

Telephone +46 (0)586 733 000

Fax +46 (0)586 733 012

Email info@baesystems.se

www.baesystems.com

This document gives only a general description of products and services and except where expressly provided otherwise shall not form part of any contract. From time to time, changes may be made in the products or conditions of supply. BAE SYSTEMS is a registered trade mark of BAE Systems plc. 01.15.57MK3.GM5



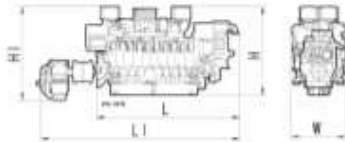
Marine

DIESEL ENGINES 20V 4000 M73/M73L

for fast vessels with high load factors (1B)



Engine	Dimensions (LxWxH) mm (in)	Mass, dry kg (lbs)
M73/M73L	3930x1465x2440 (154.8x57.7x96.1)	12080 (26631)
Engine with gearbox	Dimensions (LxWxH) mm (in)	Mass, dry kg (lbs)
M73/ZF 9055	5535x1465x2610 (218.0x57.7x102.8)	13570 (29916)
M73L/ZF 23560	5535x1465x2610 (218.0x57.7x102.8)	14785 (32595)



Typical applications: Ferries, monohulls, hydrofoils, catamarans, surface effect ships and yachts

Optional equipment and finishing shown. Standard may vary.

Engine type		20V 4000 M73	20V 4000 M73L
Rated power ICFN	kW	3200	3600
	(bhp)	(4290)	(4830)
Speed	rpm	1970	2050
No. of cylinders		20	20
Bore/stroke	mm (in)	170/190 (6.7/7.5)	170/190 (6.7/7.5)
Displacement, total	l (cu in)	86.2 (5260)	86.2 (5260)
Flywheel housing		SAE 00	SAE 00
Gearbox type ¹⁾		ZF 9055	ZF 23 560 C
Optimization of exhaust emissions ²⁾		IMO II/EPA 2	IMO II/EPA 2

1) IMO - International Maritime Organization (MARPOL)
EPA - US marine directive 40 CFR 94

2) gearbox variants "Down Angle (A)" and "V-Drive" available on request



Fuel Consumption [*]		20V 4000 M73	20V 4000 M73L
at rated power	g/kWh	215	212
	l/hr	821.2	919.5
	gal/h	217	242.9

* Tolerance +5% per ISO 3046. Diesel fuel to DIN EN 590 with a min L.H.V. of 42900kJ/kg (18390 BTU/lb)

HACHAI
BOATS



HACHAI
BOATS



Specification:

Model	RIB580B
Overall length	580cm
Overall width	236cm
Chamber No.	5
Tube dia.	52cm
Max person	8
Net weight	400kg
Max engine power	90HP

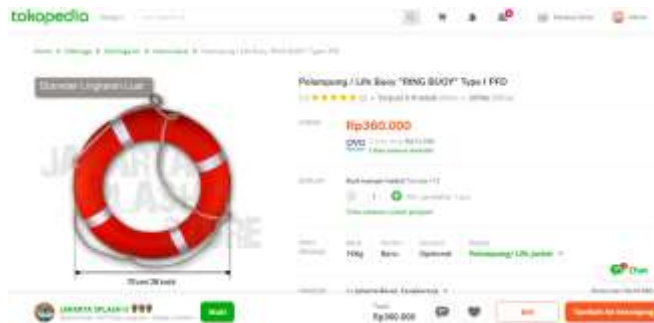
Standard accessories:

- *Oars
- *Foot pump
- *Repair kit
- *Front&back cabin
- *Console
- *Cushion
- *Fiberglass roll bar
- *Power switch
- *Bilge pump
- *Vent hole
- *Stainless steel ski bar
- *90L built-in fuel tank



Rated power(Kw/kva)	200/250	
Frequency(Hz)	60	
Phase	3	
Voltage(V)	220/380	
Current(A)	380	
Fuel capacity(L)	510	
Fuel consumption(L/Hour)	50	
Dimension (mm)	L	3600
	W	1200
	H	1900
Weight(kg)	2700	
Noise level for silent type(Db/7m)	65	

DY-A6	Adult life jacket		<ul style="list-style-type: none"> *comform to SOLAS 74/96, MSC.201(81) MSC.81(70) MSC.200(80) * certification: CCS/EC *Material:Cover:PU & Polyester compound *inside: EPE foam *Size:length 650mm width:270mm *Weight:0.74kg *Buoyancy: >147N
-------	-------------------	---	---



Pelampung / Life Buoy "RING BUOY" Type I FFD

Pelampung / Life Buoy "RING BUOY" Type II FFD

Pelampung, alat keselamatan untuk di laut, bisa juga digunakan di darat dan kolam renang.

Terdapat dari bahan komposit plastik HDPE, warna Orange terang dilengkapi bahan reflective 3M untuk visibility. Safety Life Buoy Type - H15555 (12,3 kg) Complied With Solas 74/96. USA Code and IMO 81 (70) SOLAS APPROVED H15555 Life Buoy (Ring Pelampung)

SPEKIFIKASI TEKNIK

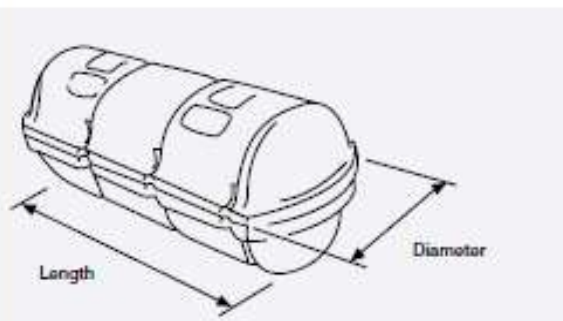
- 120-150 Newton Buoyancy, dilengkapi tali nylon disekelilingnya
- Bahannya mempunyai daya apung (buoyancy) yang baik
- Tidak mudah terbakar atau meledak, mudah digunakan, mudah dilepaskan dan salah satu sisi ada tali
- Diberi warna menjelas agar mudah dilihat/ditemui dan dilengkapi dengan warna reflektif
- Dapat menahan bobot berat 14,3 kg di air tawar selama 24 jam
- Mempunyai massa tidak turgor dan 2,3 kg
- Tidak terus meleleh dalam bila terbakar dalam waktu dua detik
- Tidak mengalami kembang-kempis apabila tersentuh dan berespon 30m
- Apabila dilengkapi dengan lampu atau alat isyarat penolong, salah satu massanya harus 40kg
- Dilengkapi tali pengaman dengan garis tengah 10mm dan panjang 4 m; garis tengah luar, pada simpulnya (4-sung) dengan jarak yang sama disekelilingnya.

Ring buoy tidak dapat berfloat sendiri (THROW LINE)nya.



SOLAS B PACK			
Rated Capacity	Length mm	Diameter mm	Weight Approx Operational Kg
6	1160	435	57
8	1160	435	57
10	1260	485	80
12	1260	485	85
16	1390	535	103
20	1540	530	109
25	1540	530	128
12 DL	1260	435	90
16 DL	1390	535	107
20 DL	1540	530	120
25 DL	1540	530	133

MK10 cylindrical container



DZC 901/902

DZC 901 and 902 are horizontal anchor windlasses with single or double gypsies. Electric or hydraulic versions are available providing a max. pull of 1100 kgs. It has a gypsy for chains 10, 12 or 13 mm DIN766, 11 or 12.5 mm stud-link.

	DZC 901E / 902E (2W)	DZC 901H / 902H (3W)	DZC 901H / 902H
Drive	DC Electric Motor (2W)	AC Electric Motor (210-400V, 3 ph)	Hydraulic Motor
Max. work Pull	700 kg (52)	900 kg (20 min)	1000 kg (20 min)
Max. pull	1100 kg (52)	1000 kg (2 min)	1100 kg (2 min)
Rewind speed (for 200 kg working load)	15 m/min.	12 m/min.	13 m/min.
Gypsy for chain	10-12-13 mm DIN766, 11-12.5 Stud-link	10-12-13 mm DIN766, 11 Stud-link	10-12-13 mm DIN766, 11-12.5 Stud-link
Approximate weight	95 / 120 kg	95 / 120 kg	90 / 116 kg
Current draw (at max. work pull) / Hpl. pressure - Oil flow (in m³/min)	115A	4.5A	110 bar - 25 l/min
Motor power	200W	2200W (400V - 50Hz)	



Spesifikasi

Ukuran Kemasan	60cm x 58cm x 89cm
Ukuran Barang	60cm x 58cm x 89cm
Berat	10kg

Alibaba.com Products Search

Categories: Ready to Ship Trade Shows Services Sell on Alibaba Help

Home > All Industries > Vehicles & Accessories > Marine Parts & Accessories > Boat Marine Supplies > Subscribe to Trade Alert

Ready to Ship **Hot Sale (2) Fast Delivery**

Hot Sale Marine Boat Captain Seat Pilot Chair For Ship High Quality Factory Price

\$350.00 / Set (Min. Order)

Model Number: QLS-E 8390.00

Trade Assurance protects your Alibaba.com orders

Payment: **VISA** **Online Bank Payment** **T/T** **Pay Later** **Western Union** **MU**

Alibaba.com Logistics Inspection Solutions

Overview

Quick Details

Place of Origin	Guangdong, China	Brand Name	QIACLAN
Material	aluminium alloy	size	Customized Size
Certificate	CCS,ABS,LRS,BV,GL,DNVNK	Size	Customized Size
Usage	Marine Hardware Fittings	Standard	QLSE
Application	ship	Warranty	12 Months
Color	White	Packing	Wooden Case

Packaging & Delivery

Selling Units	Single item
Single package size	70X70X90 cm
Single gross weight	40.0 kg
Package Type	WOOD CASE
Lead Time (days)	

Quantity(Set)	1 - 10	11 - 100	>100
Est. Time(days)	15	30	To be negotiated

BIODATA PENULIS



Naufaldy Fakhri, itulah nama lengkap penulis. Dilahirkan di Bekasi pada 15 Juni 1998 silam, Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal pada TK Pala, kemudian melanjutkan ke SDN 04 Pulogebang Jakarta, SMPN 236 Jakarta dan SMAN 12 Jakarta. Setelah lulus SMA, Penulis diterima di Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS pada tahun 2016 melalui jalur SNMPTN undangan.

Di Departemen Teknik Perkapalan Penulis mengambil Bidang Studi Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal. Selama masa studi di ITS, selain kuliah Penulis juga pernah menjadi *staff* BSO Kewirausahaan HIMATEKPAL 2017/2018 serta Kepala Divisi BSO Kewirausahaan 2018/2019. Selan itu, Penulis juga pernah menjadi peserta LKMW-TL tingkat fakultas.

Email: naufaldyfakhri@gmail.com