



TUGAS AKHIR - MN 184802

**DESAIN *FLOATING INSTRUMENT PLATFORM* (FLIP)
UNTUK EKSPLOKASI LAUT DI INDONESIA**

**Muhammad Adnin Anhar
NRP 0411124000095**

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

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



TUGAS AKHIR - MN 184802

**DESAIN *FLOATING INSTRUMENT PLATFORM* (FLIP)
UNTUK EKSPLOKASI LAUT DI INDONESIA**

**Muhammad Adnin Anhar
NRP 0411124000095**

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

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



FINAL PROJECT - MN 184802

**DESIGN OF FLOATING INSTRUMENT PLATFORM (FLIP)
FOR INDONESIAN SEA EXPLORATION**

**Muhammad Adnin Anhar
NRP 0411124000095**

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

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

LEMBAR PENGESAHAN

DESAIN *FLOATING INSTRUMENT PLATFROM* (FLIP) UNTUK EKSPLORASI LAUT DI INDONESIA

TUGAS AKHIR

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

Oleh:

MUHAMMAD ADNIN ANHAR
NRP 0411124000095

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, 7 AGUSTUS 2020



LEMBAR REVISI

DESAIN *FLOATING INSTRUMENT PLATFROM* (FLIP) UNTUK EKSPLORASI LAUT DI INDONESIA

TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir
Tanggal 24 Juli 2020

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

Oleh:

MUHAMMAD ADNIN ANHAR
NRP 0411124000095

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

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

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

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



Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

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

SURABAYA, 7 AGUSTUS 2020

Dipersembahkan kepada kedua orang tua atas segala dukungan dan doanya

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan karunianya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Desain *Floating Instrument Platform* (FLIP) Untuk Eksplorasi Laut Di Indonesia” ini dengan baik. Pada Kesempatan ini Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang turut membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir, yaitu:

1. Kedua orang tua penulis yang selalu memberikan semangat dan bantuan serta doa-nya selama pengerjaan dan penyusunan tugas akhir ini;
2. Hasanudin, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing dan kepala Laboratorium Desain Kapal atas bimbingan dan motivasinya selama pengerjaan dan penyusunan laporan tugas akhir ini;
3. Sri Rejeki Wahyu Pribadi S.T., M.T. selaku dosen wali yang selalu memotivasi dalam menyelesaikan pengerjaan Tugas Akhir dan tugas-tugas perkuliahaan lainnya;
4. Dedi Budi Purwanto, S.T., M.T., Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D., dan Danu Utama, S.T., M.T. selaku dosen penguji atas koreksi dan masukan terhadap tugas akhir ini;
5. Rizka Arie Hutama, S.T., M.T. yang telah membantu, memberikan saran dan masukan dalam pengerjaan tugas akhir kelas ini;
6. M Hafiz Nurwahyu Aliffrananda, S.T. yang telah membantu, memberikan saran dan masukan dalam pengerjaan tugas akhir kelas ini;
7. Pihak-pihak lain yang turut membantu dalam pengerjaan tugas akhir kelas ini yang tidak bisa penulis tuliskan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi banyak pihak.

Surabaya, 7 Agustus 2020

Muhammad Adnin Anhar

DESAIN *FLOATING INSTRUMENT PLATFORM* (FLIP) UNTUK EKSPLORASI LAUT DI INDONESIA

Nama Mahasiswa : Muhammad Adnin Anhar
NRP : 0411124000095
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : Hasanudin, S.T., M.T.

ABSTRAK

Secara teoritis mengubah posisi badan kapal dari horisontal menjadi vertikal akan mengurangi panjang garis air dan dapat meningkatkan performa sekeeping. R/P FLIP (*Research Platform, Floating Instrument Platform*) adalah kapal penelitian yang unik. Kapal ini awalnya digunakan untuk penelitian akustik bawah laut untuk bidang kemiliteran namun kemudian berkembang ke bidang pengumpulan data meteorologi, geofisika, *physical oceanography* serta penelitian flora dan fauna laut. Kapal ini dirancang seperti sendok dan unik dalam arti bahwa kapal ini memiliki kemampuan untuk berdiri secara vertikal dari posisi kapal biasanya yaitu horisontal. Dalam penelitian ini akan didesain kapal *flip* yang mampu beroperasi selama 45 hari dilautan Indonesia dan memiliki penggerak sendiri agar dapat melakukan penjelajahan secara mandiri. Desain diawali dengan merancang *layout* awal kapal untuk mendapatkan ukuran utama kapal yaitu panjang 135 meter, lebar 11 meter, sarat kapal 4 meter dan kecepatan operasi kapal 8 knot. *Layout* kapal disesuaikan dengan *minimum requirement* terkait luasan ruangan, peralatan di atas kapal, serta *displacement* kapal. Kemudian dilakukan perhitungan teknis yang meliputi koefisien bentuk kapal dimana didapatkan koefisien blok kapal sebesar 0.515, hambatan kapal pada kecepatan dinas sebesar 56.5 kN. Poin penting yang lain yaitu penentuan sistem propulsi yang digunakan, dimana pada desain ini digunakan *retractable thruster* dengan daya mesin sebesar 1250 kW dan *tunnel thruster* dengan daya mesin 671 kW digunakan sebagai alat penggerak. Perancangan rencana garis dan rencana umum juga dilakukan guna mendapatkan gambaran mengenai bentuk kapal dan susunan ruangan yang ada dikapal, yang tidak kalah penting yaitu mengetahui peletakan tangki *ballast* yang ada dikapal. Kemudian ilustrasi akan diperjelas dengan penambahan desain tiga dimensi. Dari desain pada penelitian ini didapatkan ukuran utama kapal yaitu panjang kapal sebesar 135 meter, dengan *displacement* sebesar 3015 ton, dan kemampuan *flip* dengan *draft* maksimum pada kondisi vertikal sebesar 100 meter. Diharapkan desain yang didapat dari penelitian ini dapat menjadi referensi dalam merencanakan kapal *flip* yang dapat dioperasikan di lautan Indonesia.

Kata kunci: *flip ship*, horisontal, kapal penelitian, penggerak sendiri, vertikal

DESIGN OF FLOATING INSTRUMENT PLATFORM (FLIP) FOR INDONESIAN SEA EXPLORATION

Author : Muhammad Adnin Anhar
Student Number : 0411124000095
Department / Faculty : Naval Architecture / Marine Technology
Supervisor : Hasanudin, S.T., M.T.

ABSTRACT

Theoretically changing the position of the hull from horizontal to vertical will reduce the length of the waterline and can improve the performance of the vessel. This ship was originally used for underwater acoustic research for the military field. After it later developed into other fields ranging from meteorological data, geophysics, physical oceans as well as marine flora and fauna research. This ship is designed like a spoon and is unique in the sense that this ship has the ability to stand vertically from the position of the ship which is usually horizontal. In this research, a flip ship will be designed that can operate for 45 days in Indonesian sea and has its own propulsion in order to be able to explore independently. The design begins by designing the initial layout of the ship to get the main dimension of the ship, which is 135 meters long, 11 meters wide, 4 meters laden and the ship operating speed is 8 knots. The ship layout is adjusted to the minimum requirements related to space area, equipment onboard, and ship displacement. Then technical calculations include the shape coefficient of the ship where the coefficient of the ship block is 0.515, resistance ships at official speed of 56.5 kN. Another important point is the determination of the propulsion system used, in which in this design a retractable thruster with engine power of 1250 kW and tunnel thruster with engine power of 671 kW is used as a propulsion. The design of line plans and general arrangements are also carried out in order to get a picture of the shape of the ship and the arrangement of the existing space in the ship, which is no less important is knowing the placement of the ballast tank in the ship. Then described will be clarified with a three-dimensional design. From the design in this study, the main dimension of the ship was found to be a ship length of 135 meters, a displacement of 3015 tons, and the ability to flip with a maximum design draught in vertical conditions is 100 meters. It is hoped that the design obtained from this study can be a reference on ships that can be operated in the Indonesian seas.

Keywords: flip ship, horizontal, research vessel, self propulsion, vertical

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	v
LEMBAR REVISI.....	vii
HALAMAN PERUNTUKAN.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
ABSTRAK.....	xii
ABSTRACT	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR SIMBOL	xxi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Perumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan	3
1.4. Batasan Masalah	4
1.5. Manfaat	4
1.6. Hipotesis	4
BAB 2 DASAR TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. <i>Floating Instrument Platform</i> (FLIP).....	5
2.2. R/P FLIP	7
2.3. Teori Desain.....	8
2.3.1. Tujuan Desain	9
2.3.2. Tahapan Desain.....	9
2.4. Tinjauan Teknis Mendesain Kapal	11
2.4.1. <i>The Geosim Procedure</i>	11
2.4.2. Ukuran Utama Kapal	13
2.4.3. Koefisien Bentuk Kapal.....	13
2.4.4. Hambatan Kapal.....	15
2.4.5. Propulsi Kapal.....	16
2.5. Berat dan Titik Berat Kapal.....	17
2.6. <i>Freeboard</i>	19
2.7. Trim	19
2.8. Stabilitas Kapal.....	20
2.9. Sistem <i>Ballast</i> Kapal.....	22
2.10. Proses Adiabatik	24
2.11. Tinjauan Lokasi	25
2.11.1. Samudra Hindia	26
BAB 3 METODOLOGI	29
3.1. Bagan Alir.....	29
3.2. Identifikasi dan Perumusan Masalah.....	30
3.3. Pengumpulan Data.....	31
3.4. Studi Literatur.....	31

3.5.	Analisis Data Awal	31
3.6.	Penentuan Ukuran Utama Awal.....	31
3.7.	Perhitungan Teknis	32
3.8.	Pembuatan Desain 2D dan 3D	32
BAB 4	ANALISA TEKNIS DESAIN KAPAL.....	33
4.1.	Penentuan Operational Requirement	33
4.1.1.	<i>Objective/Purpose</i>	33
4.1.2.	Daerah Pelayaran.....	34
4.1.3.	Muatan.....	35
4.1.4.	Kecepatan Operasi dan Ketahanan Kapal	36
4.1.5.	<i>Accommodations and Provisions</i>	36
4.1.6.	Perlengkapan Kapal.....	36
4.2.	Ukuran Utama Kapal	38
4.2.1.	Koefisien Bentuk Kapal	42
4.2.2.	Hambatan Kapal	46
4.2.3.	Propulsi Kapal	49
4.2.4.	Berat Baja.....	52
4.2.5.	Peralatan dan Perlengkapan Kapal.....	54
4.2.6.	Perhitungan Kelistrikan di Kapal	57
4.2.7.	Berat <i>Crew</i> dan <i>Consumable</i>	59
4.2.8.	<i>Displacement</i> dan Titik Berat Kapal	61
4.2.9.	Perhitungan Stabilitas Kapal	63
BAB 5	DESAIN DAN OPERASIONAL KAPAL.....	67
5.1.	Rencana Garis	67
5.2.	Rencana Umum.....	69
5.2.1.	<i>Arrangement Overview</i>	69
5.3.	<i>Operational Kapal</i>	77
5.3.1.	<i>Mooring Process</i>	77
5.3.2.	<i>Flipping Procedure</i>	78
5.4.	Desain Tiga Dimensi.....	80
BAB 6	KESIMPULAN DAN SARAN	83
6.1.	Kesimpulan	83
6.2.	Saran.....	85
DAFTAR	PUSTAKA	86
LAMPIRAN		
	LAMPIRAN A PERHITUNGAN TEKNIS	
	LAMPIRAN B GAMBAR RENCANA GARIS	
	LAMPIRAN C GAMBAR RENCANA UMUM	
	LAMPIRAN D GAMBAR MODEL TIGA DIMENSI	
BIODATA	PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 R/P FLIP pada posisi <i>horizontal</i> (kiri) dan <i>verical</i> (kanan)	2
Gambar 2. 1 Kapal Flip Sedang Beroperasi	5
Gambar 2. 2 Spiral Design	9
Gambar 2. 3 Stabilitas Positif.....	20
Gambar 2. 4 Stabilitas Netral	21
Gambar 2. 5 Stabilitas Negatif	21
Gambar 2. 6 Samuder Hindia Selatan Pulau Jawa	26
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	30
Gambar 4. 1 Rute Pelayaran Kapal <i>Flip</i>	35
Gambar 4. 2 Autonomous Underwater Vehicle (AUV).....	37
Gambar 4. 3 Remotely Operated Vehicle (ROV).....	37
Gambar 4. 4 <i>Layout</i> Awal Kapal Flip.....	41
Gambar 4. 5 Hidrostatik <i>Displacement</i> Kapal.....	42
Gambar 4. 6 Hidrostatik WSA dan WPA.....	43
Gambar 4. 7 Hidrostatik Cp, Cb, Cm, Cwp.....	43
Gambar 4. 8 Hidrostatik LCB dan LCF	44
Gambar 4. 9 Hidrostatik KB dan KMt	44
Gambar 4. 10 Hidrostatik TPc	45
Gambar 4. 11 Hidrostatik MTc.....	45
Gambar 4. 12 <i>Grid</i> pada <i>Slender Body Method</i>	46
Gambar 4. 13 Hambatan Kapal	48
Gambar 4. 14 <i>Free surface</i> kecepatan 5 knot (atas), kecepatan 8 knot (bawah).....	48
Gambar 4. 15 Kebutuhan Daya Mesin	50
Gambar 4. 16 <i>Retractable Thruster</i>	51
Gambar 4. 17 Model tiga Dimensi Perkiraan Berat Baja Kapal	53
Gambar 4. 18 Kurva GZ Pada Tiga Kondisi Load Case Kondisi Horizontal	65
Gambar 4. 19 Kurva GZ Pada Dua Kondisi Load Case Kondisi Vertikal	66
Gambar 5. 1 <i>Linesplan</i>	67
Gambar 5. 2 Lambung Kapal <i>Flip</i>	68
Gambar 5. 3 <i>Overview General Arranigement</i>	70
Gambar 5. 4 <i>Outboard Profile</i>	70
Gambar 5. 5 <i>Horizontal Bow Inboard Profile</i>	71
Gambar 5. 6 <i>Vertikal Bow Inboard Profile</i>	72
Gambar 5. 7 Susunan Ruangana Pada <i>Second Deck</i> dan <i>Machinery Deck</i>	73
Gambar 5. 8 Susunan Ruangana Pada <i>Main Deck</i> dan <i>Top Deck</i>	74
Gambar 5. 9 Peletakan Tangki	75
Gambar 5. 10 Peletakan Tangki <i>Ballast</i>	79
Gambar 5. 11 Sketsa Awal Model Tiga Dimensi.....	80
Gambar 5. 12 3D Model Kapal <i>Flip</i> Posisi Horizontal	81
Gambar 5. 13 Sketsa Model Tiga Dimesi Kapal Posisi Vertikal	82
Gambar 5. 14 3D Model Kapal <i>Flip</i> Posisi Vertikal	82

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 <i>Flip Ship Data</i>	7
Tabel 2. 2 Flip Ship General Characteristics	8
Tabel 4. 1 Jumlah Peneliti	36
Tabel 4. 2 Kebutuhan <i>Displacement</i>	39
Tabel 4. 3 Ukuran Utama Kapal Awal	40
Tabel 4. 4 Ukuran Utama Kapal.....	41
Tabel 4. 5 Hambatan Kapal	46
Tabel 4. 6 Perkiraan Daya Mesin Kapal.....	49
Tabel 4. 7 Spesifikasi <i>Retractable Thruster</i>	52
Tabel 4. 8 Rekapitulasi Berat Baja Kapal.....	53
Tabel 4. 10 Perhitungan Udara Bertekanan.....	54
Tabel 4. 11 Tali Tambat	55
Tabel 4. 12 Kebutuhan Kelistrikan Kapal	57
Tabel 4. 13 Generator	58
Tabel 4. 14 Berat Kru Kapal.....	59
Tabel 4. 15 Provision.....	59
Tabel 4. 16 Kebutuhan Air	60
Tabel 4. 17 Kebutuhan Bahan Bakar Kapal	60
Tabel 4. 18 LWT Kapal.....	61
Tabel 4. 19 DWT Kapal	62
Tabel 4. 20 Pengecekan <i>Displacement</i>	63
Tabel 5. 1 Ukuran Utama Kapal Akhir.....	68
Tabel 5. 2 Rekapitulasi Tangki.....	76
Tabel 5. 3 Kru dan Awak Kapal.....	76
Tabel 5. 4 <i>Flipping Sequence</i>	79

DAFTAR SIMBOL

L	= Panjang kapal (m)
LoA	= Length Overall (m)
Lbp	= Length Between Perpendicular (m)
B	= Lebar keseluruhan kapal (m)
T	= Sarat kapal (m)
H	= Tinggi lambung kapal (m)
Vs	= Kecepatan dinas kapal (knot)
Fn	= Froud Number
Rn	= Reynolds Number
CB	= Koefisien Blok
CP	= Koefisien Prismatic
CM	= Koefisien Midship
CWP	= Koefisien Water Plane
ρ	= Massa jenis (kg/m^3)
Δ	= Displacement Kapal (ton)
LCB	= Longitudinal Centre of Boyancy (m)
VCG	= Vertical Centre of Gravity (m)
LCG	= Longitudinal Centre of Gravity (m)
LWT	= Light Weight Tonnage (ton)
DWT	= Dead Weight Tonnage (ton)
RT	= Hambatan total kapal (N)
WSA	= Luasan permukaan basah (m^2)

BAB 1

PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai hal-hal yang menjadi dasaran dalam melakukan penelitian serta koridor batasan yang digunakan dalam penelitian ini. Hal-hal yang akan dibahas pada bab ini antara lain mengenai latar belakang dari masalah yang menjadi pokok bahasan dalam penelitian, selain itu akan dijelaskan mengenai rumusan masalah, tujuan penelitian, dan batasan masalah yang digunakan dalam penelitian agar penelitian yang dilakukan terarah dan tepat sasaran, kemudian akan dijelaskan mengenai manfaat dari penelitian, yang meliputi manfaat secara akademis maupun non akademis, serta hipotesis atau dugaan awal dari hasil penelitian yang dilakukan.

1.1. Latar Belakang Masalah

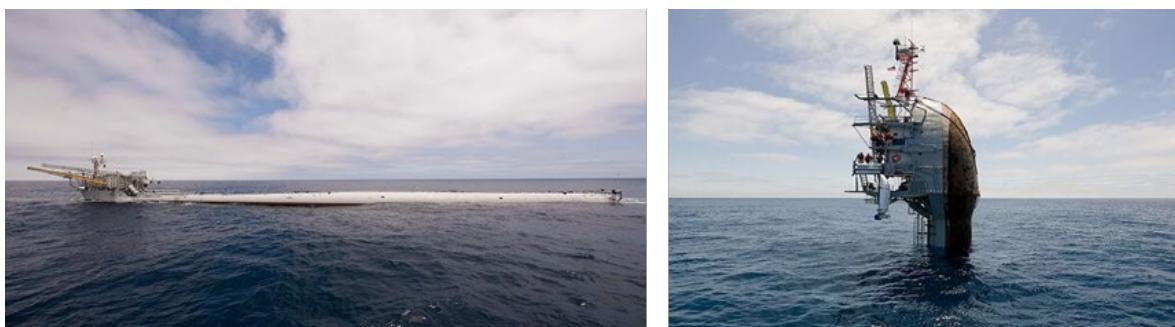
Potensi sumber daya kelautan yang dimiliki oleh Indonesia sangat besar. Selain sumber daya laut tradisional seperti ikan, rumput laut, terumbu karang, hutan mangrove, minyak bumi dan gas, mineral, bahan tambang dan galian, sejatinya laut juga memiliki banyak sumber daya lain yang dapat dioptimalkan. Di tengah ancaman kelangkaan energi seperti saat ini, misalnya, laut dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif berkekuatan masif. Energi berbasis laut dapat dihasilkan dari pemanfaatan pasang surut, angin, gelombang laut, ataupun ocean thermal energy conversion (OTEC) (Darsono, 1999).

Eksplorasi sumber daya kelautan akan lebih efektif apabila didukung dengan teknologi-teknologi yang mutakhir. Kapal, dengan berbagai fungsinya, masih menjadi pilihan yang paling pas untuk mengeksplorasi wilayah laut Indonesia. Saat ini sudah ada beberapa kapal riset yang dimiliki Indonesia seperti kapal Baruna Jaya, Geomarine, kapal seismik Elnusa, dan lain-lain. Semua kapal yang sudah dimiliki saat ini memiliki lambung konvensional dengan posisi horizontal (Baruna Jaya, 2018).

Secara teoritis dengan mengubah posisi badan kapal dari horizontal menjadi vertikal akan mengurangi panjang garis air dan meningkatkan performa seakeeping. Saat ini sudah ada kapal yang mampu beroperasi dengan posisi vertikal yaitu R/P FLIP. R/P FLIP (Research Platform, Floating Instrument Platform) adalah kapal penelitian unik yang dibuat oleh Angkatan Laut AS bekerja sama dengan Marine Physical Laboratory pada tahun 1962. Kapal

ini awalnya digunakan untuk penelitian akustik bawah laut untuk bidang kemiliteran A.S namun kemudian berkembang ke bidang pengumpulan data meteorologi, geofisika, physical oceanography dan penelitian flora dan fauna laut. Kapal ini dirancang seperti sendok dan unik dalam arti bahwa kapal ini memiliki kemampuan untuk berdiri secara vertikal dari posisi kapal biasanya yaitu horizontal (Scripps Institution of Oceanography, 2015).

Alasan utama R/P FLIP dirancang dengan konfigurasi seperti pada Gambar 1. 1 adalah posisi badan kapal vertikal memungkinkan pembacaan hasil pengukuran yang lebih akurat dibandingkan dengan posisi horizontal. Perbedaan yang cukup signifikan akan terlihat ketika kapal digunakan untuk mengukur gelombang laut dan data kelautan lainnya. Hal ini bisa terjadi karena dengan posisi badan kapal vertikal maka lebih sedikit permukaan lambung yang terkena efek gelombang permukaan. Gelombang permukaan inilah yang memiliki andil paling besar dalam menggerakkan dan mengayunkan kapal ketika dalam posisi free floating. R/P FLIP juga memiliki bentuk lambung yang unik yaitu menyerupai tongkat baseball, besar di balakang dan mengecil di tengahnya. Diameter lambung terbesarnya 6.5 meter dan terkecilnya 4 meter. Perubahan diameter ini membuat FLIP kurang responsif terhadap gerakan gelombang dalam gelombang 10 meter, total gerak vertikal FLIP kurang dari 1 meter. Lambung ini juga dirancang untuk menahan puntir (Bichucher, Cenzer, Holbert, Seyffert, & Sypniewski, 2014).



Gambar 1. 1 R/P FLIP pada posisi *horizontal* (kiri) dan *vertical* (kanan)

Sumber: (Scripps Institution of Oceanography, 2015)

R/P FLIP masih memiliki kekurangan yaitu tidak dilengkapi dengan sistem propulsi. Kapal ini mengandalkan bantuan dari kapal tunda untuk memindahkan posisinya. Selain itu, kapal ini sudah mampu mengoperasikan semua kebutuhannya secara mandiri. Termasuk proses perubahan posisi dari horizontal ke vertikal dengan cara memompakan air ke tangki pemberat yang ada di lambung belakang kapal. Proses perubahan ini membutuhkan waktu kurang lebih 30 menit dan secara otomatis akan mengubah susunan ruang akomodasi dari dinding menjadi lantai dan sebaliknya. Perubahan komposisi ini tentunya akan sangat berpengaruh kepada

penataan ruang akomodasi. Semua peralatan dan kebutuhan riset harus dapat digunakan pada posisi horizontal dan vertikal (Scripps Institution of Oceanography, 2015).

Konsep yang mirip dengan R/P FLIP ini sudah pernah diteliti oleh beberapa mahasiswa dari University of Michigan. Konsep tersebut dinamai R/V FLIP II (Research Vessel, Floating Instrument Platform II). Dengan konsep yang baru ini kapal mengalami beberapa modifikasi utamanya yaitu pada sistem propulsi kapal. R/V FLIP II ini sudah dilengkapi dengan sistem propulsi sendiri dan mampu beroperasi selama penelitian sehari-hari tanpa mengisi ulang bahan bakar, bahan makanan, dan lain-lain (Bichucher, Cenzer, Holbert, Seyffert, & Sypniewski, 2014).

Dengan mengacu kepada R/P FLIP ini, penulis berpandangan bahwa Indonesia membutuhkan kapal riset yang lebih akurat dalam pembacaan hasilnya dan unik dalam pengoperasiannya. FLIP adalah sebuah pengembangan dari konsep yang sudah diusung oleh R/P FLIP dan R/V FLIP II dengan segala kelebihan dan kekurangannya. Kapal ini direncanakan akan memiliki sistem propulsi dan sistem mooring sendiri serta beberapa perubahan komponen teknis dari R/P FLIP. FLIP ini dirancang untuk mampu beroperasi di perairan Indonesia dengan kedalaman tertentu. Untuk mendukung kerjanya, kapal ini harus didesain dengan badan kapal yang baik supaya mampu bekerja secara maksimal.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah dijelaskan pada sub bab sebelumnya, beberapa permasalahan yang akan diselesaikan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menentukan payload FLIP?
2. Bagaimana menentukan ukuran utama FLIP?
3. Bagaimana analisis teknis FLIP?
4. Bagaimana sistem propulsi FLIP?
5. Bagaimana desain FLIP, meliputi desain rencana garis, rencana umum dan model 3D?
6. Bagaimana prosedur mooring FLIP?

1.3. Tujuan

Berasarkan rumusan masalah yang sudah disusun pada sub bab sebelumnya maka didapatkan tujuan penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Mendapatkan payload berdasarkan lama penelitian di lepas pantai,
2. Mendapatkan ukuran utama FLIP,

3. Mendapatkan hasil analisis teknis dari FLIP,
4. Mendapatkan sistem propulsi FLIP,
5. Mendapatkan desain FLIP, meliputi desain rencana garis, rencana umum dan model 3D,
6. Mendapatkan prosedur mooring FLIP.

1.4. Batasan Masalah

Untuk mendapatkan pemahaman yang *comprehensive*, terarah dan tepat sasaran maka diperlukan suatu batasan permasalahan. Batasan permasalahan yang digunakan yaitu:

1. Dalam pengerjaan penelitian ini masalah teknis (desain) yang dibahas hanya sebatas concept design,
2. Perhitungan konstruksi dan keekonomian kapal diabaikan,
3. Data yang digunakan adalah data sekunder,
4. Tidak melakukan uji di towing tank,
5. Perhitungan stabilitas dan keamanan diabaikan, serta
6. Analisis seakeeping diabaikan dalam penelitian ini.

1.5. Manfaat

Dari pengerjaan tugas akhir ini, diharapkan dapat diambil manfaat dari segi akademis maupun masyarakat diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Secara akademis, diharapkan hasil penelitian ini dapat membantu menunjang proses belajar dan turut memajukan khazanah pendidikan di Indonesia,
2. Memberikan konsep desain kapal riset dengan model yang berbeda untuk menunjang proses eksplorasi wilayah laut Indonesia,
3. Berguna sebagai pemicu lahirnya inovasi pembangunan kapal riset yang lainnya,
4. Mendukung program pemerintah, khususnya Kementerian Perikanan dan Kelautan untuk lebih memanfaatkan sumber daya maritim mulai dari perikanan sampai energi terbarukan, serta
5. Sebagai referensi bagi desainer kapal dalam mendesain kapal riset.

1.6. Hipotesis

Kapal FLIP yang memiliki penderak sendiri berpotensi dalam mempercepat proses penelitian dan survei, serta diperkirakan dapat mengurangi biaya sewa *tug service* karena sebelumnya menggunakan bantuan dari *tugboat* untuk beroperasi.

BAB 2

DASAR TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai teori dan pustaka apa saja yang digunakan oleh penulis guna menunjang pengerjaan penelitian ini. Teori dan pustaka merupakan rujukan dari buku, *proceedings*, ataupun jurnal yang memiliki topik yang bersangkutan dengan penelitian ini.

2.1. *Floating Instrument Platform (FLIP)*

Flip Ship (Platform Instrumen Terapung) adalah kapal penelitian unik yang dibuat oleh Angkatan Laut AS bekerja sama dengan Laboratorium Fisika Kelautan pada tahun 1962. Kapal ini dirancang seperti sendok, berdiri di ketinggian 355 kaki dan unik dalam artian memiliki fleksibilitas untuk berdiri secara vertikal dari posisi kapal secara *horizontal*. Fitur paling unik dari jenis kapal ini adalah dapat berpindah dari posisi horisontal ke vertikal untuk tujuan penelitian (Scripps Institution of Oceanography, 2015).



Gambar 2. 1 Kapal Flip Sedang Beroperasi
Sumber: (Scripps Institution of Oceanography, 2015)

Seluruh pergeseran kapal flip dari posisi horizontal ke vertikal membutuhkan waktu sekitar 28 menit dan itu layak dilihat. Dengan membiarkan air meresap ke dalam tangki pemberatnya, 300 meter kapal tenggelam di dalam air, memungkinkan Kapal Flip untuk menjalankan tujuannya menjadi Kapal Riset yang akurat. Alasan utama mengapa Kapal Penelitian ini dirancang dengan cara ini adalah karena, umumnya posisi horizontal kapal tidak memungkinkan pembacaan akurat gelombang dan data kelautan lainnya yang relevan karena pergerakan bentuk alami kapal mengurangi potensi alat pengukur. Oleh karena itu Flip Ship dibuat yang dapat menyelesaikan masalah potensi perangkat pengukur dengan memberikan fleksibilitas kepada Kapal Riset untuk berdiri secara vertikal dan independen dari gelombang di dalam air dan meneruskan penelitiannya sesuai dengan itu. Kapal dapat menghadapi gelombang hingga 80 kaki dan dapat dikendalikan baik di perairan dangkal maupun dalam. Selain itu, karena tujuan utama Flip Ship adalah untuk membantu dan memainkan peran penting dalam meneliti perairan laut, kapal itu tidak memiliki mesin dan untuk memindahkannya ke perairan, derek digunakan untuk melakukan operasi. Kecepatan maksimum kapal ketika diderek ke perairan sekitar 7-10 knot dan sekali vertikal di perairan, itu tidak memerlukan dukungan tambahan untuk menjaganya tetap vertikal (Ashish, 2020).

Flip Ship digunakan untuk meneliti tentang panjang gelombang, kerapatan dan suhu air, akustik air dan data meteorologi lain yang relevan yang dapat membantu studi flora dan fauna laut. Aspek unik lain dari Kapal Flip adalah bahwa hanya satu kapal penelitian tersebut telah dirancang dan oleh karena itu pentingnya Kapal Flip meningkat dengan jumlah yang cukup besar. Itulah sebabnya, untuk mengikuti perkembangan teknologi modern, Flip Ship mengalami renovasi pada tahun 1995 dan telah dapat memprediksi banyak hal penting dan perubahan yang terjadi pada laut dan kehidupan laut secara konstan. Instrumen penelitian dirancang menyamping sedemikian rupa sehingga ketika kapal berubah dari posisi horizontal ke posisi vertikal, instrumen akan diubah ke posisi yang dapat digunakan secara otomatis (Ashish, 2020).

Interior dan dek kru Kapal Flip juga dirancang dengan mengingat pergeseran horizontal-ke-vertikal kapal. Ada dua pintu ke setiap kamar di kapal untuk memudahkan masuk ketika kapal itu horisontal dan ketika kapal itu vertikal. Tempat tidur susun, kompor gas, dan toilet dikandung sedemikian rupa sehingga dapat diputar dan dapat digunakan dengan tepat, terlepas dari posisi kapal. Untuk melakukan manuver, kapal kembali ke posisi istirahat horisontal, udara tekan digunakan untuk melepaskan air di tangki pemberat dan kapal diubah ke posisi istirahatnya. Kapal Penelitian tidak hanya inovatif dalam desainnya tetapi juga cerdas dalam operasinya. Selama empat dekade kapal itu telah dibuat, kapal ini telah membantu Angkatan

Laut AS untuk melakukan operasi penelitiannya dengan kesuksesan besar dan kredibel (Ashish, 2020).

2.2. R/P FLIP

R / P FLIP (FLoating Instrument Platform) adalah platform penelitian samudra terbuka yang dimiliki oleh Kantor Penelitian Angkatan Laut AS (ONR) dan dioperasikan oleh Scripps Institution of Oceanography. Platform ini memiliki panjang 108 meter (355 kaki) dan dirancang untuk membanjiri sebagian dari ruangntta dan menurunkan posisinya 90° ke belakang, sehingga hanya bagian depan 17 meter (55 kaki) dari platform yang mengarah keluar dari air, dengan sekat menjadi geladak. Ketika dibalik, sebagian besar ballast untuk platform disediakan oleh air pada kedalaman di bawah pengaruh gelombang permukaan, karenanya FLIP stabil dan sebagian besar kebal terhadap aksi gelombang yang mirip dengan spar buoy. Di akhir misi, udara bertekanan dipompa ke tangki pemberat di bagian yang dibanjiri dan platform, yang tidak memiliki tenaga, kembali ke posisi horizontal sehingga dapat ditarik ke lokasi baru (Jean, 2014).

Tabel 2. 1 *Flip Ship Data*

<i>Owner</i>	<i>Office of Naval Research</i>
<i>Operator</i>	<i>Sripps Institution of Oceanography</i>
<i>Builder</i>	<i>Gunderson Brothers Engineering Portland, Oregon</i>
<i>Cost</i>	<i>Approximately US\$40.5 M</i>
<i>Launched</i>	<i>22 June 1962</i>
<i>Completed</i>	<i>23 July 1962</i>
<i>In service</i>	<i>September 1962</i>
<i>Identification</i>	<i>Call sign: WI7115 MMSI number: 338040561</i>
<i>Status</i>	<i>Operational</i>

FLIP dirancang untuk mempelajari tinggi gelombang, sinyal akustik, suhu dan kerapatan air, dan untuk pengumpulan data meteorologi. Karena potensi gangguan dengan instrumen akustik, FLIP tidak memiliki sarana penggerak. Itu harus ditarik ke air terbuka, di mana ia melayang bebas atau berlabuh. FLIP memiliki berat 700 ton grosstonnage. Ini membawa awak lima, ditambah hingga sebelas ilmuwan. Kapal ini mampu beroperasi secara independen selama misi sebulan penuh tanpa pasokan. Kapal ini dapat dioperasikan di seluruh dunia, meskipun area normal berada di lepas pantai barat Amerika Serikat. Kapal ini memiliki

interior yang dirancang khusus. Beberapa perlengkapan, seperti kursi toilet, dapat terbalik 90°. Lampu berada di langit-langit dan juga di dinding yang menjadi langit-langit setelah flip. Juga, kepala pancuran melengkung 90°. Kapal beroperasi di luar pangkalan di Scripps 'Nimitz Marine Facility di San Diego, California (Jean, 2014).

Tabel 2. 2 Flip Ship General Characteristics

<i>Type</i>	<i>Research platform</i>
<i>Tonnage</i>	<i>700 GT</i>
<i>Length</i>	<i>108 m (355ft)</i>
<i>Beam</i>	<i>7.93 m (26 ft)</i>
<i>Draught</i>	<i>Towed: 3.83 m (12.6 ft)</i> <i>Deployed: 91.4 m (300 ft)</i>
<i>Installed Power</i>	<i>2 x 150 kW (200 hp) diesel generators</i> <i>1 x 40 kW (54 hp) aux generators</i>
<i>Propulsion</i>	<i>None</i>
<i>Speed</i>	<i>Towed: 7 – 10 kn</i>
<i>Endurance</i>	<i>35 days</i>
<i>Capacity</i>	<i>Fresh water: 5680 L</i> <i>Water generation: 120 L/h</i>
<i>Complement</i>	<i>5 crew, 11 reserchers</i>

2.3. Teori Desain

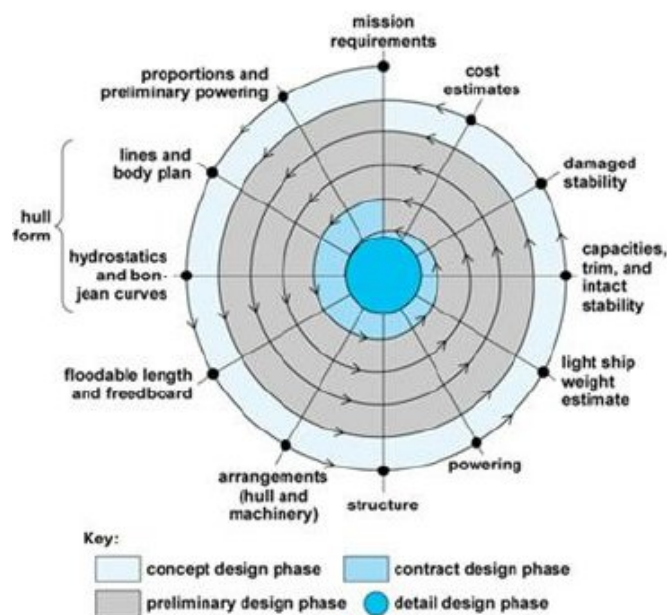
Mendesai sesuatu dibedakan menjadi dua berdasarkan latar belakang dari sesuatu yang didesain, yang pertama yaitu "invention" yang merupakan eksploitasi dari ide-ide asli untuk menciptakan suatu produk yang baru atau sebuah produk yang belum pernah ada sebelumnya, yang kedua yaitu "innovation" yaitu sebuah pembaharuan atau rekayasa desain terhadap produk yang sudah ada sebelumnya (Putra & Kurniawati, 2017). Proses mendesain merupakan proses yang berulang dimana seluruh perencanaan dan analisis dilakukan secara berulang agar didapatkan hasil yang maksimal. Biasanya sebuah desain dalam pembuatannya melalui tahapan-tahapan tertentu dimana dijelaskan pada spiral design bahwa ada 4 tahapan dalam mendesain yaitu, *concept design*, *preliminary design*, *contract design*, dan *detail design* (Pribadi, Wahidi, & Baihaqi, 2018).

2.3.1. Tujuan Desain

Dalam proses awal mendesai sebuah kapal diperlukan adanya tujuan atau kegunaan dari kapal yang akan di desain sebagai acuan awal yang dipakai oleh desainer dalam mendesain dan menentukan pilihan-pilihan yang rasional ketika mendesain. Selain itu diperlukan data permintaan dari *owner* selaku pemilik kapal mengenai jenis kapal apa yang akan di desain, rute pelayaran, muatan dan kapasitas dari kapal. Data dari pihak owner ini nantinya akan di olah oleh desainer dan diterjemahkan menjadi sebuah data kompleks mengenai kapal yang akan di desain.

2.3.2. Tahapan Desain

Mendesain kapal berbeda dengan mendesai benda benda atau kendaraan lainnya. Desain kapal merupakan proses yang terjadi terus menerus yang berarti dalam tiap tahapannya desain akan mengalami koreksi secara terus menerus samapai kapal tersebut berhasil dibangun. Tahapan desain dibagi menjadi *Concept Design*, *Preliminary Design*, *Contract Design*, dan *Detail Design*. Keempat tahapan ini biasanya digambarkan dengan bentuk spiral sehingga dapat disebut sebagai *spiral design* (Pribadi, Wahidi, & Baihaqi, 2018).



Gambar 2. 2 Spiral Design
(Pribadi, Wahidi, & Baihaqi, 2018)

Konsep *spiral design* terdiri dari empat tahapan seperti yang dijelaskan sebelumnya, dimana pada setiap tahap terdiri dari beberapa bagian kerja yang berurutan dan berkesinambungan yang meliputi *owner requirement*, *propulsion and powering*, *lines plan*, *hydrostatic and bonjean curve*, *freeboard*, *hull and machinery arrangements*, *structure*,

lightship weight estimation, capacities, trim and intact stability, damage stability, dan cost estimate. Ilustrasi dari spiral design dapat dilihat pada Gambar 2. 2.

1. Tahap *Concept Design*

Fase ini merupakan tahap awal dari pembuatan design kapal. Pada tahap ini, permintaan pemilik kapal (*owner requirement*) berupa tonnase kapal, tipe kapal, kecepatan kapal, daerah pelayaran, dan jenis muatan diterjemahkan oleh desainer kapal dalam bentuk konsep. Perhitungan-perhitungan dalam fase ini merupakan perhitungan yang masih umum dimana hanya berfokus pada batasan-batasan yang harus diperhatikan secara umum, seperti keselamatan kapal, kinerja kapal, dan faktor ekonomi pembangunan kapal.

2. Tahap *Preliminary Design*

Fase *preliminary design* merupakan pengembangan dari tahap *conceptual* dengan menetapkan alternatif kombinasi yang lebih jelas, sehingga pada akhirnya didapatkan gambaran utama kapal dan kecepatan servis-nya, begitu juga daya motor yang diperlukan, demikian pula dengan daftar sementara peralatan permesinan. Selama *Preliminary design*, perancangan kapal dikembangkan untuk mendapatkan tingkatan tertentu untuk menjamin secara teknis bahwa semua persyaratan perancangan kapal dapat terpenuhi.

3. Tahap *Contract Design*

Sesuai dengan namanya, fase ini pada prinsipnya adalah fase dimana dokumen kontrak pembuatan kapal dibuat. Tujuan dari fase *contract design* adalah untuk mengembangkan perancangan kapal dalam bentuk yang lebih mendetail, termasuk didalamnya adalah estimasi secara akurat seluruh biaya pembuatan kapal. Pada tahap ini pun, detail *contract guidance drawing* dibuat untuk pelaksanaan pekerjaan agar tepat dan sesuai dengan perancangan. *Contract design* biasanya menghasilkan satu set spesifikasi dan gambar, serta daftar peralatan permesinan. Pada prakteknya, langkah pada fase ini bisa lebih dari satu putaran desain spiral. Ini adalah karena faktor kepentingan-kepentingan yang dimiliki oleh pemilik kapal yang harus dikomunikasikan dengan desainer kapal. Oleh karena itu pada langkah ini mungkin terjadi perbaikan hasil-hasil *preliminary desain*, atau *trade off* bagian-bagian desain tertentu. *General arrangement detail* dibuat juga pada tahap ini, termasuk juga mengenai kapasitas, permesinan, gudang, bahan bakar, air tawar, dan ruang ruang akomodasi. Kemudian dibuat juga spesifikasi rencana standar kualitas dari bagian badan kapal serta peralatan-peralatan yang akan digunakan. Pada intinya, produk dari kontrak desain adalah rencana kontrak dan spesifikasi yang menjadi acuan dalam pelaksanaan pembuatan kapal.

4. Tahap *Detail Design*

Dalam fase ini, gambar kerja dan kebutuhan data lainnya untuk membuat kapal semakin dikembangkan. Fase detail design bisa juga merupakan *Final design stage*, dimana seluruh keputusan perancangan seperti seleksi tipe permesinan, ukuran pelat, dan hal-hal lainnya telah dibuat dan dikonfirmasi dengan baik. Seluruh sistem yang dibutuhkan kapal, mesin utama dan mesin bantu telah dibuat secara terperinci, demikian pula pabrik pembuat yang diinginkan. Final design adalah detail design yang mencakup semua rencana dan perhitungan yang diperlukan untuk proses konstruksi dan operasional kapal. Bagian terbesar dari pekerjaan ini adalah produksi gambar kerja yang diperlukan untuk digunakan oleh mekanik untuk membangun lambung kapal, menginstalasi kabel-kabel dan perpipaan, dan menginstalasi mesin-mesin baik mesin induk maupun mesin bantu.

2.4. Tinjauan Teknis Mendesain Kapal

Dalam mendesain kapal harus diperhatikan juga faktor-faktor teknis yang mempengaruhi desain kapal seperti banyaknya muatan, gaya angkat air, hambatan dll. Faktor faktor tersebut tidak boleh diabaikan karena sangat berpengaruh pada performa kapal yang akan didesain. Faktor faktor tersebut sangat berpengaruh juga terhadap ukuran utama kapal, apabila ukuran utama kapal berubah otomatis faktor teknis seperti hambatan, *displacement*, *freeboard*, dan faktor-faktor teknis lainnya ikut berubah, sehingga sangat perlu diperhatikan bagaimana cara menentukan ukuran utama kapal.

2.4.1. *The Geosim Procedure*

Menurut (Barras, 2004) dalam bukunya yang berjudul *Ship Design and Performance for Masters and Mates, The Geosim Procedure* merupakan salah satu metode penentuan ukuran utama yang digunakan ketika sebuah permintaan memiliki kesamaan geometris dengan kapal pembanding, dalam hal ini dapat digunakan satu kapal pembanding sebagai acuan. Metode ini biasa digunakan untuk menentukan ukuran utama pada kapal jenis baru dikarenakan keberadaan kapal yang masih terbatas dengan menggunakan koefisien perbandingan geometris ukuran utama (K). Data yang dibutuhkan untuk menggunakan metode ini adalah ukuran utama kapal seperti panjang kapal (L), lebar kapal (B), sarat kapal (T), dan tinggi kapal (H) dengan CD (*Coefficient Displacement*) dan CB (*Coefficient Block*) yang dihasilkan memiliki nilai yang hampir serupa.

Adapun tahapan dalam penentuan ukuran utama menggunakan *The Geosim Procedure* seperti dibawah ini

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

$$\left(\frac{L_2}{L_1}\right)^3 = \frac{W_2}{W_1} \quad (2.1)$$

$$\frac{L_2}{L_1} = \left(\frac{W_2}{W_1}\right)^{\frac{1}{3}} = K \quad (2.2)$$

Dimana:

W_2 = DWT kapal yang dirancang (ton)

W_1 = DWT kapal acuan (ton)

5. Ukuran utama kapal yang dirancang didapatkan dengan formula

$$L_2 = K \times L_1 \quad (2.3)$$

$$B_2 = K \times B_1 \quad (2.4)$$

$$T_2 = K \times T_1 \quad (2.5)$$

$$H_2 = K \times H_1 \quad (2.6)$$

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

C_D merupakan koefisien perbandingan antara DWT dan *displacement* (ton) pada keadaan muatan penuh pada summer loaded waterline (SLWL).

$$C_D = \frac{DWT \text{ (ton)}}{Displacement \text{ (ton)}} \quad (2.7)$$

C_B merupakan koefisien perbandingan antara volume kapal yang tercelup air dengan volume balok kapal ($L \times B \times T$).

$$C_B = \frac{Displacement \text{ (ton)}}{L \times B \times T \times \rho} \quad (2.8)$$

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

$$\Delta_2 = L_2 \times B_2 \times T_2 \times C_B \times \rho \quad (2.9)$$

Dimana:

Δ_2 = *Displacement* kapal dirancang (ton)

ρ = Massa jenis air laut (ton/m³)

8. Kesesuaian penggunaan metode *geosim* dapat disesuaikan dengan formula

$$C_{D2} = \frac{DWT_2}{\Delta_2} \quad (2.10)$$

Nilai C_{D2} diharapkan mendekati nilai C_{D1} ($C_{D2} \approx C_{D1}$) (Barras, 2004)

2.4.2. Ukuran Utama Kapal

Perancangan sebuah kapal pada umumnya berawal dari penentuan ukuran utama kapal yang akan menjadi permulaan untuk menghitung karakteristik badan kapal dan juga performanya. Penentuan ukuran utama kapal dapat diperoleh dari data kapal pembanding atau menggunakan cara lain seperti menyesuaikan dengan kondisi rute pelayaran kapal. Namun, pada pengerjaan Tugas Akhir ini penentuan ukuran utama kapal awal berdasarkan *layout* awal kapal yang mengikuti kebutuhan dari *payload* kapal (Watson, 1998).

Adapun penjelasan mengenai ukuran utama kapal adalah sebagai berikut:

1. (*Length Overall*) merupakan panjang kapal secara keseluruhan yang diukur secara horizontal dari titik depan dan titik belakang terluar kapal.
2. *Lpp (Length Between Perpendicular)* merupakan panjang kapal yang diukur antara garis tegak vertikal pada poros kemudi/*rudder* (after perpendicular) dan garis tegak vertikal di haluan yang ditarik pada perpotongan linggi haluan dengan sarat kapal (fore perpendicular).
3. *Bm (Breadth Moulded)* merupakan lebar terbesar diukur dari bidang tengah kapal. Untuk kapal baja dan logam lainnya, *breadth moulded* diukur tanpa kulit, sedangkan untuk kapal kayu atau berbahan non-logam diukur dari jarak antara dua sisi terluar kulit kapal.
4. *H (Height)* merupakan jarak vertikal yang diukur pada bidang tengah kapal/*midship*, dari atas lunas hingga sisi atas geladak disisi kapal.
5. *T (Draught)* merupakan jarak vertikal yang diukur dari sisi atas lunas sampai ke permukaan air.

2.4.3. Koefisien Bentuk Kapal

Koefisien bentuk kapal merupakan konstanta yang menggambarkan karakteristik bentuk dari badan kapal. Hal ini diperlukan untuk mengetahui bagaimana karakteristik lambung kapal ketika berinteraksi dengan fluida.

1. Koefisien *Block* (C_B)

Koefisien Blok adalah perbandingan volume antara badan kapal yang tercelup air dengan volume balok yang memiliki dimensi $L \times B \times H$ kapal. Menurut Watson & Gilfillan

dapat menggunakan rumus pendekatan melalui fungsi *Froude Number* (Parsons, 2003). Seperti yang di tunjukkan pada persamaan (2.1) di bawah ini:

$$C_B = -4.22 + 27.8\sqrt{Fn} - 39.1Fn + 46.6Fn^3 \quad (2.11)$$

2. Koefisien *Midship* (C_M)

Untuk mendapatkan nilai C_M pada desain awal, Menurut Watson & Gilfillan dapat menggunakan rumus pendekatan melalui fungsi C_B (Parsons, 2003). Seperti yang di tunjukkan pada persamaan (2.2) berikut:

$$C_M = 1.006 - 0.0056C_B^{-3.56} \quad (2.12)$$

3. Koefisien Prismatik (C_P)

Koefisien Prismatik adalah perbandingan antara volume badan kapal yang tercelup di dalam air dengan volume prisma segi empat yang memiliki luas penampang gading terbesar dan panjang L . Nilai C_P dapat dicari dengan perbandingan nilai C_B dengan C_M .

$$C_P = \frac{C_B}{C_M} \quad (2.13)$$

4. Koefisien Waterplan (C_{WP})

Koefisien *waterplan* merupakan perbandingan luas bidang air pada sarat dengan luas persegi yang memiliki dimensi $L_{wl} \times B$. Untuk mendapatkan nilai C_{WP} pada desain awal, Menurut Watson & Gilfillan dapat menggunakan rumus pendekatan melalui fungsi C_B . Seperti yang di tunjukkan pada persamaan di bawah,

$$C_{WP} = \frac{C_B}{(0.471 + 0.551C_B)} \quad (2.14)$$

5. LCB

LCB merupakan letak memanjang dari titik apung (*buoyancy*). Nilai LCB dapat bernilai positif maupun negatif dari titik tengah kapal (*midship*) yang mempengaruhi hambatan kapal dan juga trim (Parsons, 2003).

$$LCB = -13.5 + 19.4C_P \quad (2.15)$$

6. Displacement

Displacement adalah berat air yang dipindahkan oleh badan kapal yang merupakan hasil konversi dari volume air yang dipindahkan (*volume displacement*) menjadi satuan massa (ton).

$$\text{Volume Disp } (\nabla) = L \times B \times T \times C_B \text{ (m}^3\text{)} \quad (2.16)$$

$$\text{Disp } (\Delta) = \text{VolumeDisp } (\nabla) \times \rho_{\text{air laut}} \text{ (ton)} \quad (2.17)$$

2.4.4. Hambatan Kapal

Hambatan (*Resistance*) merupakan gaya yang berlawanan dengan arah gerak kapal yang ditimbulkan akibat dorongan *fluida* yang menyentuh badan kapal (Harvald, S.S, 1983). Pada pengerjaan Tugas Akhir ini metode yang digunakan untuk menghitung hambatan ialah metode Holtrop dan Mennen dengan persamaan sebagai berikut:

$$R_T = \frac{1}{2} \rho V^2 S_{Tot} [C_F(1 + k) + C_A] + \frac{R_W}{W} W \quad (2.18)$$

1. 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,

$$C_F = \frac{0.075}{(\log Rn - 2)^2} \quad (2.19)$$

2. 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.

3. Koefisien Bentuk ($1+k$)

Koefisien bentuk badan kapal dapat dihitung menggunakan persamaan berikut,

$$(1 + k) = (1 + k_1) + [(1 + k_2) - (1 + k_1)] \frac{S_{app}}{S_{tot}} \quad (2.20)$$

4. Corelation Allowance (C_A)

C_A adalah faktor penambahan terhadap nilai hambatan kapal yang disebabkan oleh efek kekasaran pada lambung selama kapal mendapatkan hambatan kapal (Molland, Turnock, & Hudson, 2011). C_A juga dapat ditentukan dengan menggunakan formula dibawah:

$$C_A = 0.006(L + 100)^{-0.16} - 0.00205 + 0.003 \sqrt{\frac{L}{7.5}} C_B^4 c_2 (0.004 - c_4) \quad (2.21)$$

Dimana

$$c_4 = \frac{T_F}{L} \text{ saat } \frac{T_F}{L} \leq 0.04 \quad (2.22)$$

Atau

$$c_4 = 0.04 \text{ saat } \frac{T_F}{L} > 0.04 \quad (2.23)$$

5. Koefisien Hambatan Gelombang (R_w)

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

$$R_W = C_1 \cdot C_3 \cdot C_3 \cdot e^{m_1 \times Fn^d + m_2 \cos(\lambda Fn^2)} \quad (2.24)$$

6. Gaya Berat (W)

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

2.4.5. Propulsi Kapal

Setelah mengetahui hambatan total yang dihasilkan kapal, desainer dapat menentukan kapasitas mesin induk untuk melawan hambatan tersebut. Kapasitas dari mesin induk yang memenuhi dapat ditentukan dengan mencari nilai *Break Horse Power* (BHP). Berikut adalah cara 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, 2003). Untuk mendapatkan nilai EHP dapat dilakukan dengan persamaan di bawah,

$$P_E = R_T \times v \text{ (kW)} \quad (2.25)$$

2. *Thrust Horse Power* (THP)

THP merupakan daya dorong efektif yang berkurang dikarenakan perputaran *propeller* pada air, didapatkan dengan persamaan di bawah,

$$P_T = P_E \times \frac{(1 - \omega)}{(1 - t)} \text{ (kW)} \quad (2.26)$$

3. *Delivery Horse Power (DHP)*

DHP merupakan daya yang sampai pada propeller. Dipengaruhi oleh efisiensi *hull* (η_H), *relative-rotative efficiency* (η_R), dan *open water efficiency* (η_o) (Parsons, 2003). Untuk mencari nilai DHP dapat menggunakan persamaan di bawah,

$$P_D = \frac{P_E}{\eta_H \cdot \eta_R \cdot \eta_o} \text{ (kW)} \quad (2.27)$$

4. *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, 2003).

$$P_S = \frac{P_D}{\eta_S \cdot \eta_B} \quad (2.28)$$

5. *Break Horse Power (BHP)*

BHP merupakan daya yang dibutuhkan oleh mesin induk untuk mencapai kecepatan yang direncanakan (Parsons, 2003). Persamaan untuk menghitung BHP adalah,

$$P_B = \frac{P_S}{\eta_t} \quad (2.29)$$

6. *Maximum Continues Rates (MCR)*

MCR adalah daya yang telah ditambahkan akibat *loss* dari hal yang lain. Pertambahan daya dari BPH menuju MCR disebut *service margin* yang nilainya sebesar 15%-25%.

2.5. Berat dan Titik Berat Kapal

Pada proses mendesain kapal, perhitungan berat dan titik berat menjadi salah satu aspek penting karena berat menjadi salah satu batasan dalam menentukan ukuran utama. Selain itu berat dan titik berat kapal dapat berpengaruh terhadap batasan desain lainnya seperti trim, stabilitas kapal, kekuatan kapal, dll. Perhitungan berat pada kapal umumnya terbagi menjadi dua komponen, yaitu LWT (*Lightweight Tonnage*) dan DWT (*Deadweight Tonnage*) (Parsons, 2003).

1. Berat LWT

Berat LWT digolongkan menjadi beberapa bagian yaitu:

a. Berat Komponen Baja kapal

Merupakan seluruh berat dari baja kapal yaitu lambung kapal atau daerah dibawah geladak utama, dan berat dari bangunan atas dan rumah geladak.

b. Berat komponen sistem kapal

Merupakan berat dari seluruh komponen sistem yang ada di kapal meliputi berat sistem propulsi, berat sistem kelistrikan, dan berat sistem sistem lainnya yang ada di kapal.

2. Berat DWT

Terdiri atas beberapa komponen, meliputi berat muatan, bahan bakar, berat air tawar yang dibawa, berat provision, berat orang yang ada di kapal, dan berat barang bawaan.

3. Titik berat kapal

Titik berat benda adalah suatu titik pada benda tersebut dimana berat dari seluruh bagian benda terpusat pada titik itu. Inilah yang mendasari perhitungan titik berat kapal, dimana perhitungan titik berat kapal merupakan gabungan dari seluruh komponen benda yang ikut terapung bersama kapal. Dalam mencari titik berat terdapat dua jenis pendekatan, yaitu pendekatan dengan formula yang didapat dari hasil penelitian dan eksperimen, serta pendekatan terhadap bentuk bidang dan ruang seperti persegi, persegi panjang, lingkaran dll.

Titik berat kapal dibagi menjadi dua yaitu titik berat secara memanjang dan titik berat secara melintang. Titik berat secara memanjang biasanya disebut dengan LCG (*Longitudinal centre of Gravity*) dengan titik AP kapal yang biasanya dijadikan titik acuan. Dan untuk titik berat melintang biasanya disebut dengan VCG (*Vertical Centre of Gravity*) dengan keel sebagai acuannya.

4. Batasan berat dan titik berat

Kapal diharapkan memnuhi aspek yang ideal dalam hal berat dan titik berat, karena dampaknya pada aspek teknis lainnya. Kondisi ideal yang dimaksud disini adalah kondisi dimana kapal tidak mengalami trim yang berlebihan sehingga harus dilakukan pemeriksaan terhadap displasemen dan titik berat kapal.

a. Koreksi displasemen

Merupakan koreksi yang digunakan untuk mengetahui selisih antara gaya apung dan gaya berat. Adapun batasan minimum dari harga selisih antara gaya apung dan gaya berat sebesar 10% dari harga gaya apung.

b. Koreksi titik berat

Koreksi titik berat merupakan koreksi yang diketahui selisih antar jarak titik apung dan titik berat. Untuk batasan maksimum dari harga selisih antara jarak titik apung dan titik berat yaitu sebesar 1% dari harga panjang garis air.

2.6. *Freeboard*

Freeboard atau lambung timbul merupakan selisih secara vertikal antara tinggi kapal (H) dan sarat kapal (T) yang ditandai pada *summer loadline* dan diukur pada kedua sisi bagian tengah kapal/*midship*. *Freeboard* menjadi aspek penting dalam mendesain kapal karena *freeboard* menjadi daya apung cadangan kapal sehingga memiliki dampak terhadap keselamatan. Pada umumnya dalam menghitung *freeboard* mengacu pada ICLL (*International Convention on Load Lines, 1966 on London*) (International Maritime Organization, 1966).

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

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

2.7. *Trim*

Trim merupakan suatu keadaan kapal yang miring secara memanjang dan ditandai dengan perbedaan sarat depan dan sarat belakang kapal, hal ini terjadi dikarenakan titik berat kapal secara memanjang/LCG dan titik gaya apung kapal secara memanjang/LCB yang tidak terletak segaris.

Trim dibedakan menjadi dua, yaitu *trim by bow* dan *trim by stern*. *Trim by bow* terjadi apabila LCG terletak di depan LCB kapal, sedangkan *trim by stern* terjadi apabila LCG terletak di belakang LCB kapal. Berdasarkan *SOLAS Chapter II-1, Part B-1, Reg 5-1* (International Maritime Organization, 2004), keadaan yang dapat ditoleransi pada saat mendesain ialah *trim* kapal baik itu *by bow* ataupun *by stern* nilainya tidak boleh lebih dari $\pm 0.5\% * LWL$.

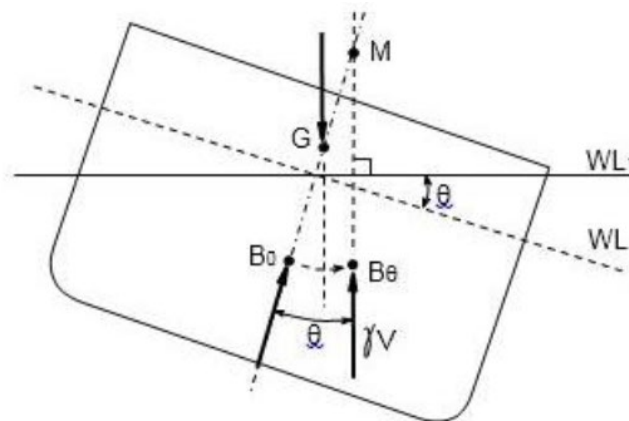
2.8. Stabilitas Kapal

Stabilitas kapal merupakan kemampuan kapal untuk kembali ke posisi kesetimbangannya setelah mendapat gangguan gaya eksternal pada saat berlayar/beroperasi ataupun diam yang dapat berupa angin, ombak dan gelombang. Adapun perhitungan stabilitas kapal dilakukan secara melintang kapal, dikarenakan pada prakteknya gerakan *rolling* adalah yang paling sering terjadi pada kapal karena kapal lebih mudah untuk diganggu kesetimbangannya secara melintang dibandingkan secara memanjang (Biran, 2003).

Pada prinsipnya keadaan stabilitas dibagi menjadi tiga yaitu :

a. Stabilitas Positif (*Stable Equilibrium*)

Suatu keadaan dimana titik G berada di bawah titik M, sehingga sebuah kapal yang memiliki stabilitas yang bagus sewaktu oleng dan memiliki kemampuan untuk menegak kembali. Ilustrasi dari stabilitas positif dapat dilihat pada Gambar 2. 3 dibawah ini.

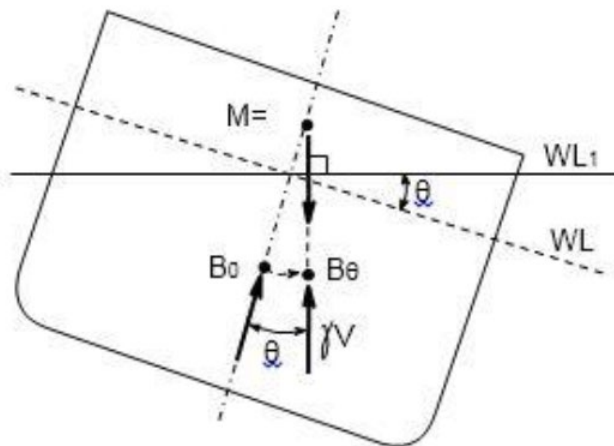


Gambar 2. 3 Stabilitas Positif

Sumber: (Resnaji & Hasanudin, 2018)

b. Stabilitas Netral (*Neutral Equilibrium*)

Suatu keadaan stabilitas dimana titik G berhimpit dengan titik M. Maka momen penegak kapal yang memiliki stabilitas netral sama dengan nol, atau tidak memiliki kemampuan untuk menegak kembali sewaktu oleng. Ilustrasi dari stabilitas netral dapat dilihat pada gambar Gambar 2. 4.

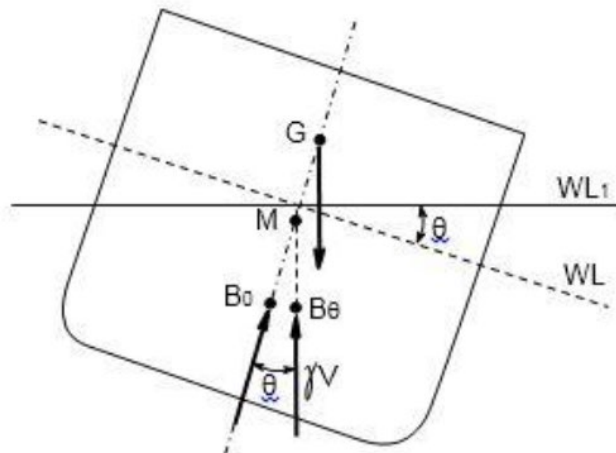


Gambar 2. 4 Stabilitas Netral

Sumber: (Resnaji & Hasanudin, 2018)

c. Stabilitas Negatif (*Unstable Equilibrium*)

Suatu keadaan stabilitas dimana titik G berada di atas titik M, sehingga sebuah kapal yang memiliki stabilitas negatif sewaktu oleng tidak memiliki kemampuan untuk menegak kembali, bahkan sudut oleng akan bertambah besar, yang menyebabkan kapal akan bertambah miring lagi bahkan bisa menjadi terbalik/*capsize*. Ilustrasi dari stabilitas *negative* dapat dilihat pada Gambar 2. 5 dibawah ini.



Gambar 2. 5 Stabilitas Negatif

Sumber: (Resnaji & Hasanudin, 2018)

Kriteria stabilitas yang digunakan pada perhitungan mengacu pada IS (*Intact Stability*) Code Ch 3.1 yaitu:

- a. $e_{0 30^{\circ}} \geq 0.055 \text{ m.rad}$

Luasan minimum di bawah kurva lengan statis GZ sampai dengan sudut oleng 30° adalah 0.055 m.rad

b. $e_{0,40} \geq 0.09$ m.rad

Luasan minimum dibawah kurva lengan statis GZ sampai dengan sudut oleng 40° adalah 0.09 m.rad

c. $e_{30,40} \geq 0.03$ m.rad

Luasan minimum dibawah kurva lengan statis GZ antara sudut oleng 30° - 40° adalah 0.03 m.rad

d. $h_{30} \geq 0.20$ m

Lengan statis GZ pada sudut oleng $\geq 30^\circ$ tidak boleh kurang dari 0.20 meter

e. $GM_0 \geq 0.15$ m

Tinggi jari-jari metasenter awal $GM_0 \geq 0.15$ meter

f. H_{max} pada $\theta_{max} \geq 25^\circ$

Lengan statis GZ maksimum harus terletak pada sudut oleng $\geq 25^\circ$

2.9. Sistem *Ballast* Kapal

Sistem *Ballast* adalah salah satu sistem pelayanan dikapal yang mengangkat dan mengisi air ballast. Sistem pompa *ballast* ditujukan untuk menyesuaikan tingkat kemiringan dan *draft* kapal, sebagai akibat dari perubahan muatan kapal sehingga stabilitas kapal dapat dipertahankan. Pipa *ballast* dipasang di tangki ceruk depan dan tangki ceruk belakang (*after and fore peak tank*), *double bottom tank*, *deep tank* dan tangki samping (*side tank*). *Ballast* yang ditempatkan di tangki ceruk depan dan belakang ini untuk melayani kondisi trim kapal yang dikehendaki. *Double bottom ballast tank* dan *deep tank* diisi *ballast* untuk memperoleh sarat air yang layak, tangki *ballast* samping untuk memperoleh penyesuaian sarat air dalam daftar (Tsolaki & Diamadopoulos, 2009).

A. Cara Kerja

Cara kerja sistem *ballast*, secara umum adalah untuk mengisi tangki *ballast* yang berada di *double bottom*, dengan air laut, yang diambil dari *seachest*. Melalui pompa *ballast*, dan saluran pipa utama dan pipa cabang.

B. Fungsi Sistem *Ballast*

Sistem *ballast* merupakan sistem untuk dapat memposisikan kapal dalam keadaan seimbang baik dalam keadaan *trim* depan maupun belakang, maupun keadaan oleng. Dalam

perencanaannya adalah dengan memasukkan air sebagai bahan *ballast* agar posisi kapal dapat kembali pada posisi yang sempurna.

C. Komponen-komponen Sistem *Ballast*

a. *Sea Chest*

Seachest merupakan tempat di lambung kapal, dimana di *sea chest* terdapat pipa saluran masuknya air laut. Selain pipa tersebut, pada *seachest* juga terdapat dua saluran lainnya. Yaitu *blow pipe* dan *vent pipe*. *Blow pipe* digunakan sebagai saluran udara untuk menyemprot kotoran-kotoran di *seachest*. Sedangkan *vent pipe* digunakan untuk saluran ventilasi di *seachest*. *Seachest* untuk kapal ini diletakkan di lambung di daerah kamar mesin.

b. Jalur Pipa *Ballast*

Sisi Pengisapan dari tanki air *ballast* diatur sedemikian rupa sehingga pada kondisi *trim* air *ballast* masih tetap dapat di pompa. Kapal yang memiliki tanki *double bottom* yang sangat lebar juga dilengkapi dengan sisi isap pada sebelah luar dari tanki. Dimana panjang dari tanki air *ballast* lebih dari 30 m, Kelas mungkin dapat meminta sisi isap tambahan untuk memenuhi bagian depan dari tanki.

c. Pipa Melalui Tangki

Pipa air *ballast* tidak boleh lewat instalasi tanki air minum, tanki air baku, tanki minyak bakar, dan tanki minyak pelumas.

d. Sistem Perpipaan

Bilamana tanki air *ballast* akan digunakan khususnya sebagai pengering palka, tanki tersebut juga dihubungkan ke sistim bilga. Katup harus dapat dikendalikan dari atas geladak cuaca (*freeboard deck*) Bilamana *fore peak* secara langsung berhubungan dengan suatu ruang yang dapat dilalui secara tetap (mis. Ruang *bow thruster*) yang terpisah dari ruang kargo, katup ini dapat dipasang secara langsung pada *collision bulkhead* di bawah ruang ini tanpa peralatan tambahan untuk pengaturannya.

e. Pompa *Ballast*

Jumlah dan kapasitas dari pompa harus memenuhi keperluan operasional dari kapal.

f. Tangki *Ballast*

Tempat untuk menampung air *ballast* yang berada pada kapal, biasanya terletak pada *double bottom* kapal atau sisi kanan dan kiri kapal.

g. Jumlah dan Jenis Katup serta *Fitting*

Jumlah katup dan fitting harus disesuaikan dengan desain system perpipaan dari system ballast. Katup yang terlalu banyak dapat menambah LWT kapal sehingga menyebabkan bertambahnya *displacement* kapal, dan kecocokan dari tiap jenis katup juga harus diperhatikan karena ada banyak jenis katup dengan fungsi yang berbeda.

h. *Outboard*

Air yang tidak terpakai akan dikeluarkan melalui *Outboard*. Dimana peletakan *Outboard* ini haruslah 0,76 m diatas garis air atau WL, pada satu outboard harus diberi satu katup jenis SDNRV.

2.10. Proses Adiabatik

Proses adiabatik terjadi tanpa mentransfer panas atau massa antara sistem termodinamika dan sekitarnya. Tidak seperti proses isothermal, proses adiabatik mentransfer energi ke lingkungan hanya sebagai pekerjaan. Ini juga secara konseptual mendasari teori yang digunakan untuk menguraikan hukum pertama termodinamika dan karenanya merupakan konsep kunci termodinamika (Bailyn, 1996).

Suatu proses tanpa transfer panas atau materi ke atau dari suatu sistem, sehingga $Q = 0$, disebut adiabatik, dan sistem seperti itu dikatakan terisolasi secara adiabatik. Asumsi bahwa suatu proses adiabatik adalah asumsi penyederhanaan yang sering dibuat. Misalnya, kompresi gas dalam silinder mesin diasumsikan terjadi begitu cepat sehingga pada skala waktu proses kompresi, sedikit energi sistem dapat ditransfer keluar sebagai panas ke lingkungan. Meskipun silinder tidak terisolasi dan cukup konduktif, proses itu diidealkan menjadi adiabatik. Hal yang sama dapat dikatakan benar untuk proses perluasan sistem semacam itu. Asumsi isolasi adiabatik berguna dan sering digabungkan dengan idealisasi lainnya untuk menghitung perkiraan pertama yang baik dari perilaku system (Tisza, 1966).

Untuk sistem tertutup, seseorang dapat menulis hukum termodinamika pertama sebagai: $\Delta U = Q - W$, di mana ΔU menunjukkan perubahan energi internal sistem, Q jumlah energi yang ditambahkan padanya sebagai panas, dan W pekerjaan yang dilakukan oleh sistem di sekitarnya (Tisza, 1966).

- Jika sistem memiliki dinding kaku yang berfungsi agar energi tidak dapat ditransfer masuk atau keluar ($W = 0$), dan dinding tidak adiabatik serta energi ditambahkan dalam bentuk panas ($Q > 0$), dan tidak ada perubahan fasa, maka suhu sistem akan naik.
- Jika sistem memiliki dinding kaku sehingga pekerjaan tekanan-volume tidak dapat dilakukan, tetapi dinding adiabatik ($Q = 0$), dan energi ditambahkan sebagai pekerjaan

isokorik dalam bentuk gesekan atau pengadukan cairan kental dalam sistem ($W < 0$), dan tidak ada perubahan fasa, maka suhu sistem akan naik.

- Jika dinding sistem adiabatik ($Q = 0$) tetapi tidak kaku ($W \neq 0$), dan, dalam proses ideal yang fiktif, energi ditambahkan ke sistem dalam bentuk kerja tekanan-volume tanpa gesekan, non-kental ($W < 0$), dan tidak ada perubahan fasa, maka suhu sistem akan naik. Proses semacam itu disebut proses isentropik dan dikatakan "reversibel". Secara fiktif, jika prosesnya dibalik, energi dapat dipulihkan seluruhnya sebagai pekerjaan yang dilakukan oleh sistem. Jika sistem mengandung gas kompresibel dan dikurangi volumenya, ketidakpastian posisi gas berkurang, dan tampaknya akan mengurangi entropi sistem, tetapi suhu sistem akan naik karena prosesnya isentropik ($\Delta S = 0$). Jika pekerjaan ditambahkan sedemikian rupa sehingga gaya gesek atau kental beroperasi dalam sistem, maka prosesnya tidak isentropik, dan jika tidak ada perubahan fasa, maka suhu sistem akan naik, proses tersebut dikatakan sebagai "ireversibel", dan pekerjaan yang ditambahkan ke sistem tidak sepenuhnya dapat dipulihkan dalam bentuk pekerjaan.
- Jika dinding suatu sistem tidak adiabatik, dan energi ditransfer sebagai panas, entropi ditransfer ke dalam sistem dengan panas. Proses seperti itu tidak adiabatik atau isentropik, memiliki $Q > 0$, dan $\Delta S > 0$ menurut hukum kedua termodinamika.

Persamaan matematis untuk gas ideal yang mengalami proses adiabatik reversibel (Tanpa generasi entropi) dapat direpresentasikan oleh persamaan proses polytropic.

$$PV^\gamma = \text{constant} \quad (2.30)$$

Dimana P adalah tekanan, V adalah volume, dan pada kasus ini $n = \gamma$, dimana

$$\gamma = \frac{C_P}{C_V} = \frac{f + 2}{f} \quad (2.31)$$

C_P menjadi panas spesifik untuk tekanan konstan, C_V menjadi panas spesifik untuk volume konstan, γ adalah indeks adiabatik, dan f adalah jumlah derajat kebebasan (3 untuk gas monatomik, 5 untuk gas diatomik dan molekul collinear misalnya karbon dioksida). Untuk gas idela monoatomic $\gamma = \frac{5}{3}$, dan untuk gas diatomic (seperti nitrogen dan oksigen, komponen utama udara) $\gamma = \frac{7}{5}$. Perhatikan bahwa rumusan di atas hanya berlaku untuk gas ideal klasik dan bukan gas Bose-Einstein atau Fermi.

2.11. Tinjauan Lokasi

Melakukan tinjauan lokasi dalam melakukan desain kapal sangat diperlukan karena biasanya sebuah kapal hanya beroperasi pada daerah atau rute tertentu saja sesuai dengan

permintaan pemilik kapal. Oleh sebab itu desainer harus memiliki data dan pengetahuan mengenai daerah pelayaran dari kapal yang akan di desain. Hal-hal yang biasanya ditinjau adalah kedalaman air laut dari rute pelayaran kapal karena diperlukan sebagai penentuan sarat dari kapal. Kemudian juga kecepatan arus dan kecepatan angin rata-rata dari daerah pelayaran juga harus dipertimbangkan dalam mendesain, dan banyak hal hal lain yang harus ditinjau bergantung pada permintaan pemilik kapal serta jenis kapal yang akan di desain (Lamb, 2003).

2.11.1. Samudra Hindia

Samudra Hindia adalah divisi lautan terbesar ketiga di dunia, mencakup 70.560.000 km² (27.240.000 mil mi) atau 19,8% dari air di permukaan bumi. Berbatasan dengan Asia di utara, Afrika di barat, dan Australia di timur. Di selatan dibatasi oleh Samudra Selatan atau Antartika, tergantung pada definisi yang digunakan. Bersamaan dengan intinya, Samudra Hindia memiliki beberapa lautan marginal atau regional besar seperti Laut Arab, Laut Laccadive, Laut Somalia, Teluk Benggala, dan Laut Andaman.



Gambar 2. 6 Samudra Hindia Selatan Pulau Jawa

Sumber: (Google Earth, 2020)

Perbatasan Samudra Hindia, seperti yang digambarkan oleh Organisasi Hidrografi Internasional pada tahun 1953 termasuk Samudra Selatan tetapi bukan laut marginal di sepanjang tepi utara, tetapi pada tahun 2000 IHO membatasi Samudra Selatan secara terpisah, yang memindahkan perairan selatan 60 ° S dari Samudra Hindia tetapi termasuk laut marginal

utara. Secara resmi, Samudra Hindia dibatasi dari Samudra Atlantik oleh 20 ° meridian timur, membentang ke selatan dari Cape Agulhas, dan dari Samudra Pasifik oleh meridian 146 ° 49'E, berjalan ke selatan dari paling selatan titik Tasmania. Tingkat paling utara dari Samudra Hindia (termasuk laut marginal) adalah sekitar 30 ° utara di Teluk Persia.

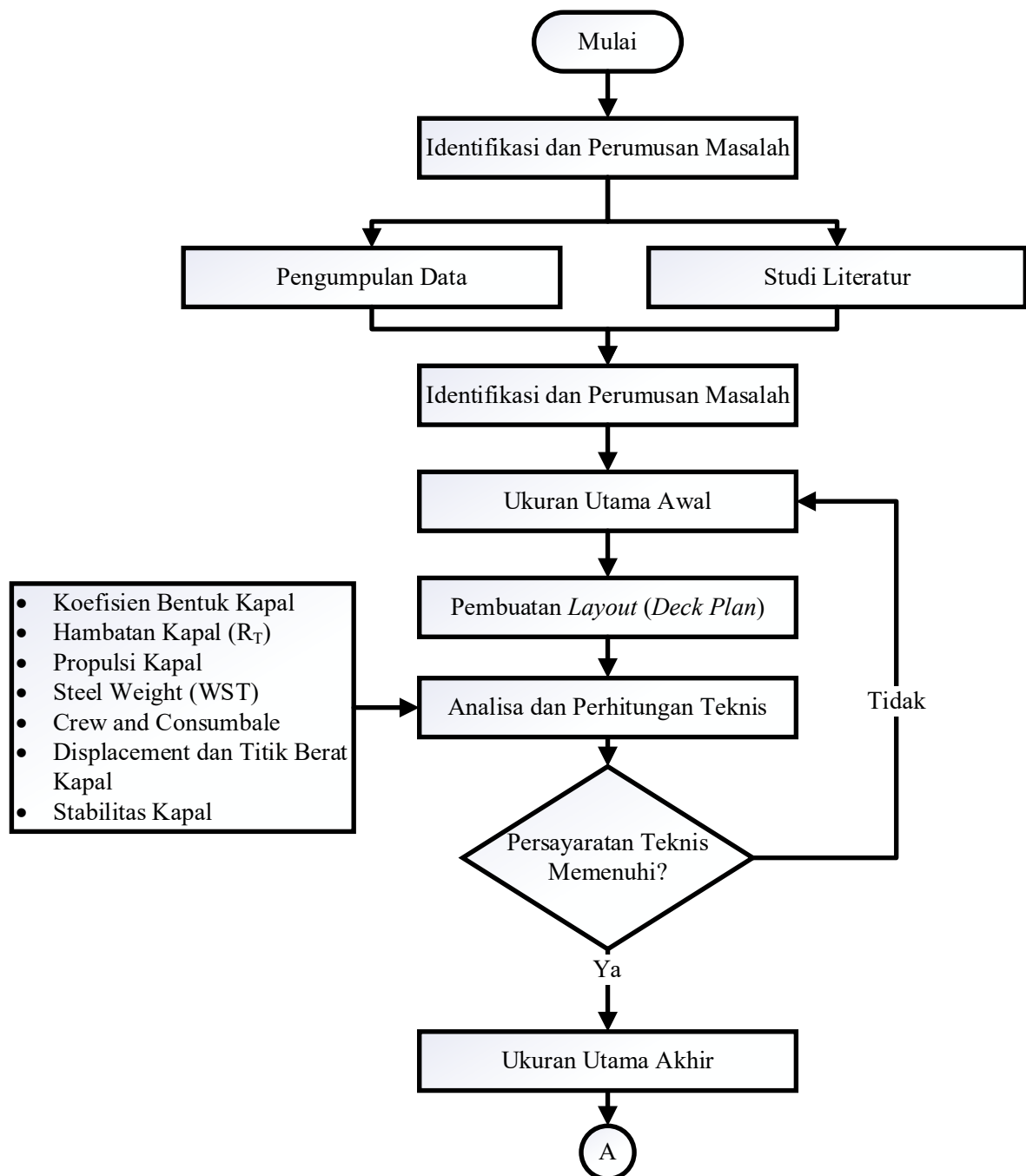
Samudra Hindia mencakup 70.560.000 km² (27.240.000 mil mi), termasuk Laut Merah dan Teluk Persia tetapi tidak termasuk Samudra Selatan, atau 19,5% dari lautan dunia; volumenya adalah 264.000.000 km³ (63.000.000 cu mi) atau 19,8% dari volume lautan dunia; memiliki kedalaman rata-rata 3.741 m (12.274 kaki) dan kedalaman maksimum 7.906 m (25.938 kaki). Semua Samudra Hindia berada di Belahan Bumi Timur dan pusat Belahan Bumi Timur, timur meridian ke-90, melewati Ninety East Ridge (Filipovich, 2020).

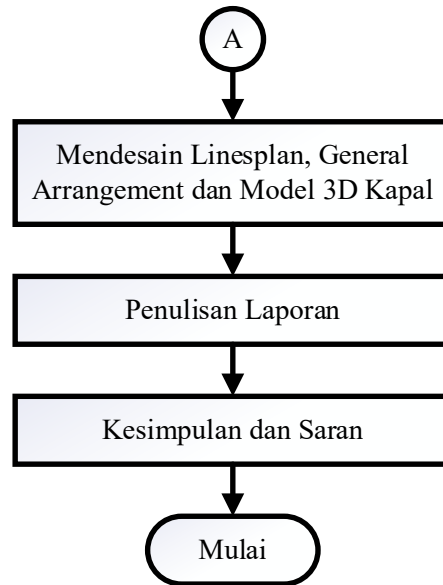
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 3 METODOLOGI

3.1. Bagan Alir

Secara umum metodologi dalam pengerjaan Tugas Akhir ini dapat dilihat pada Gambar 3.1 dibawah ini:





Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.2. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Indonesia memiliki potensi sumber daya kelautan yang sangat besar. Selain sumber daya laut tradisional seperti ikan, rumput laut, terumbu karang, hutan mangrove, minyak bumi dan gas, mineral, bahan tambang dan galian, sejatinya laut juga memiliki banyak sumber daya lain yang dapat dioptimalkan. Laut dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif berkekuatan masif. Energi berbasis laut dapat dihasilkan dari pemanfaatan pasang surut, angin, gelombang laut, ataupun ocean thermal energy conversion (OTEC). Kapal, dengan berbagai fungsinya, masih menjadi pilihan yang paling pas untuk mengeksplorasi wilayah laut Indonesia. Saat ini sudah ada beberapa kapal riset yang dimiliki Indonesia dan semuanya memiliki lambung konvensional dengan posisi horizontal. Secara teoritis dengan mengubah posisi badan kapal dari horizontal menjadi vertikal akan mengurangi panjang garis air dan meningkatkan performa seakeeping

Penulis berpandangan bahwa Indonesia membutuhkan kapal riset yang lebih akurat dalam pembacaan hasilnya dan unik dalam pengoperasiannya. FLIP adalah sebuah pengembangan dari konsep yang sudah diusung oleh R/P FLIP dan R/V FLIP II dengan segala kelebihan dan kekurangannya. Kapal ini direncanakan akan memiliki sistem propulsi dan sistem mooring sendiri serta beberapa perubahan komponen teknis dari R/P FLIP. FLIP ini dirancang untuk mampu beroperasi di perairan Indonesia dengan kedalaman tertentu. Untuk mendukung kerjanya, kapal ini harus didesain dengan badan kapal yang baik supaya mampu bekerja secara maksimal.

3.3. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan metode pengumpulan secara tidak langsung (sekunder). Pengumpulan data ini dilakukan dengan mengambil data terkait dengan permasalahan dalam penelitian. Adapun data-data yang diperlukan antara lain:

- Kondisi perairan

Data teknis yang diperlukan adalah data tentang kedalaman perairan, ketinggian gelombang, kecepatan arus, dan karakteristik perairan lainnya. Dari kedalaman perairan didapatkan batasan tentang sarat kapal yang nantinya dirancang sehingga dapat mengurangi resiko kapal kandas. Jarak rute pelayaran perlu diketahui untuk mengetahui waktu tempuh.

- Data kapal pembanding

Data kapal pembanding yang digunakan adalah R/P FLIP. Data kapal ini digunakan untuk menentukan ukuran utama awal (masih perkiraan). Ukuran kapal pembanding kemudian disesuaikan dengan *layout* atau gambaran awal yang dibuat. Dengan demikian maka akan lebih mudah dalam penentuan ukuran lainnya seperti *displacement* dan yang lain.

3.4. Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan pembelajaran dasar teori dan kajian pustaka mengenai materi/konten yang berkaitan dengan permasalahan pada penelitian ini. Dasar teori dan kajian pustaka yang berkaitan dengan penelitian yang didapatkan dari berbagai sumber, seperti; jurnal, penelitian sebelumnya, pendapat para ahli, internet dan lain-lain.

3.5. Analisis Data Awal

Setelah data – data yang dibutuhkan terkumpul, data data tersebut kemudian disesuaikan dengan pustaka dan teori yang sudah dipelajari untuk dilakukan analisis data. Analisis ini dilakukan untuk menentukan design requirement meliputi jenis lambung kapal, rute, payload, ukuran utama, dan lain lain.

3.6. Penentuan Ukuran Utama Awal

Penentuan ukuran utama dilakukan dengan metode *parental design approach* dengan mengacu kepada R/P FLIP dan/atau R/V FLIP II. Selanjutnya, ukuran utama kapal acuan ini disesuaikan dengan rancangan awal kapal dan kebutuhan lain yang direncanakan. Kemudian, dari hasilnya dianalisis dengan batasan perbandingan rasio ukuran utama. Jika nilai perbandingan ukuran utama keluar dari batasan rasio yang disyaratkan, maka ukuran utama harus diubah.

3.7. Perhitungan Teknis

Perhitungan teknis dilakukan sesuai dengan pustaka yang dipelajari. Hal itu meliputi perhitungan hambatan kapal, perhitungan daya kapal, penentuan mesin, penentuan *genset*, perhitungan berat kapal, perhitungan stabilitas, dan perhitungan untuk prosedur tambat.

3.8. Pembuatan Desain 2D dan 3D

Pada tahap ini dilakukan perencanaan terhadap FLIP sehingga didapatkan desain yang sesuai dengan karakteristik perairan di daerah pelayaran dan dapat diaplikasikan secara optimal. Perencanaan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- **Desain rencana garis**

Pembuatan rencana garis dilakukan dengan bantuan *software drafting*. Bentuk lambung dibuat supaya semua koefisien dan parameternya terpenuhi. Kemudian hasil dari desain di *software 3 dimensi* dapat langsung ditampilkan dalam potongan-potongan garis (*lines plan*). Selanjutnya untuk memperhalus hasilnya dilakukan dengan *software drafting*.

- **Desain rencana umum**

Dari desain rencana garis yang dilakukan pada tahap sebelumnya, dibuat Rencana Umum untuk tampak samping dan tampak atas. Penataan muatan, pemasangan peralatan dan perlengkapan, dan lainnya direncanakan dengan baik di sini.

BAB 4

ANALISA TEKNIS DESAIN KAPAL

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai acuan-acuan dalam mendesain kapal yang meliputi penentuan *owner requirement*, penentuan ukuran utama kapal, serta perhitungan teknis dalam mendesain kapal yaitu perhitungan hambatan, perhitungan berat baja, perhitungan peralatan dan perlengkapan kapal, perhitungan titik berat kapal, perhitungan trim dan stabilitas dari kapal. Pada sub bab lainnya juga akan dijelaskan mengenai pembuatan linesplan dan rencana umum dari kapal.

4.1. Penentuan Operational Requirement

Dalam mendesain sebuah kapal terdapat ketentuan-ketentuan yang dijadikan acuan agar produk kapal yang didesain memiliki tujuan yang diinginkan oleh pemilik kapal. Ketentuan-ketentuan ini tercantum dalam *Owner Requirement*. *Owner requirement* merupakan kumpulan ketentuan yang berasal dari pemilik kapal yang diberikan kepada desainer untuk dijadikan acuan dalam mendesain sebuah kapal, atau dalam tugas akhir ini adalah kapal *flip* yang akan didesain. Sesuai dari fungsi dari kapal yang akan didesain yaitu sebagai kapal survei oceanography. Maka *owner requirement* dari kapal flip meliputi fungsi dari kapal, rute pelayaran, muatan, kecepatan dan ketahanan kapal, jumlah crew kapal, dan perlengkapan yang harus ada di atas kapal.

4.1.1. Objective/Purpose

Untuk mencapai kemajuan penelitian oseanografi perairan dalam, maka diperlukan pengamatan dan penelitian pada dasar air, oleh sebab itu diperlukan instrument atau peralatan yang dapat menjalankan aktivitasnya dibawah air dengan baik dan dapat pula beroperasi dalam kedalaman tertentu untuk memaksimalkan fungsi dari peralatan penelitian tersebut. Alasan utama mengapa kapal penelitian ini didesain dengan posisi vertikal adalah karena pada umumnya posisi horizontal kapal tidak memungkinkan pembacaan akurat gelombang dan data kelautan lainnya yang relevan karena pergerakan alami kapal dapat mengurangi potensi dari alat pengukur, sehingga posisi vertikal kapal diperlukan untuk mengatasi permasalahan dari keterbatasan kemampuan alat ukur. Sehingga didapatkan tujuan dari operasional kapal ini yaitu

sebagai *Multipurpose deep-sea research* dapat tercapai. Dimana kapal ini ditargetkan mampu digunakan untuk:

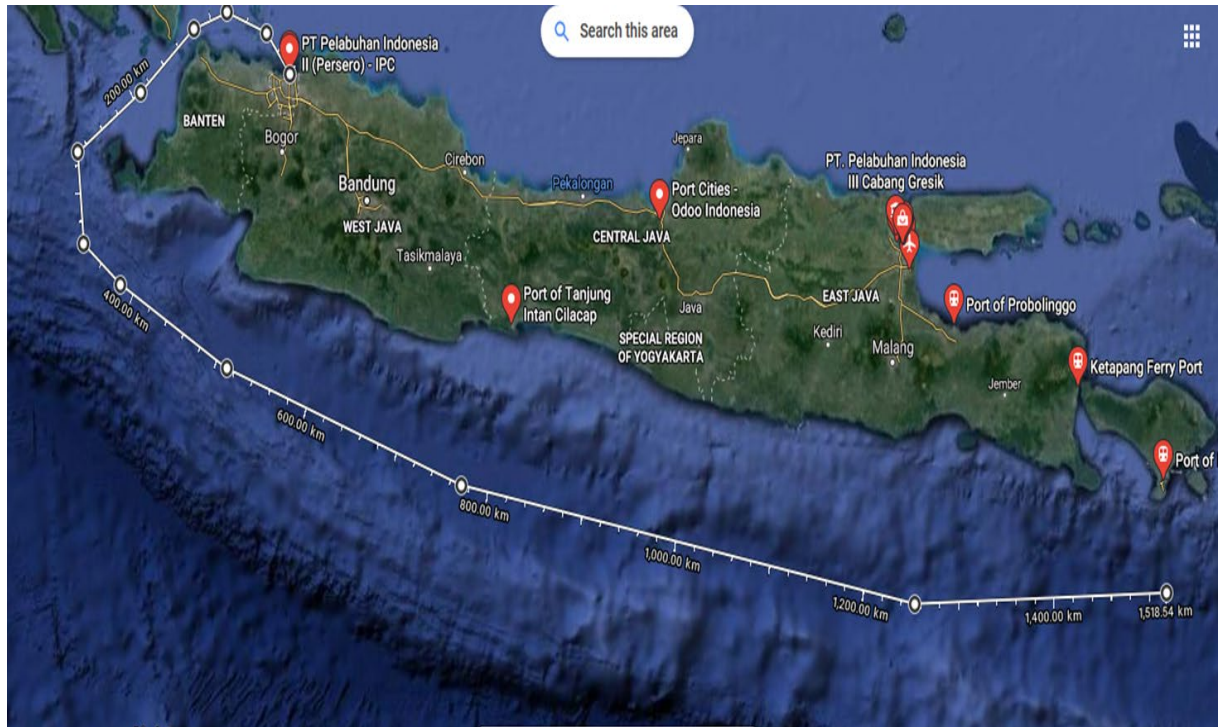
1. Kemajuan penelitian oseanografi laut dalam, Indonesia sebagai negara maritim dengan dua per tiga bagian luasa negara berubpa wilayah laut diharapkan dapat memiliki kemajuan penelitian mengenai laut
2. Pemetaan hidrografi, geologi, dan geofisika. Pemetaan hidrografi, geologi, dan geofisika menjadi hal yang sangat penting terutama untuk pemetaan bagian dasar laut untuk mengetahui kontur, kondisi dan komposisi dari tanah dan bebatuan yang berada pada dasar laut, termasuk pengetahuan mengenai gunung-gunung bawah laut serta patahan lempeng bumi.
3. Observasi biota-biota laut (hidrobiologi). Pengamatan mengenai biota-biota laut pada laut Indonesia menjadi penting mengingat Indonesia yang negara maritim, data biota laut menjadi hal penting bagi perikanan di Indonesia, terlebih lagi bioat laut itu sendiri juga termasuk tumbuhan dan tidak hanya ikan.
4. Studi *seismic 2D* dan batimetri. Perhitungan kedalaman laut suatu perairan tertentu menjadi penting untuk data kelautan. Data-data ini banyak digunakan untuk pnegembangan pekerjaan di laut seperti pertambgan ataupun pengeboran minyak, karena data-data ini diperukan untuk pembagnunan konstruksi bawah laut. Penenelitian mengenai seismic juga menjadi hal penting karena dapat dijadikan pertimbangan dalam melakukan eplorasi pertambangan.
5. Riset *environmental baseline assessment* untuk penambangan minyak dan gas. Dalam dunia pertambangan, pembuangan limbah harus memperhatikan dampaknya terhadap lingkungan. Mengingat besarnya dampak yang disebabkan oleh aktivitas tambang, diperlukan upaya-upaya pengelolaan yang terencana dan terukur. Oleh sebab itu mengetahui karakteristik area pembuangan limbah menjadi hal yang penting dalam pertambangan agar tidak terjadi pencemaran lingkungan di laut.

4.1.2. Daerah Pelayaran

Pemilihan daerah pelayaran berdasarkan riset yang dilakukan Indonesia pada (November 2019-Maret 2020) yaitu:

- Penelitian *Transport Indonesia Seas, Upwelling, Mixing Physics* (TRIUMPH) oleh Lembaga Institut Penelitian Indonesia (LIPI)

- Eksplorasi Arus Lintas Indonesia (Arlindo) oleh LIPI
- Ekspedisi Indonesia PRIMA (*Indonesia Program Initiative on Maritime Observation and Analysis*) oleh Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) bersama Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) dan NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*).



Gambar 4. 1 Rute Pelayaran Kapal *Flip*

Dari Gambar 4. 1 dapat dilihat bahwa rute pelayaran dari kapal *flip* yang didesain pada tugas akhir ini yaitu:

- Perairan selatan Pulau Jawa (Samudera Hindia)
- Perairan selatan Pulau Bali (Samudera Hindia)
- Menjangkau kurang lebih 350 kilometer dari tepi pantai dan berjarak sepanjang 1640 *nautical miles*

4.1.3. Muatan

Kapal harus dapat menggabungkan desain modular mengenai ruangan yang ada kapal disesuaikan dengan kemampuan ilmiahnya. Ruang-ruang ini diperlukan total kurang lebih sebesar 55 m². Nilai ini termasuk ketika waktu transisi. Kapal harus mencakup tiga boom crane sebagai penyebaran untuk menggunakan instrumen penelitian di posisi vertikal. Di horizontal, boom crane harus diambil. Fitur yang diinginkan untuk kapal adalah sistem yang ditingkatkan

untuk transfer penumpang dan awak melalui udara dan air. Kemampuan untuk mengerahkan dan mengambil kendaraan bawah air juga harus dapat dilakukan.

4.1.4. Kecepatan Operasi dan Ketahanan Kapal

Kapal harus memiliki kecepatan jelajah minimal 5 knot dan memiliki daya tahan maksimum 45 hari. Nilai ini termasuk waktu transisi. Kapal harus memiliki bahan bakar yang cukup untuk melakukan perjalanan dari Jakarta ke Bali melalui laut selatan Pulau Jawa.

4.1.5. Accomodations and Provisions

Akomodasi dan perbekalan harus direncanakan hingga 20 penumpang yaitu (5 awak, 15 peneliti) selama 45 hari tanpa pasokan ulang. Peneliti yang berada diatas kapal adalah penilit-peneliti yang memiliki kompetensi dan kapabilitas yang dapat menjawab penelitian yang akan dilaksanakan pada kapal ini yaitu penelitian mengenai (1) pemetaan hidrografi, geologi, dan geofisika, (2) observasi biota-biota laut (hidrobiologi), (3) studi seismic 2D dan batimetri, (4) riset environmental baseline assestment. Sehingga dari penelitian tersebut kira kira didapatkan susunan peneliti yaitu sebagai berikut:

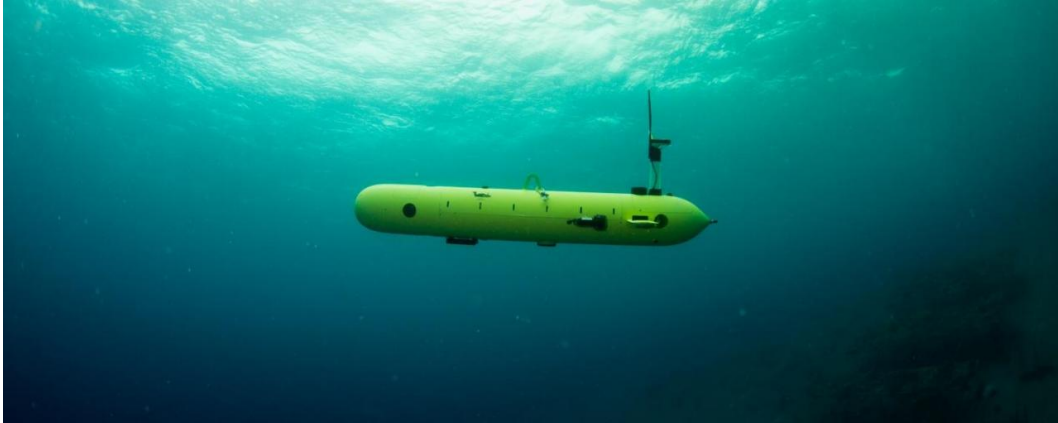
Tabel 4. 1 Jumlah Peneliti

No	Peneliti	Jumlah
1	Hidrografi, Geologi, dan Geofisika	4
2	Hidrobiologi	4
3	Seismic 2D dan Batimetri	4
4	Environmental	3

4.1.6. Perlengkapan Kapal

Peralatan-peralatan berikut harus dipasang di atas kapal. Peralatan ini nantinya akan menunjang operasional dan kapabilitas dari kapal untuk melakukan fungsinya sebagai kapal penelitian, peralatan tersebut antara lain:

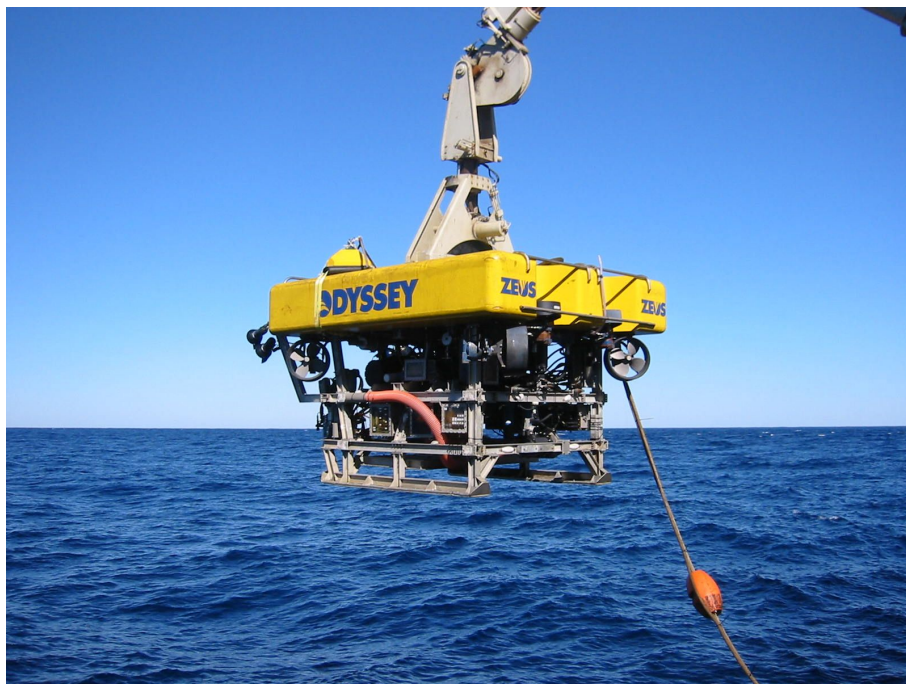
- Sistem *Reverse Osmosis*. Sistem reverse osmosi adalah suatu metode penyaringan yang dapat menyaring berbagai molekul besar dan ion-ion dari suatu larutan dengan cara memberi tekanan pada larutan ketika larutan itu berada di salah satu sisi membrane seleksi. Pada kapal ini akan dipasang system reverse osmosi untuk merubah air laut menjadi air tawar sebagai persediaan air bersih di kapal.



Gambar 4. 2 Autonomous Underwater Vehicle (AUV)

Sumber: (Choudhary, 2018)

- Ruang yang cukup untuk *Autonomous Underwater Vehicle (AUV)* satu kelas kerja. AUV umumnya dikenal sebagai kendaraan bawah air tanpa awak. AUV dapat digunakan untuk misi survei bawah laut seperti mendeteksi dan memetakan konstur dasar laut, bangkai kapal, bebatuan, dan penghalang yang dapat membahayakan navigasi untuk kapal. AUV melakukan misi survei tanpa campur tangan operator. Ketika sebuah misi selesai, AUV akan Kembali ke lokasi yang deprogram dimana data dapat diunduh dan diproses.



Gambar 4. 3 Remotely Operated Vehicle (ROV)

Sumber: (Dasgupta, 2019)

- Ruang yang cukup untuk satu kelas kerja *Remotely Operated Vehicle (ROV)*. ROV merupakan robot bawah laut tanpa awak yang terhubung ke kapal oleh serangkaian kabel

penghubung. Kabel-kabel ini mentransmisikan sinyal perintah dan control antara operator dan ROV, yang memungkinkan untuk melakukan navigasi dari jarak jauh. ROV dapat mencakup peralatan seperti kamera video, lampu, system sonar, dan lengan artikulasi. Lengan artikulasi digunakan untuk mengambil benda kecil, memotong, atau menempelkan kait pengangkat ke benda yang lebih besar. Meskipun ada banyak kegunaan untuk ROV, beberapa aplikasi hidrografi yang paling umum termasuk identifikasi obehjek dan inpeksi bawah air. ROV tidak tidak dimaksudkan sebagai pengganti untuk investigasi penyelam hidrografi, tetapi bisa berfungsi sebagai pengganti penyelem jika penyelam tidak tersedia atau keselamatan penyelam dipertanyakan.

- Derek bantu untuk membantu penyebaran AUV atau ROV. Derek bantu ini digunakan sebagai proses peluncuran dan pengangkatan ROV ataupun AUV. Crane ini harus ada sebagai peralatan penunjang penelitian, terutama untuk penunjang eksplorasi bawah laut.
- Mendukung Perahu untuk membantu operasi secara vertikal. Alat ini merupakan davit atau peralatan yang digunakan untuk mendukung operasionalitas dari kapal bantu. Digunakan sebagai alat untuk meluncurkan kapal dan menarik kapal kecil kembali. Diperlukan untuk menunjang operasional dari kapal kecil atau support vessel.
- Peralatan yang diperlukan (*winch*, dll.) untuk sistem tambat. Perlatana-peralatan penunjang untuk system tambat wajib ada karena kapal akan tambat ketika pada kondisi operasi vertikal, sehingga kelengkapan dari peralatan tambat sangat diperlukan.

4.2. Ukuran Utama Kapal

Ukuran utama kapal awal didapatkan dari parent ship data dengan melakukan perhitungan kesamaan geometri dari kapal dengan bantuan formula dibawah ini.

$$\frac{L_2}{L_1} = \frac{LWL_2}{LWL_1} = \frac{B_2}{B_1} = \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{W_2}{W_1}\right)^{\frac{1}{3}} = K$$

Dengan L adalah Panjang kapal dan W adalah *displacement* dari kapal dan K adalah konstanta geometri dari kapal. Dengan mendapatkan nilai dari K, maka komponen ukuran utama dari kapal yang lain seperti lebar (B), Panjang garis air (LWL), dan sarat (T) dapat didapatkan dengan menggunakan rumusan yang sama. Data *parent ship* yang digunakan adalah data yang didapatkan dari R/P Flip II (Bichucher, Cenzer, Holbert, Seyffert, & Sypniewski, 2014). Sedangkan kebutuhan *displacement* yang dibutuhkan untuk desain kapal ini dapat dilihat pada tabel Tabel 4. 2.

Tabel 4. 2 Kebutuhan *Displacement*

Komponen	Item	Weight (ton)	Quantity	Total Weight (ton)	X (m)	Y (m)	Z (m)
LWT	Steel Weight (W_{ST})	1104.851	1	1,104.851	68.590	-0.002	5.008
	Concrete Ballast	994.193	1	994.193	21.000	0.000	1.164
	Equipment and Outfitting ($W_{E\&O}$)						
	1. Rantai Jangkar	12.000	3	36.000	127.000	0.000	9.500
	2. Jangkar	0.375	3	1.125	127.000	0.000	9.500
	3. Tali Tambat	4.590	3	13.770	127.000	0.000	9.500
	4. Boom Crane	1.430	3	4.290	112.200	0.000	9.500
	5. Capstan-Windlash	7.540	1	7.540	129.900	0.000	9.500
	6. Mooring Winch	5.900	3	17.700	127.000	0.000	8.500
	7. Air Compressor	0.760	2	1.520	94.500	0.000	4.000
	8. Small Boat & Davit	0.330	1	0.330	112.200	0.000	9.500
	9. Life Raft	0.180	1	0.180	112.200	0.000	9.500
	10. Bilge Keel	2.840	2	5.680	67.500	0.000	1.000
	11. Other	337.000	1	337.000	121.200	0.000	4.750
	Generator set (W_{genset})						
	1. John Deere 6135SFM85	4.278	3	12.834	114.900	0.000	1.900
	2. John Deere 6068AFM75	0.812	2	1.624	114.900	0.000	1.900
	3. Batteries	8.630	1	8.630	114.900	0.000	1.900
	4. Switchboard	0.640	1	0.640	114.900	0.000	1.900
	Propulsi ($W_{propulsi}$)						
1. Retractable Thruster	29.755	1	29.755	66.000	0.000	4.500	
2. Tunnel Thruster	29.755	1	29.755	66.000	0.000	4.500	
Total Weight LWT			2607.4166	59.413	-0.001	3.593	
Komponen	Item	Weight (ton)	Quantity	Total Weight (ton)	X (m)	Y (m)	Z (m)
DWT	Crew	0.080	20	1.600	127.000	0	9.500
	Provision	9.000	1	9.000	127.000	0	3.1
	Fresh Water	45.229	1	45.229	84.861	0	3.150
	Fuel Oil						
	1. FO Tank 1 PS	75.19	1	75.193	94.5	-1.216	2.952
	2. FO Tank 1 SB	75.19	1	75.193	94.5	1.216	2.952

Komponen	Item	Weight (ton)	Quantity	Total Weight (ton)	X (m)	Y (m)	Z (m)
	3. FO Tank 2 PS	73.78	1	73.776	107.075	-1.725	2.724
	4. FO Tank 2 SB	73.78	1	73.776	107.075	1.725	2.724
	Lube Oil	4.37	1	4.367	111.504	0	2.95
	Payload	50.00	1	50.000	121.2	0	5.7
	Water Ballast	0	1	0.000	0	0	0
	Total Weight DWT			408.134	102.275	0.000	3.257

Dari Tabel 4. 2 dapat dilihat bahwa kebutuhan displacement dari kapal didapatkan dari komponen LWT dan DWT kapal. Dari hasil perhitungan didapatkan LWT kapal sebesar 2607.4166 ton dan berat DWT kapal sebesar 408.134 ton. Sehingga kebutuhan displacement kapal merupakan penjumlahan dari LWT dan DWT kapal yaitu sebesar 3015.551 ton. Sehingga displacement ini yang dijadikan acuan dalam mendapatkan ukuran utama kapal yang akan didesain. Dengan menggunakan formula yang telah dijelaskan sebelumnya mengenai kesamaan geometri kapal, maka diinputkan nilai *displacement* yang dibutuhkan pada formula kesamaan geometri yang dapat dilihat pada sub bab 2.4.1. Sehingga didapatkan ukuran utama awal seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4. 3.

Tabel 4. 3 Ukuran Utama Kapal Awal

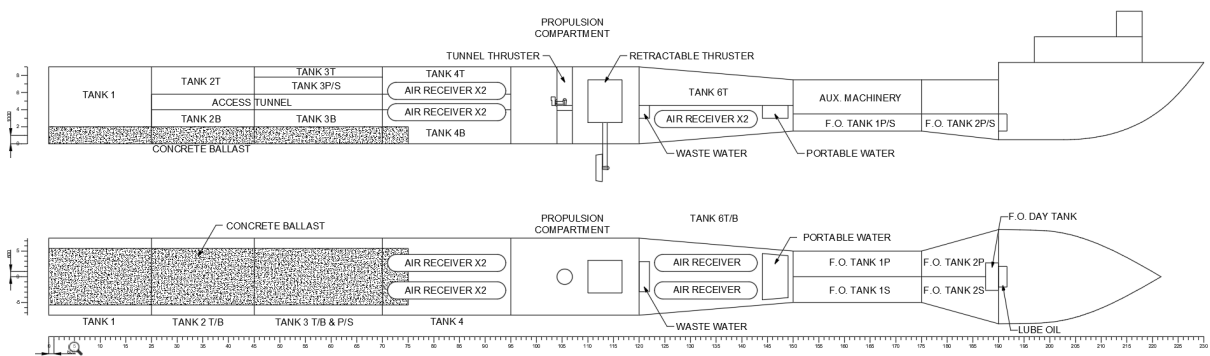
Sumber: (Bichucher, Cenzer, Holbert, Seyffert, & Sypniewski, 2014)

Parent Ship Data			Target Ship Data		
LOA =	140.208	m	LOA =	137.709	m
LWL =	134.112	m	LWL =	131.721	m
B =	11.125	m	B =	10.927	m
T =	4.115	m	T =	4.041	m
Displacement =	3182.157	ton	Displacement =	3015.000	ton

Setelah mendapatkan ukuran utama awal yang ditunjukkan pada Tabel 4. 3, yaitu pada kolom untuk *target ship data*. Kemudian dari ukuran utama awal yang didapatkan ini dilakukan penyesuaian dan modifikasi terkait kebutuhan luasan dan jumlah ruangan yang diperlukan didalam kapal. Berdasarkan *owner requirement* yang sudah dijelaskan pada sub bab 4.1, bahwa ruangan yang diperlukan kurang lebih sebesar 55 m² sehingga ukuran utama awal disesuaikan. Selain itu dijelaskan pula pada bab 4.1, bahwa kapal harus mampu beroperasi selama

maksimum 45 hari sehingga kebutuhan-kebutuhan dikapal, termasuk kebutuhan bahan bakar diperhitungkan untuk mendapatkan volume bahan bakar yang memadai. Selain itu perlengkapan kapal terkait yang harus ada diatas kapal juga menjadi salah satu acuan penting dalam menentukan ukura utama kapal karena perlengkapan ini membutuhkan ruangan yang dapat digunakan untuk menginstall ataupun menyimpan peralatan terkait.

Berdasarkan ulasan yang sudah dijelaskan sebelumnya, sehingga ukuran utama kapal *flip* akhir didapatkan dari *layout* awal dari kapal yang berisikan kompartemen-kompartemen *ballast*, *consumable*, ruangan permesinan, serta ruangan akomodasi serta gambaran kasar dari peletakan ruangan yang ada di kapal. Selain itu *layout* ini juga disesuaikan terhadap luasan minimum dari ruangan, guna menambah kenyamanan serta dapat digunakan sebagai tempat untuk peletakan alat alat penelitian, sehingga didapatkan ukuran utama akhir yang memenuhi seluruh persyaratan *minimum requirment* yang dibutuhkan oleh kapal. *Layout* awal dari kapal *flip* dapat dilihat pada Gambar 4. 4.



Gambar 4. 4 *Layout* Awal Kapal Flip

Untuk mendapatkan ukuran utama kapal terkait *vertical draught*, diperoleh dengan memutar kapal sebesar 90 derajat agar kapal dalam kondisi vertikal. Kemudian menyesuaikan *displacement* kapal ketika pada kondisi *vertical* dengan *displacement* kapal pada kondisi *horizontal*. Pada kapal existing bahwa kapal dapat tercelup secara vertikal hingga mendekati bagian sambungan antara *after body* dan *fore body* kapal, sehingga pada desain ini pada kondisi vertikal kapal dicelupkan hingga mendekati bagian sambungan *after body* dan *fore body* kapal sehingga didapatkan *draught* secara vertikal kapal.

Dari *layout* awal kapal *flip* yang telah dibuat didapatkan ukuran utama dari kapal yaitu sebagai berikut:

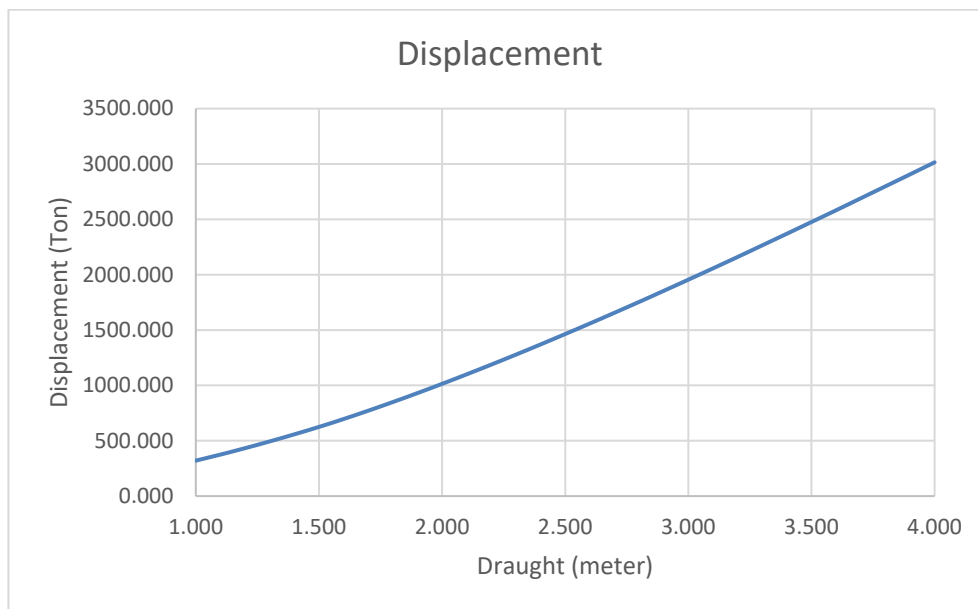
Tabel 4. 4 Ukuran Utama Kapal

<i>Length Over All (LOA)</i>	135.00	<i>Meter</i>
<i>Length Of Water Line (LWL)</i>	130.20	<i>Meter</i>

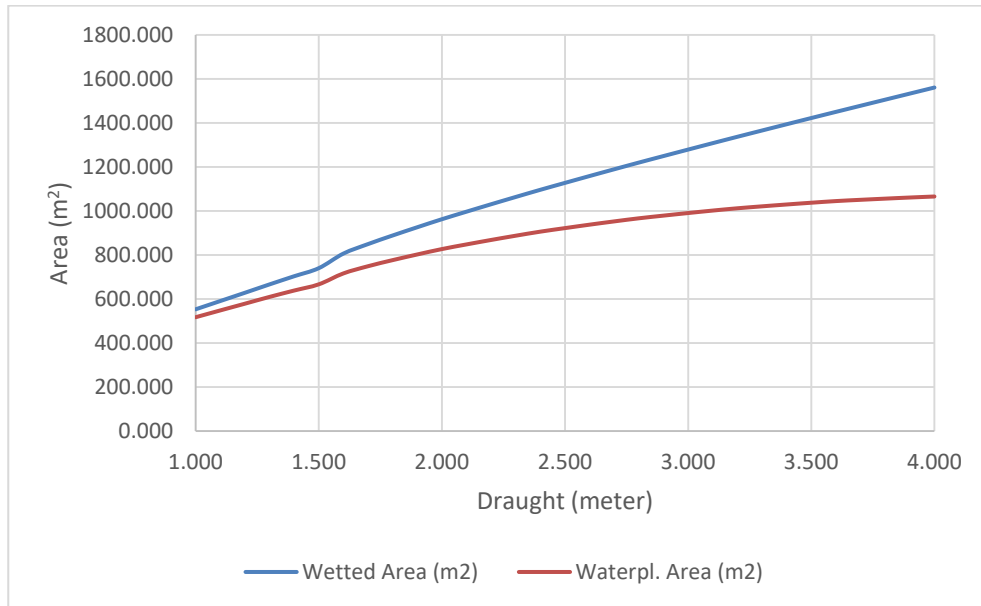
<i>Maximum Breadth (B)</i>	<i>11.00</i>	<i>Meter</i>
<i>Horizontal Draught (T1)</i>	<i>4.00</i>	<i>Meter</i>
<i>Vertical Draught (T2)</i>	<i>94-100</i>	<i>Meter</i>
<i>Service Speed (Vs)</i>	<i>8</i>	<i>Knots</i>

4.2.1. Koefisien Bentuk Kapal

Pada sub bab ini akan ditunjukkan mengenai koefisien bentuk kapal diantaranya yaitu *Displacement* yang merupakan besarnya gaya angkat dari kapal, *Wetted Surface Area (WSA)* merupakan permukaan luasan lambung kapal yang bersentuhan dengan air, *Waterplane Area (WPA)* merupakan luasan dari *waterplane*, *Prismatic Coefficient (CP)*, *Block Coefficient (CB)*, *Midship Coefficient (CM)*, *Waterplane Area Coefficient (CWP)*, *Longitudinal Center of Bouyancy (LCB)* merupakan titik pusat gaya angkat kapal secara memanjang, *Longitudinal Center of Floatation (LCF)*, *Keel to Bouyancy (KB)*, *Transverse Keel to Metacenter (KMT)*. Koefisien bentuk kapal tersebut akan ditampilkan dalam bentuk grafik dalam fungsi *draught* kapal. Koefisien bentuk kapal ini sangat penting untuk diketahui karena merupakan karakteristik dari lambung kapal pada kondisi *even keel* dalam berbagai sarat muatan.

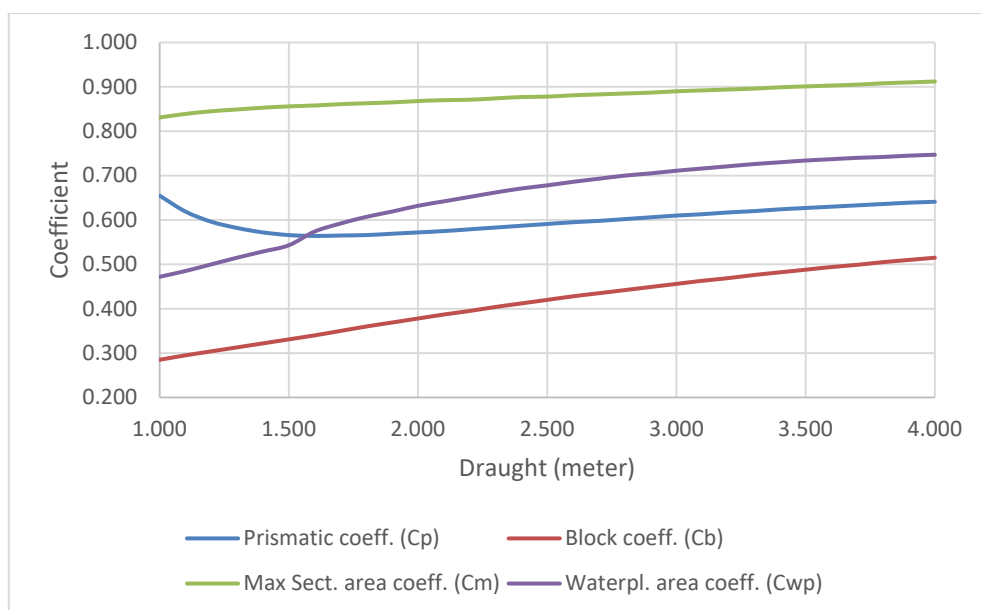


Gambar 4. 5 Hidrostatik *Displacement* Kapal

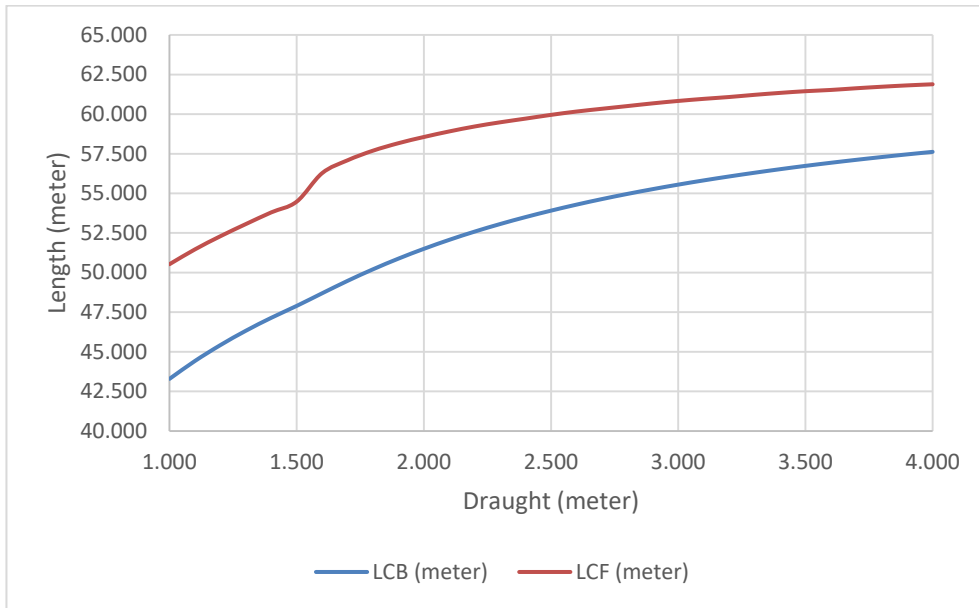


Gambar 4. 6 Hidrostatik WSA dan WPA

Gambar 4. 5 menunjukkan *displacement* dari kapal, atau gaya angkat yang diakibatkan oleh fluida pada kapal pada sarat kapal tertentu. Dapat dilihat bahwa *displacement* akan mengalami kenaikan seiring bertambahnya sarat kapal. Dan dapat dilihat bahwa pada sarat kapal 1 meter nilai *displacement* sebesar 320.5 ton dan pada sarat kapal 4 meter *displacement* sebesar 3015 ton. Dan pada Gambar 4. 6 merupakan grafik yang menunjukkan *Wetted Surface Area* dan *Water plane Area*. Dapat dilihat bahwa nilai WSA dan WPA mengalami peningkatan seiring bertambahnya sarat kapal.

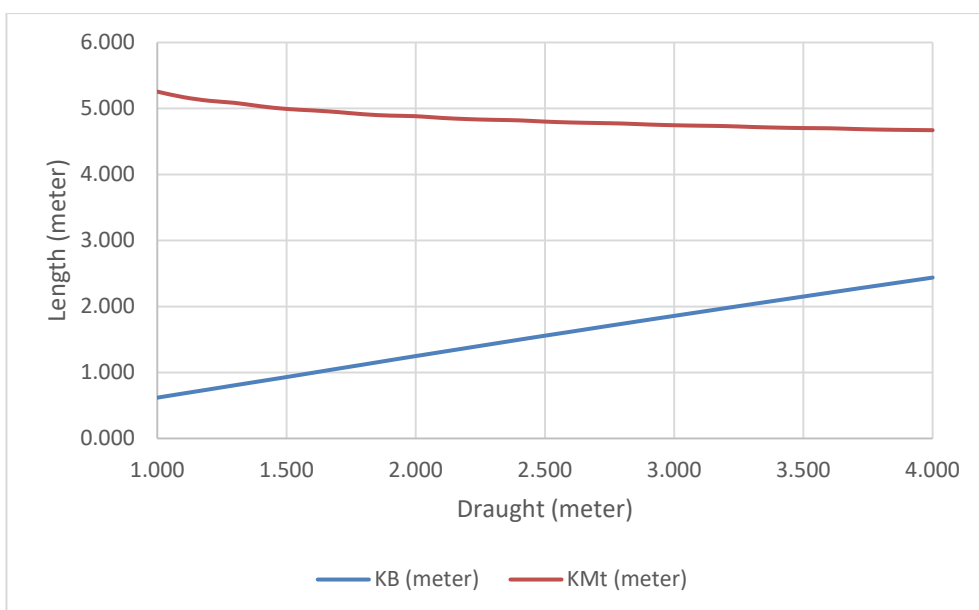


Gambar 4. 7 Hidrostatik Cp, Cb, Cm. Cwp

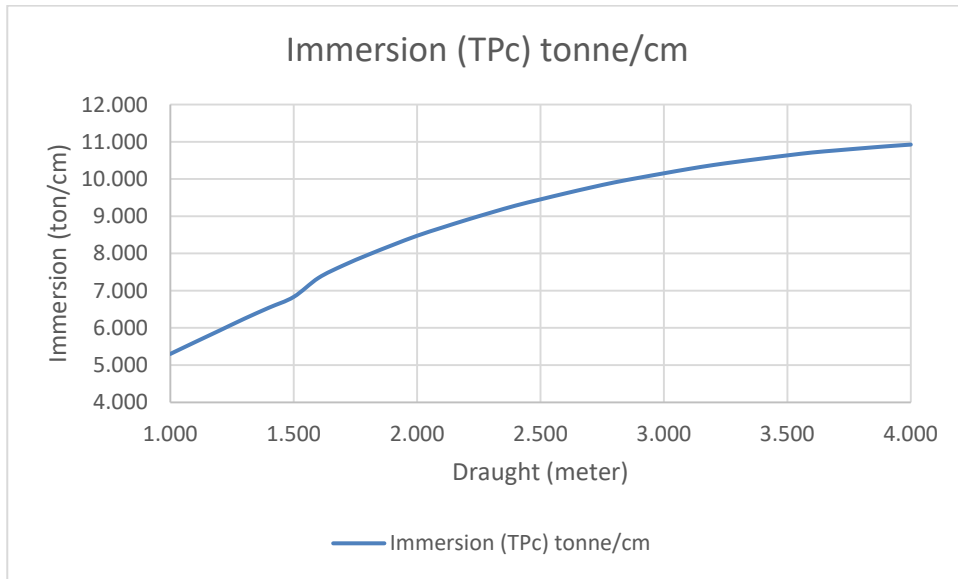


Gambar 4. 8 Hidrostatik LCB dan LCF

Gambar 4. 7 menunjukkan koefisien bentuk dari kapal. Dapat dilihat bahwa nilai koefisien bentuk kapal berubah seiring berubahnya sarat kapal. *Block coefficient* yang menggambarkan volume dari badan kapal yang tercelup air menunjukkan peningkatan, hal ini tentu saja terjadi karena setiap bertambahnya sarat kapal maka volume kapal yang tercelup air akan semakin meningkat. Gambar 4. 8 menunjukkan nilai titik berat gaya apung kapal (LCB) dan titik berat dari *waterplane* kapal (LCF). Kedua nilai ini mengalami peningkatan karena seiring bertambahnya sarat kapal maka titik pusat *buoyancy* dan titik berat *waterplane* akan semakin panjang dan mendekati haluan kapal.

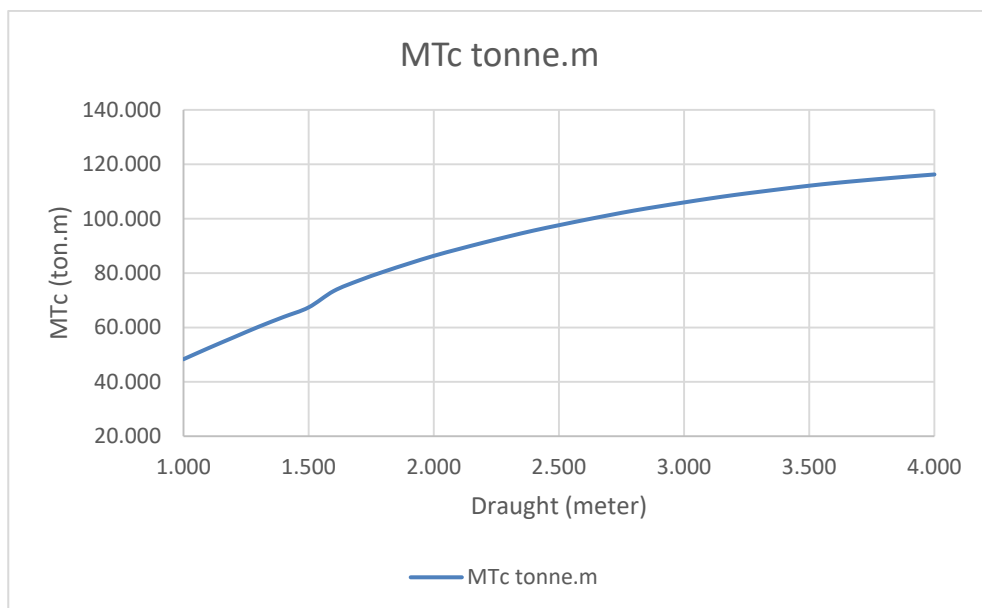


Gambar 4. 9 Hidrostatik KB dan KMt



Gambar 4. 10 Hidrostatik TPc

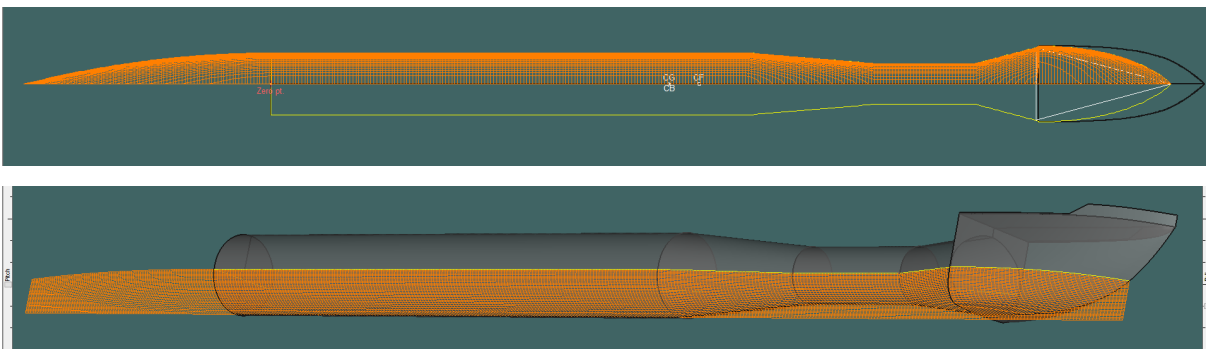
Gambar 4. 9 menunjukkan jarak *keel* ke titik *buoyancy* (KB) dan jarak *keel* ke titik *metacenter* (KMt). Kedua nilai ini berpengaruh pada kestabilan melintang dari kapal. Selisih dari kedua nilai ini merupakan jarak titik *buoyancy* ke titik *metacenter* (BMt). Gambar 4. 10 menunjukkan beban yang dibutuhkan untuk menenggelamkan kapal tiap 1 cm. Tiap penambahan 1 cm sarat kapal beban yang dibutuhkan ditunjukkan oleh kurva TPc. Sedangkan Gambar 4. 11 menunjukkan *moment* yang dibutuhkan untuk menenggelamkan kapal sebesar 1 cm.



Gambar 4. 11 Hidrostatik MTc

4.2.2. Hambatan Kapal

Perhitungan hambatan kapal dilakukan dengan menggunakan bantuan dari perangkat lunak *maxsurf resistance*. Perhitungan hambatan dilakukan dengan menggunakan metode *slender body method*, metode ini dipakai karena kapal memiliki bentuk yang berbeda dibandingkan dengan bentuk lambung kapal konvensional sehingga diperlukan perhitungan hambatan secara semi numerik dibanding menggunakan metode analitik. Pada proses perhitungannya diperlukan untuk membuat *grid* pada permukaan kapal yang tercelup air. Pada *maxsurf resistance* pembuatan *grid* dilakukan secara otomatis oleh perangkat lunak. Ilustrasi dari *grid* pada permukaan yang tercelup air dapat dilihat pada



Gambar 4. 12 *Grid* pada *Slender Body Method*

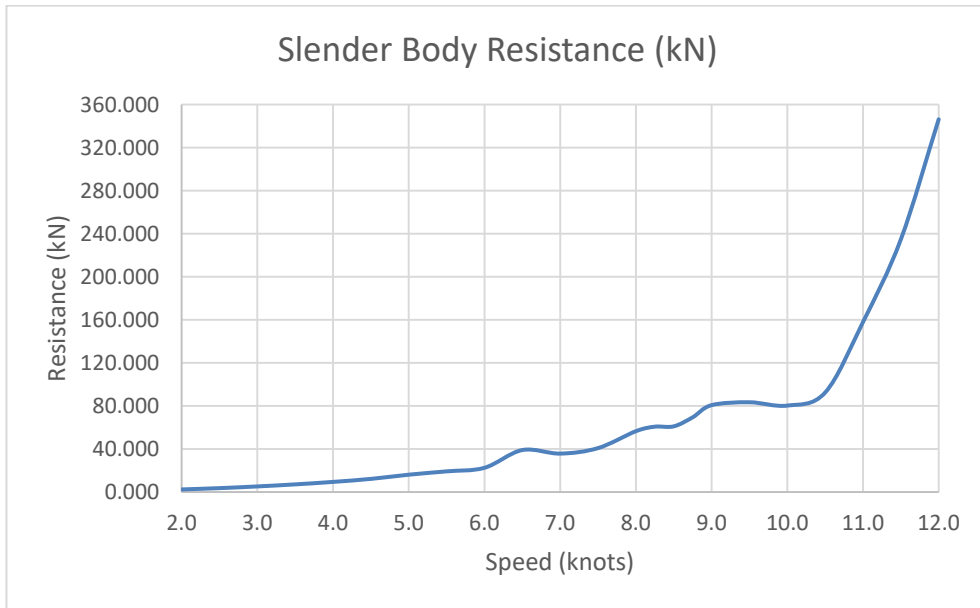
Pada penelitian ini kapal akan diuji *resistance*-nya dari kecepatan 2 knots sampai dengan 12 knot dengan bantuan *software*, dengan metode yang sudah dijelaskan yaitu *slender body method*. Dari pengujian dengan perangkat lunak didapatkan nilai *resistance* yang akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

Tabel 4. 5 Hambatan Kapal

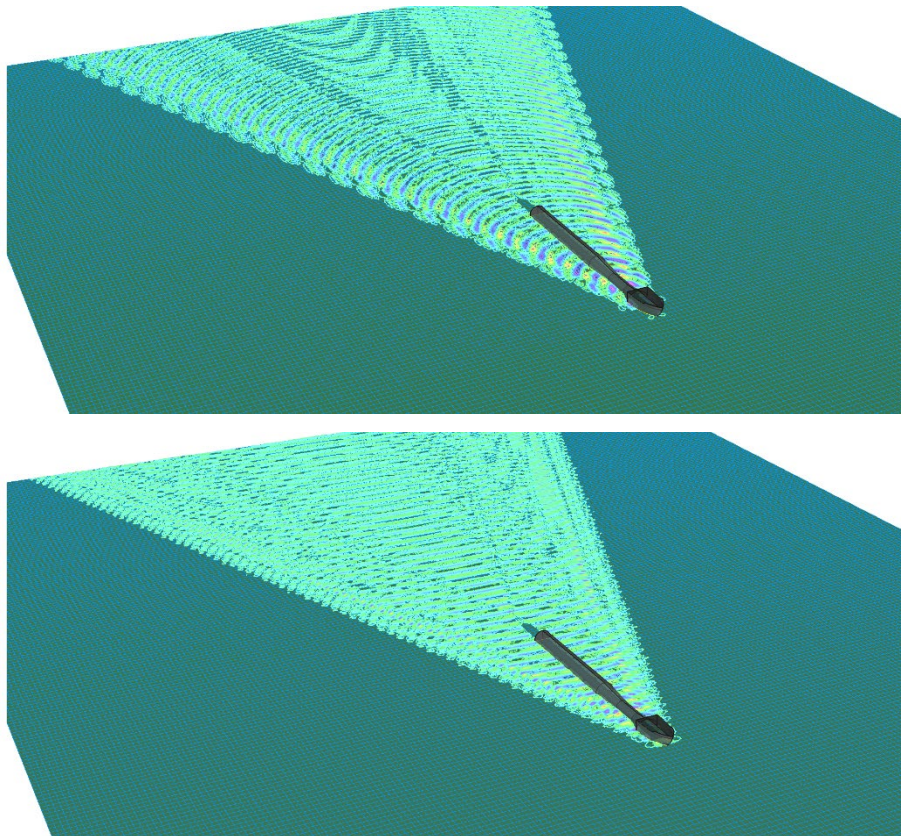
<i>Speed (knots)</i>	<i>Slender Body Resistance (kN)</i>
2.0	2.400
2.5	3.600
3.0	5.200
3.5	7.100
4.0	9.400
4.5	12.200
5.0	16.100
5.5	19.200
6.0	22.500

<i>Speed (knots)</i>	<i>Slender Body Resistance (kN)</i>
6.5	39.000
7.0	35.700
7.5	40.800
8.0	56.500
8.3	60.700
8.5	61.000
8.8	69.400
9.0	80.700
9.5	83.400
10.0	80.300
10.5	92.400
11.0	157.900
11.5	234.700
12.0	346.300

Tabel 4. 5 dan Gambar 4. 13 menunjukkan nilai hambatan kapal dalam fungsi kecepatan kapal. Dapat dilihat bahwa setiap bertambahnya kecepatan kapal nilai hambatan kapal cenderung mengalami peningkatan. Akan tetapi dapat dilihat pula bahwa terkadang ada nilai hambatan yang turun sedikit dibandingkan hambatan pada kecepatan sebelumnya. Hal ini mungkin dikarenakan karena bentuk model yang kurang baik atau kesalahan dalam komputasi yang dilakukan oleh perangkat lunak. Akan tetapi secara keseluruhan perhitungan yang dihasilkan dari *software maxsurf resistance* dapat digunakan untuk perhitungan selanjutnya yaitu kebutuhan daya mesin kapal.



Gambar 4. 13 Hambatan Kapal



Gambar 4. 14 *Free surface* kecepatan 5 knot (atas), kecepatan 8 knot (bawah)

Gambar 4. 14 menunjukkan bentuk permukaan air yang terjadi ketika kapal melaju dengan kecepatan tertentu. Dapat dilihat bahwa semakin tinggi kecepatan kapal maka *kelvin wave pattern* yang terbentuk akan semakin rapat dan semakin beriak.

4.2.3. Propulsi Kapal

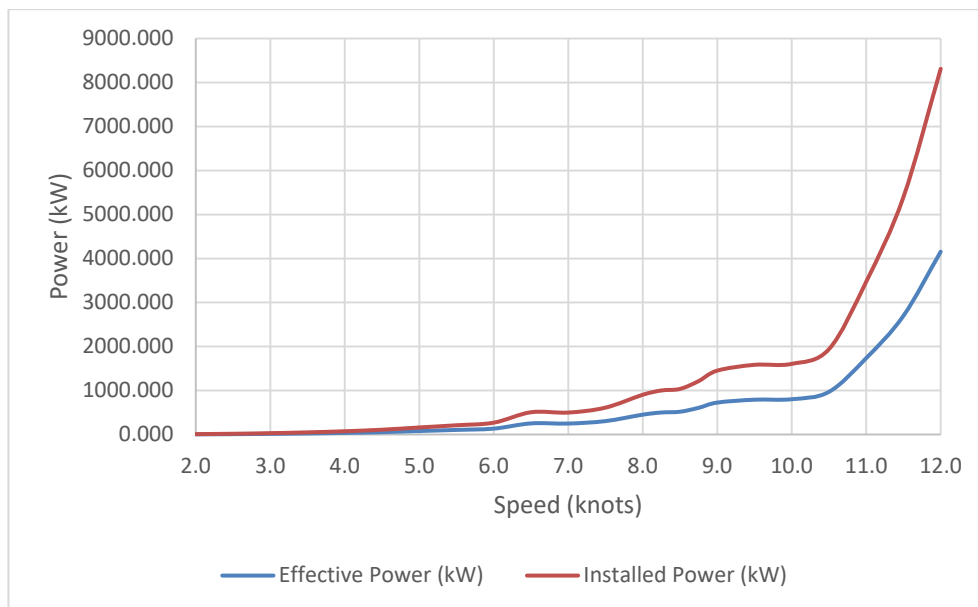
Setelah didapatkan nilai dari hambatan kapal maka kebutuhan daya mesin dari kapal dapat dihitung. *Effective power* dari kapal dapat dihitung dengan cara mengalikan *resistance* dengan kecepatan kapal, sesuai dengan yang dijelaskan pada bab 2. Pada penelitian ini kecepatan kapal yang dipilih sebagai *service speed* kapal adalah kecepatan sebesar 8 knot. Kecepatan ini lebih cepat dibandingkan kecepatan pada kapal *flip existing* yang ditarik dengan menggunakan *tugboat*.

Tabel 4. 6 Perkiraan Daya Mesin Kapal

<i>Speed (knots)</i>	<i>Slender Body Resistance (kN)</i>	<i>Effective Power (kW)</i>	<i>Installed Power (kW)</i>
2.0	2.400	4.800	9.600
2.5	3.600	9.000	18.000
3.0	5.200	15.600	31.200
3.5	7.100	24.850	49.700
4.0	9.400	37.600	75.200
4.5	12.200	54.900	109.800
5.0	16.100	80.500	161.000
5.5	19.200	105.600	211.200
6.0	22.500	135.000	270.000
6.5	39.000	253.500	507.000
7.0	35.700	249.900	499.800
7.5	40.800	306.000	612.000
8.0	56.500	452.000	904.000
8.5	61.000	518.500	1037.000
9.0	80.700	726.300	1452.600
9.5	83.400	792.300	1584.600
10.0	80.300	803.000	1606.000
10.5	92.400	970.200	1940.400
11.0	157.900	1736.900	3473.800
11.5	234.700	2699.050	5398.100

<i>Speed (knots)</i>	<i>Slender Body Resistance (kN)</i>	<i>Effective Power (kW)</i>	<i>Installed Power (kW)</i>
12.0	346.300	4155.600	8311.200

Dengan mengasumsikan total *efficiency* dari sistem propulsi kapal sebesar 50%, maka dapat dihitung kebutuhan daya mesin yang akan dipasang pada kapal. Gambar 4. 15 dan Tabel 4. 6 menunjukkan kebutuhan daya mesin kapal yang akan dipasang. Dapat dilihat bahwa kebutuhan mesin yang dipakai lebih besar daripada kebutuhan daya minimum yang seharusnya dipasang. Hal ini dilakukan untuk mengantisipasi terjadinya kesalahan dalam perhitungan agar dalam kenyataannya daya mesin yang digunakan masih tetap memenuhi kebutuhan.



Gambar 4. 15 Kebutuhan Daya Mesin

Sesuai dengan *owner requirement* bahwa kapal ini harus dapat bertahan dalam waktu 45 hari pelayaran tanpa melakukan pengisian bahan bakar, oleh sebab itu perhitungan kebutuhan daya mesin serta kebutuhan bahan bakar menjadi sangat penting. Kapal ini akan berlayar kurang lebih sepanjang 1640 *nautical miles* dimana sepanjang jalur pelayaran tersebut kapal akan melakukan survei mengenai lingkungan laut sehingga kebutuhan daya mesin harus diperhitungkan secara seksama.

Banyak sistem propulsi utama yang dipertimbangkan pada awalnya, termasuk mesin penggerak konvensional, *water-jet*, *swing-down thruster*, *retractable thruster*, dan *podding*

propulsion. Karena keterbatasan ruangan dan fungsionalitas, *retractable thruster* dipilih sebagai mesin penggerak yang paling cocok untuk kapal ini. Penggunaan *retractable thruster* memungkinkan sebagian besar permesinan berada didalam lambung kapal ketika tidak digunakan. Pemasangan *thruster* dengan tepat dapat menyebabkan *thruster* dapat digunakan sebagai mesin penggerak utama pada posisi kapal *horizontal* dan kontrol rotasi pada saat kapal dalam posisi vertikal.

Kemudian dipilih Thrustmaster TH1500MLR sebagai *retractable thruster* yang digunakan pada kapal ini. Mesin ini memiliki ukuran dimensi yang cukup kecil sehingga cocok untuk dipakai pada tempat dengan volume ruangan yang kecil, sehingga memberikan kemudahan dalam penyusunan *general arrangement*.



Gambar 4. 16 *Retractable Thruster*

Gambar 4. 1 menunjukkan ilustrasi dari *retractable thruster*. Berikut akan diberikan pula spesifikasi dari *retractable thruster* TH 1500MLR yang disajikan dalam bentuk tabel beserta perbandingan dengan tipe mesin yang lain pada merek yang sama. Perbandingan spesifikasi mesin dapat dilihat pada Tabel 4. 7.

Tabel 4. 7 Spesifikasi *Retractable Thruster*

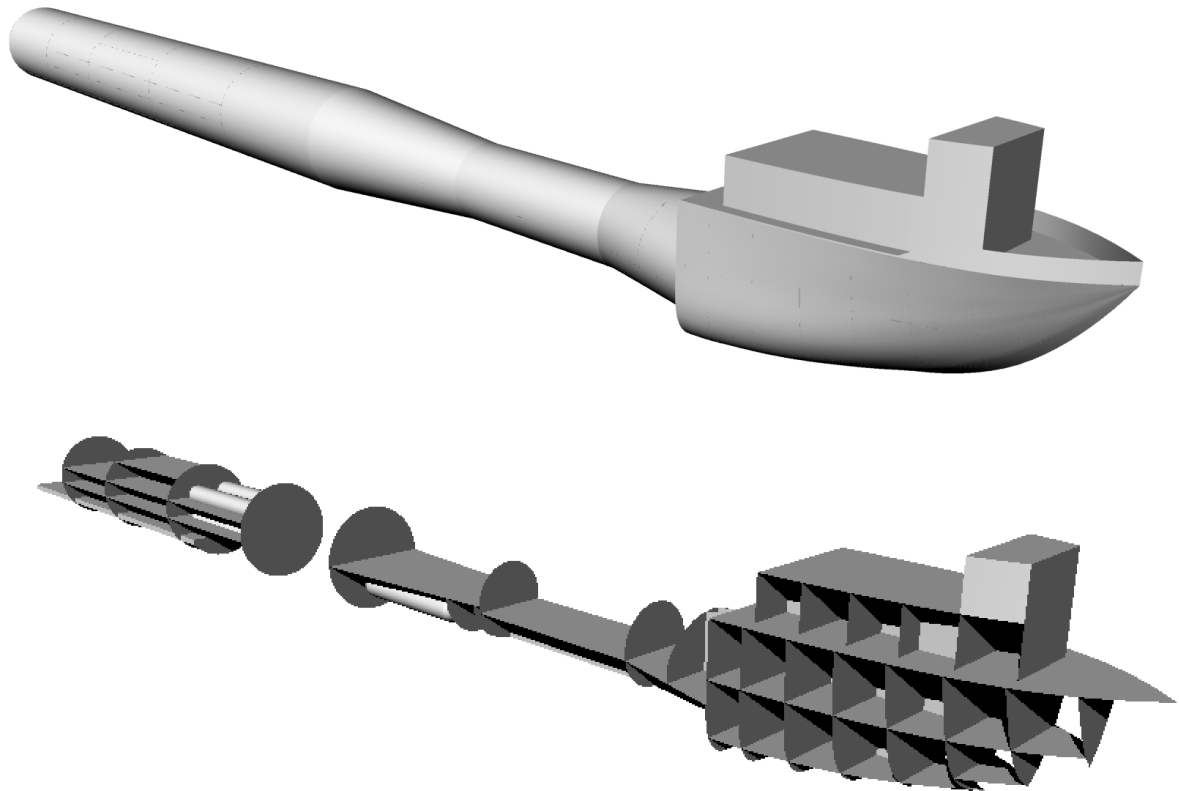
<i>Model</i>	<i>Thruster Style</i>	<i>Motor (kW)</i>	<i>Motor (HP)</i>	<i>Propeller (cm)</i>	<i>Input (RPM)</i>	<i>Dry Weight (kg)</i>
TH1250MLR	Canister	1000	1341	175	1200	29755
TH1500MLR	Stem	1250	1676	198	900	29755
TH2000MLR	Stem	1500	2011	210	900	31297

Karena kebutuhan daya mesin yang di *install* pada kecepatan 8 knot adalah sebesar 904 kW maka TH1500MLR dipilih dengan daya mesin 1250 kW atau setara dengan 1676 HP dengan diameter *propeller* sebesar 1.98 meter dengan putaran mesin 900 RPM dan memiliki berat mesin sebesar 29.755 ton.

4.2.4. Berat Baja

Berat baja kapal dihitung dengan pendekatan model tiga dimesni dari kapal. Dimana surface dari kapal dianggap merupakan pelat baja dan konstruksi dari kapal diasumsikan sebesar 30% dari berat plat baja yang ditegarkan. Perhitungan berat baja dilakukan secara manual karena perhitungan dengan pendekatan empiris tidak dapat dilakukan karena bentuk kapal yang berebda dengan bentuk kapal konvensional apad umumnya, sehingga rumusan empiris yang tersedia tidak memberikan hasil yang memuaskan, sehingga dipilihlah metode ini dalam menghitung berat baja kapal. Perhitungan berat baja dan titik beratnya disajikan dalam bentuk tabel dapat dilihat pada lampiran.

Dari Tabel 4. 8 dapat dilihat bahwa perkiraan berat baja kapal yaitu sebesar 1104.8 ton dengan titik berat memanjang sebesar 68.59 meter dan titik berat vertikal sebesar 5.01 meter. Perhitungan ini merupakan perhitungan perkiraan awal yaitu dengan mengasumsikan berat konstruksi sebesar 30% dari berat pelat kapal. Berikut akan diberikan gambaran mengenai model tiga dimesni perhitungan berat baja kapal.



Gambar 4. 17 Model tiga Dimensi Perkiraan Berat Baja Kapal

Berikut akan diberikan tabel rekapitulasi mengenai berat baja kapal berdasarkan komponen strukturnya yaitu *Shell Plating*, *Transverse Bulkhead*, *Deck*, *Super Structure*, *Concrete Ballast Tank*, Tanki-tangki, ruangan.

Tabel 4. 8 Rekapitulasi Berat Baja Kapal

<i>No</i>	<i>Komponen</i>	<i>Weight (ton)</i>	<i>X (m)</i>	<i>Y (m)</i>	<i>Z (m)</i>
1	<i>Shell Plating</i>	568.962	61.366	0.000	4.559
2	<i>Transverse Bulkhead</i>	123.943	88.882	0.000	5.147
3	<i>Deck</i>	209.791	71.260	0.000	5.433
4	<i>Super Structure</i>	49.715	121.496	-0.060	11.937
5	<i>Concrete Ballast Tank Plate</i>	45.961	21.648	0.000	1.935
6	<i>Tank</i>	85.297	63.611	0.000	3.970
7	<i>Fore Body Room and Other</i>	21.182	115.189	0.044	6.640
<i>Total</i>		1104.851	68.590	-0.002	5.008

4.2.5. Peralatan dan Perlengkapan Kapal

Terdapat beberapa perlengkapan yang harus ada di atas kapal sebagai penunjang operasional kapal diantaranya yaitu *Air Compressors, air receivers, mooring line equipment, rigid inflatable boat, scientific deployment booms, tunnel thruster, dan liferaft.*

1. Air Compressors

Untuk prosedur *deballasting*, sangat penting untuk mengestimasi jumlah udara yang diperlukan untuk mengeluarkan air yang ada pada tangki *ballast* untuk mengembalikan posisi kapal menjadi kondisi *horizontal*. Tangki 2T merupakan tangki utama untuk proses pengisian *ballast* ataupun *deballasting*, sehingga perhitungan dilakukan berdasarkan pada tangki ini. Untuk perhitungan yang sifatnya perkiraan konservatif, dapat dihitung berapa banyak udara yang tekompresi pada 250 psi yang diperlukan untuk benar benar meniup tangki 2T pada tekanan hidrostatis vertikal (136 psi) dan kemudian meniup sisa tangki pada tekanan atmosfer (16 psi). Dapat dianggap ini sebagai proses adiabatik sehingga dapat dihitung jumlah udara terkompresi yang diperlukan untuk meniup tangki-tangki ini. Dengan menggunakan formula berikut

$$P_1 V_1^{\frac{7}{5}} = P_2 V_2^{\frac{7}{5}}$$

Sehingga didapatkan *minimum* volume udara yang harus tersedia sebagai berikut:

Tabel 4. 9 Perhitungan Udara Bertekanan

No	Name	Unit Volume Water (ft ³)	Water Pressure (psi)	Air Pressure (psi)	Unit Volume Air (ft ³)	Unit Volume Air (m ³)
1	Tank 1	21405.58	16	250	3004.68	85.08
2	Tank 2B	6772.09	16	250	950.59	26.92
3	Tank 2T	8181.64	136	250	5296.42	149.98
4	Tank 3B	8465.07	16	250	1188.23	33.65
5	Tank 3P/S	7675.51	16	250	1077.40	30.51
6	Tank 3T	2551.56	16	250	358.16	10.14
7	Tank 4B	11019.85	16	250	1546.85	43.80
8	Tank 4T	10226.36	16	250	1435.46	40.65
9	Tank 6T	13541.95	16	250	1900.87	53.83

Berdasarkan perhitungan tersebut didapatkan volume udara yang harus dimiliki oleh kapal, atau kebutuhan volume tangki udara bertekanan 250 psi sebesar 150 meter kubik. Kompresor udara yang dipilih adalah Yanmar C185. Kompresor ini memiliki kapasitas tekanan maksimum sebesar 350 psi dan memiliki debit sebesar 3000 ft³/jam atau setara dengan 85 m³/jam, sehingga tangki dapat diisi penuh dalam waktu kurang dari tiga jam.

2. Air Receivers

Total sebanyak 6 *air receivers* didesain untuk dapat menampung udara bertekanan untuk mengosongkan tangki *ballast*. Ke enam *air receiver* ini dapat membawa sebanyak 230 meter kubik udara bertekanan 250 psi. *Air receivers* didesain dengan menggunakan material baja yang termasuk kedalam berta baja kapal. Terdapat dua tipe ukuran *air receivers* yang digunakan yang pertama berukuran diameter dua meter dengan panjang 11.8 meter dan tipe kedua dengan diameter 2 meter dengan panjang 10 meter. Terdapat 4 buah *air receivers* tipe satu dan 2 buah *air receivers* tipe 2. *Air receivers* tipe 1 berada pada tangki 4 yang disusun sedemikian rupa agar dapat memenuhi ruangan serta *air receiver* tipe 2 berada pada tangki 6. Mesin kompresor udara akan diletakkan pada tangki 7 yaitu pada ruangan mesin.

3. Mooring Line Equipment

Kapal ini akan dimooring dengan menggunakan *3-point mooring system* dengan panjang tali *mooring* sebesar dua kali dari panjang kedalaman *mooring*. Tiap tali *mooring* menggunakan rantai dengan berat 12 ton serta jangkar dengan berat 750 lb atau setara dengan 340 ton. Untuk kapasitas *mooring* yang dibutuhkan ditentukan dengan menggunakan pengalaman nyata yang dialami oleh kapal eksisting.

Tabel 4. 10 Tali Tambat

No	Type	Diameter (inch)	Vol. Per 30.48 m (m ³)	Weight per 30.48 m (ton)	Average Strength (lbs)	Vol. For 10972.8 (m ³)	Weight for 10972.8 ft (ton)
1	AmSteel	1"	0.020	0.011	109000	7.079	3.742
2	Quantum-8	1 1/4"	0.031	0.018	114000	11.072	6.462
3	Quantum-12	1 1/8"	0.025	0.013	105000	8.948	4.590
4	Turbo-75	1 1/16"	0.022	0.014	113000	7.985	5.112
5	Turbo-EPX	1 1/16"	0.022	0.016	113000	7.985	5.652

Kapal eksisting mengalami beban pada tali tambat sebesar 70000 lb secara aksial. Sehingga dipilih tali Quantum-12 dengan rata rata kekuatan sebesar 105000 lb karena

menggunakan tali baru dengan material yang berbeda dari yang digunakan pada kapal eksisting. Dipilih *winch* dan *capstan* berdasarkan pada berat tali tambat ditambah dengan berat rantai dan jangkar. Dipilih Markey VEP-32-80 Capstan-Windlass, yang memiliki kemampuan tarik maksimum sebesar 125000 lbs dan kecepatan tarik 33ft/min dengan beban 31900 lbs.

4. *Rigid Inflatable Boat*

Zodiac Pro Racing 550 dipilih untuk kapal kecil pembantu jalannya operasi kapal. Kapal ini digunakan untuk mengumpulkan tali tambat, membantu dalam perpindahan kru kapal, dan juga digunakan sebagai alat bantu survei. Kapal ini menggunakan *four-point control davit*, yang dapat memutar posisi kapal. *Winches* yang terpasang pada dewi-dewi dapat digunakan untuk menurunkan dan menaikkan kapal.

5. *Scientific Deployment Booms*

Kapal ini didesain dengan menggunakan 3 *scientific deployment booms*. *Booms* ini memiliki panjang 60 ft atau 18.3 meter yang terletak pada bagian *portside*, *starboard* dan *centerline* kapal. Pada saat kapal dalam posisi *horizontal booms* akan berada pada posisi disimpan. Ketika kapal berada pada kondisi diam dalam posisi vertikal, maka *boom* akan diaktifkan. *Winch* yang digunakan untuk mengoperasikan *booms* yaitu dari Warn Industries. *Winch* ini memiliki kemampuan maksimum sebesar 2.5 ton, dan berat dari *booms* yaitu sebesar 1.4 ton tanpa perlengkapan peneliti yang dipasang. Saat *boom* diaktifkan maka *railing* disepanjang *boom* akan diaktifkan.

6. *Tunnel Thruster*

Ketika kapal berada pada posisi vertikal, kapal ini dilengkapi dengan *tunnel thruster*. *Tunnel thruster* ini dipasang dibelakang *retractable thruster* dan sumbu putar *propeller* berada pada posisi vertikal ketika kapal dalam posisi horisontal. Mekanisme propulsi dan daun baling baling diletakkan didekat ujung atas dari terowongan pada saat kapal berada pada posisi horisontal. Hal ini dilakukan untuk menghindari efek dari *sloshing* dan *slamming* didalam terowongan saat kapal terkena ombak. Ukuran dari *tunnel thruster* yang digunakan dapat menyetabilkan posisi kapal dalam kecepatan arus sebesar 1.5 knots. 62-inch dengan diameter dari *propeller* atau 157 cm dipilih dengan daya mesin berkisar 521 – 671 kW. Ketika dalam posisi vertikal, mesin penggerak utama yang digunakan adalah *tunnel thruster* yang berfungsi penjaga posisi dari kapal agar tetap tenang dan tidak terseret ombak.

7. *Liferaft*

Liferaft berkapasitas 25 orang dari Survivetec Zodiac digunakan pada kapal ini. *Liferaft* yang dipakai sesuai dengan standar SOLAS.

4.2.6. Perhitungan Kelistrikan di Kapal

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai detail kebutuhan kelistrikan kapal serta pemilihan generator yang akan digunakan pada kapal.

1. Analisis kebutuhan kelistrikan

Lima mode operasi dianalisis yaitu: *in transit*, *mooring retrieval*, *on station moored or drifting*, *stattion keeping*, dan *shore power*. Beban kelistrikan di estimasi berdasarkan kapal yang menggunakan perlengkapan sejenis dan juga berdasakan dari data yang diberikan oleh pihak pembuat perlengkapan. Berikut disajikan kebutuhan dari kelistrikan di kapal.

Tabel 4. 11 Kebutuhan Kelistrikan Kapal

No	Komponen	Load Description	Unit Power (kW)	In Transit		Mooring Retrieval		On Station (Drifting/Moored)		On Station (Dynamic Position)		In Port (Shore Power)	
				% kW	kW	% kW	kW	% kW	kW	% kW	kW	% kW	kW
1	Propulsion Bus	Retractable Thruster	1250	0.85	1062.50	0.15	187.50	0.00	0.00	0.05	62.50	0.00	0.00
2		Tunnel Thruster	670	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	335.00	0.00	0.00
3	Ship Service Bus	Air Compressor No 1	30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4		Air Compressor No 2	30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5		Crane (Centerline)	20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.95	19.00	0.95	19.00	0.00	0.00
6		Crane (Portside)	20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.95	19.00	0.95	19.00	0.00	0.00
7		Crane (Starboard)	20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.95	19.00	0.95	19.00	0.00	0.00
8		Mess Area Power Panels	50	0.10	5.00	0.10	5.00	0.10	5.00	0.10	5.00	0.00	0.00
9		HVAC	35	0.75	26.25	0.75	26.25	0.75	26.25	0.75	26.25	0.00	0.00
10		Hydraulic Pump No 1	25	0.00	0.00	0.25	6.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11		Hydraulic Pump No 2	25	0.00	0.00	0.25	6.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12		Laboratory UPS 120kVA System	96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	9.60	0.10	9.60	0.00	0.00
13		Lighting	40	0.50	20.00	0.50	20.00	0.75	30.00	0.75	30.00	0.00	0.00
14		Mooring Winch	40	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	40.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15		Range and Galley Misc	25	0.25	6.25	0.00	0.00	0.25	6.25	0.25	6.25	0.00	0.00
16		Sewage Transfer	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	2.50
17		Ship Electronics	30	0.50	15.00	0.50	15.00	0.25	7.50	0.25	7.50	0.00	0.00
18		Water Generation	7.5	0.50	3.75	0.50	3.75	0.50	3.75	0.50	3.75	0.00	0.00
19		Water Heater	50	0.30	15.00	0.00	0.00	0.30	15.00	0.30	15.00	0.00	0.00
20	Welding Machine	25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

No	Komponen	Load Description	Unit Power (kW)	In Transit		Mooring Retrieval		On Station (Drifting/Moored)		On Station (Dynamic Position)		In Port (Shore Power)	
				% kW	kW	% kW	kW	% kW	kW	% kW	kW	% kW	kW
		<i>Total</i>	2493.5		1153.75		270		200.35		557.85		2.5

Dapat dilihat pada tabel bahwa kebutuhan kelistrikan terbesar yaitu pada kondisi in transit dengan kebutuhan *power* sebesar 1153.75 kW. Sehingga dibutuhkan generator yang mampu mengakomodasi daya sebesar itu.

2. Generator Selection

Generator dipilih berdasarkan hasil perhitungan kelistrikan yang dilakukan sebelumnya sehingga generator dapat dimatikan dan disesuaikan dengan kebutuhan kelistrikan di tiap mode operasi. Prosedur ini digunakan untuk meminimalisir energi yang digunakan, dan meminimumkan *cost* akibat kebutuhan energi di kapal. John Deere generators drives dipilih sebagai merek generator yang dipasang pada kapal. Berikut merupakan susunan generator yang dipasang pada kapal. Pada mode operasi *mooring retrieval* dan *on station (drifting/moored)* satu generator 6135SFM85 dapat digunakan sedangkan pada mode operasi *on station (dynamic position)* dua generator 6135SFM85 dan 6068AFM75 dapat dipakai.

Tabel 4. 12 Generator

<i>Generator Drive</i>	<i>Number Installed</i>	<i>Power Output (kW)</i>	<i>Dry Weight (kg)</i>	<i>Total Power Output (kW)</i>	<i>Total Dry Weight (kg)</i>
John Deere 6135SFM85	3	416	1426	1248	4278
John Deere 6068AFM75	1	166	812	166	812
				1414	5090

4.2.7. Berat Crew dan Consumable

Untuk mengetahui berat crew harus diketahui berapa banyak crew yang ada pada kapal, dengan asumsi berat tiap orang sebesar 80 kg, maka didapatkan berat dari kur dan awak kapal yaitu sebagai berikut

Tabel 4. 13 Berat Kru Kapal

Crew List		
<i>Crew and Operator =</i>	<i>5</i>	<i>person</i>
<i>Scientist =</i>	<i>15</i>	<i>person</i>
<i>Total Crew =</i>	<i>20</i>	<i>person</i>
<i>Crew Weight =</i>	<i>80</i>	<i>kg/person</i>
<i>Total Crew Weight =</i>	<i>1.6</i>	<i>ton</i>

Dari tabel dapat dilihat bahwa jumlah kru kapal sebanyak 20 orang dengan rincian operator kapal sebanyak 5 orang dan peneliti sebanyak 15 orang.

Untuk mengetahui kebutuhan *consumable* untuk kapal maka perlu diketahui lamanya kapal beroperasi, dimana selama beroperasi kapal tidak melakukan pengisian bahan bakar, dan hanya melakukan pengisian bahan bakar ketika berada di pelabuhan. Kapal direncanakan dapat berlayar selama 45 hari sehingga harus dipersiapkan kebutuhan bagi kapal selama itu juga. Kebutuhan makanan yang dibutuhkan untuk pelayaran selama 45 hari yaitu sebanyak 9 ton untuk 20 orang awak kapal, dengan asumsi konsumsi perhari untuk satu orang yaitu sebesar 10 kg. Berikut ditunjukkan hasil perhitungan *provision*.

Tabel 4. 14 Provision

Provision		
<i>Crew =</i>	<i>20</i>	<i>person</i>
<i>Time =</i>	<i>45</i>	<i>days</i>
<i>Weight =</i>	<i>0.01</i>	<i>ton/(person . day)</i>
<i>Weight =</i>	<i>9</i>	<i>ton</i>

Kebutuhan air yang diperlukan untuk pelayaran 45 hari adalah sebanyak 153 ton untuk 20 orang dengan asumsi tiap harinya satu orang menghabiskan 170 kg air. Akan tetapi tangki muatan air yang didesain hanya dapat menampung 45 ton air sehingga dipasang alat desalinasi air laut menjadi air tawar untuk memenuhi kebutuhan air sisanya, karena tangki air tawar yang tersedia hanya dapat mengakomodasi kebutuhan air kurang lebih dalam 15 hari saja.

Tabel 4. 15 Kebutuhan Air

<i>Fresh Water</i>		
<i>Crew</i> =	20	<i>person</i>
<i>Time</i> =	45	<i>days</i>
<i>Weight</i> =	0.17	<i>ton/(person . day)</i>
ρ_{FW} =	1	<i>ton/m³</i>
W_{FW} =	153	<i>ton</i>
V_{FW} =	153	<i>m³</i>

Untuk menghitung kebutuhan bahan bakar digunakan rumusan sebagai berikut

$$\text{Transit Fuel Weight} = sfc \cdot \frac{\text{Range}}{\text{Speed}} \cdot \text{Power Demand}$$

$$\text{Station Fuel Weight} = sfc \cdot \text{Endurance on Station} \cdot \text{Power Demand}$$

$$\text{Total Fuel Weight} = \text{Transit Fuel Weight} + \text{Station Fuel Weight}$$

Dengan konsumsi bahan bakar bernilai 76 liter perjam pada daya mesin 416 kW, dengan waktu pelayaran sejauh 1640 *nautical miles* sebesar 10 hari dan *endurance* kapal ketika pada kondisi *stationary* selama 35 hari maka kebutuhan bahan bakar dapat dihitung. Dari hasil perhitungan didapatkan penggunaan bahan bakar untuk *transit mode* yaitu sebesar 67.09 ton. Kebutuhan bahan bakar pada mode operasi *stationary* yaitu sebesar 138.67 ton. Sehingga total kebutuhan bahan bakar untuk pelayaran yaitu sebesar 205.76 ton untuk 45 hari waktu berlayar. Rincian dari perhitungan kebutuhan bahan bakar dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. 16 Kebutuhan Bahan Bakar Kapal

<i>Fuel Oil</i>		
<i>Transit Mode</i>		
<i>Sfc</i> =	0.000273	<i>m³/hours . kW</i>
<i>Range</i> =	1640	<i>nm</i>
=	3037280	<i>m</i>
<i>Speed</i> =	8	<i>knots</i>
=	4.12	<i>m/s</i>
<i>Power Demand</i> =	1153.75	<i>kW</i>
<i>Fuel Volume</i> =	71.05	<i>m³</i>
ρ_{FO} =	0.9443	<i>ton/m³</i>

<i>Fuel Weight</i> =	67.09	ton
<i>Stationary Mode</i>		
<i>Sfc</i> =	0.000273	$m^3/hours \cdot kW$
<i>Power Demand</i> =	557.85	kW
<i>Endurance</i> =	36.46	days
<i>Fuel Volume</i> =	146.84	m^3
ρ_{FO} =	0.9443	ton/m^3
<i>Fuel Weight</i> =	138.67	ton
<i>Total Fuel Weight</i>		
<i>Fuel Weight</i> =	205.76	ton

4.2.8. Displacement dan Titik Berat Kapal

Untuk melakukan pengecekan *displacement* perlu diketahui berat total kapal yang merupakan gabungan dari komponen LWT dan komponen DWT kapal. Komponen LWT merupakan berat lambung kapal (plat, kontruksi dan bangunan atas), berat perlengkapan kelistrikan, berat perlengkapan yang ada di kapal. Sedangkan komponen DWT merupakan berat dari *payload*, *Crew*, dan juga *consumables*. Berikut merupakan perhitungan komponen LWT dan DWT kapal. Pengecekan *displacement* dilakukan dengan menggunakan *displacement* yang didapat dari model kapal yang dibuat dengan menggunakan *software maxsurf*. Rincian dari berat LWT, DWT dan titik berat nya dapat dilihat pada Tabel 4. 17 dan Tabel 4. 18.

Tabel 4. 17 LWT Kapal

<i>Komponen</i>	<i>Item</i>	<i>Weight (ton)</i>	<i>Quantity</i>	<i>Total Weight (ton)</i>	<i>X (m)</i>	<i>Y (m)</i>	<i>Z (m)</i>
<i>LWT</i>	<i>Steel Weight (W_{ST})</i>	1104.851	1	1,104.851	68.590	-0.002	5.008
	<i>Concrete Ballast</i>	994.193	1	994.193	21.000	0.000	1.164
	<i>Equipment and Outfitting ($W_{E\&O}$)</i>						
	1. <i>Rantai Jangkar</i>	12.000	3	36.000	127.000	0.000	9.500
	2. <i>Jangkar</i>	0.375	3	1.125	127.000	0.000	9.500
	3. <i>Tali Tambat</i>	4.590	3	13.770	127.000	0.000	9.500
	4. <i>Boom Crane</i>	1.430	3	4.290	112.200	0.000	9.500

<i>Komponen</i>	<i>Item</i>	<i>Weight (ton)</i>	<i>Quantity</i>	<i>Total Weight (ton)</i>	<i>X (m)</i>	<i>Y (m)</i>	<i>Z (m)</i>
	5. Capstan-Windlash	7.540	1	7.540	129.900	0.000	9.500
	6. Mooring Winch	5.900	3	17.700	127.000	0.000	8.500
	7. Air Compressor	0.760	2	1.520	94.500	0.000	4.000
	8. Small Boat & Davit	0.330	1	0.330	112.200	0.000	9.500
	9. Life Raft	0.180	1	0.180	112.200	0.000	9.500
	10. Bilge Keel	2.840	2	5.680	67.500	0.000	1.000
	11. Other	337.000	1	337.000	121.200	0.000	4.750
	Generator set (W_{genset})						
	1. John Deere 6135SFM85	4.278	3	12.834	114.900	0.000	1.900
	2. John Deere 6068AFM75	0.812	2	1.624	114.900	0.000	1.900
	3. Batteries	8.630	1	8.630	114.900	0.000	1.900
	4. Switchboard	0.640	1	0.640	114.900	0.000	1.900
	Propulsi ($W_{propulsi}$)						
	1. Retractable Thruster	29.755	1	29.755	66.000	0.000	4.500
	2. Tunnel Thruster	29.755	1	29.755	66.000	0.000	4.500
	Total Weight LWT			2607.4166	59.413	-0.001	3.593

Dari Tabel 4. 17 diatas dapat dilihat bahwa LWT kapal memiliki berat sebesar 2607.4166 ton. Sedangkan pada Tabel 4. 18 dapat dilihat bahwa berat DWT kapal yaitu sebesar 408.134. Sehingga didapatkan nilai LWT ditambah dengan DWT yaitu sebesar 3015.551 ton, Kemudian akan dilakukan pengecekan berat kapal dengan displacement kapal untuk membuktikan bahwa kapal yang didesain dapat mengapung.

Tabel 4. 18 DWT Kapal

<i>Komponen</i>	<i>Item</i>	<i>Weight (ton)</i>	<i>Quantity</i>	<i>Total Weight (ton)</i>	<i>X (m)</i>	<i>Y (m)</i>	<i>Z (m)</i>
DWT	Crew	0.080	20	1.600	127.000		9.500
	Provision	9.000	1	9.000	127.000		3.1
	Fresh Water	45.229	1	45.229	84.861		3.150
	Fuel Oil						
	1. FO Tank I PS	75.19	1	75.193	94.5	-1.216	2.952
	2. FO Tank I SB	75.19	1	75.193	94.5	1.216	2.952

<i>Komponen</i>	<i>Item</i>	<i>Weight (ton)</i>	<i>Quantity</i>	<i>Total Weight (ton)</i>	<i>X (m)</i>	<i>Y (m)</i>	<i>Z (m)</i>
	3. FO Tank 2 PS	73.78	1	73.776	107.075	-1.725	2.724
	4. FO Tank 2 SB	73.78	1	73.776	107.075	1.725	2.724
	Lube Oil	4.37	1	4.367	111.504	0	2.95
	Payload	50.00	1	50.000	121.2	0	5.7
	Water Ballast	0	1	0.000	0	0	0
	Total Weight DWT			408.134	102.275	0.000	3.257

Pengecekan selisih *displacement* dengan berat kapal dapat dilihat pada Tabel 4. 19. Margin selisih *displacement* dan berat kapal tidak boleh melebihi 10%. Dari hasil perhitungan didapatkan nilai margin sebesar 0.02% sehingga pengecekan *displacement* memenuhi. Selain pengecekan panjang LCG dan LCB dimana selisih LCB dan LCG tidak boleh melebihi 1% dari LWL kapal.

Tabel 4. 19 Pengecekan *Displacement*

Komponen	Weight (ton)
<i>LWT</i>	2607.417
<i>DWT</i>	408.134
<i>LWT+DWT</i>	3015.551
<i>Displacement</i>	3015.000
<i>(LWT+DWT)- Displacement</i>	0.551
<i>Margin</i>	0.02%

4.2.9. Perhitungan Stabilitas Kapal

Terdapat dua jenis kondisi stabilitas kapal pada kapal ini yaitu kondisi stabilitas pada posisi *horizontal* dan stabilitas pada posisi *vertical*. Perhitungan stabilitas kapal pada Tugas Akhir ini menggunakan bantuan *software Maxsurf Stability*. Langkah-langkah perhitungan stabilitas menggunakan bantuan *software Maxsurf Stability* seperti di bawah ini:

- a. Memasukkan model kapal pada *software maxsurf stability*
- b. Memasukkan data berat dan titik berat kapal
- c. Mengatur kriteria stabilitas sesuai dengan kapal yang akan dianalisis

- d. Melakukan proses running untuk mencari nilai stabilitas
- e. Memperoleh data analisis stabilitas kapal

Ada 3 kondisi stabilitas yang dihitung pada tugas akhir ini pada kondisi horisontal yaitu:

1. Kondisi muatan penuh yaitu kondisi dengan berat 100%LWT + 100%DWT
2. Kondisi kapal tanpa *payload* yaitu kondisi dengan berat consumable tersisa 10%
3. Kondisi kapal tanpa DWT atau kapal kosong yaitu kondisi dengan berat 100%LWT + 0%DWT

Berikut adalah rekapitulasi pemeriksaan hasil perhitungan stabilitas pada kondisi pertama yaitu kondisi kapal dengan muatan penuh (100%LWT + 100%DWT) yang telah dibandingkan dengan batasan menurut kriteria *IMO Regulation A.749(18)*:

- | | | |
|--|----------------|------------|
| 1. $e_0 30^\circ \geq 0.055$ m.rad | = 0.1526 m.rad | (Accepted) |
| 2. $e_0 40^\circ \geq 0.09$ m.rad | = 0.2681 m.rad | (Accepted) |
| 3. $e_{30,40^\circ} \geq 0.03$ m.rad | = 0.1155 m.rad | (Accepted) |
| 4. $h_{30^\circ} \geq 0.20$ m | = 1.171 m | (Accepted) |
| 5. $GM_0 \geq 0.15$ m | = 1.126 m | (Accepted) |
| 6. H_{max} pada $\theta_{max} \geq 25^\circ$ | = 82.7° | (Accepted) |

Berikut adalah rekapitulasi pemeriksaan hasil perhitungan stabilitas pada kondisi kedua yaitu kondisi kapal dengan tangki fule oil terisi 10% saja yang telah dibandingkan dengan batasan menurut kriteria *IMO Regulation A.749(18)*:

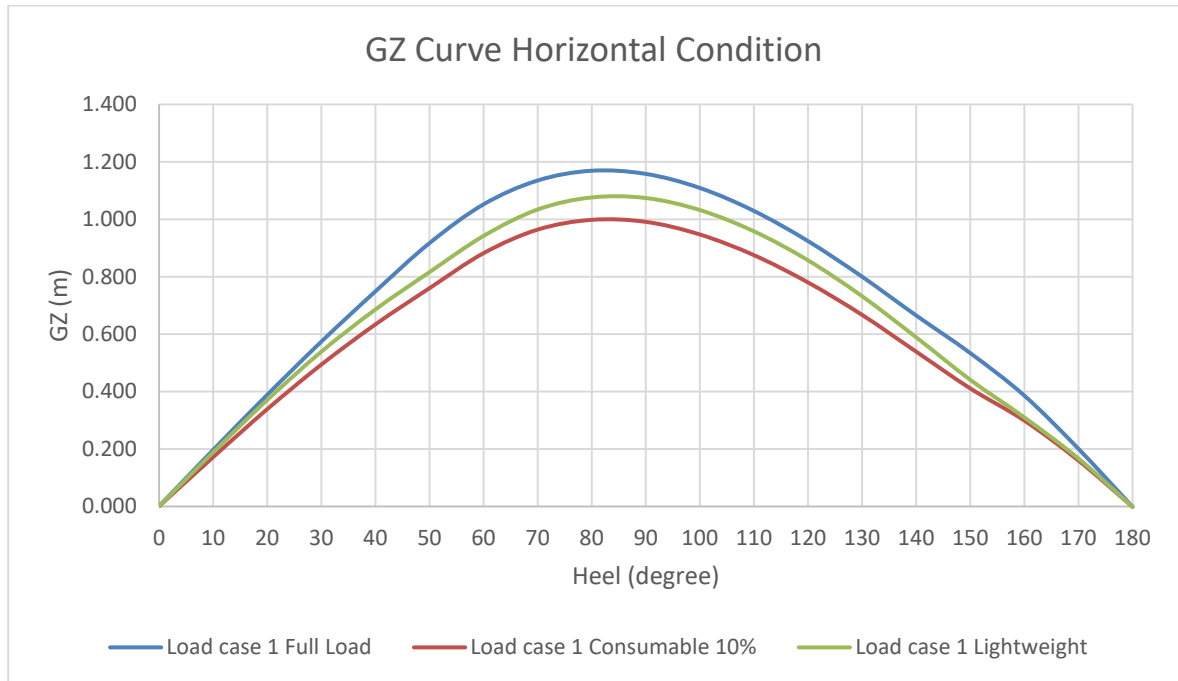
- | | | |
|--|----------------|------------|
| 1. $e_0 30^\circ \geq 0.055$ m.rad | = 0.1328 m.rad | (Accepted) |
| 2. $e_0 40^\circ \geq 0.09$ m.rad | = 0.2315 m.rad | (Accepted) |
| 3. $e_{30,40^\circ} \geq 0.03$ m.rad | = 0.0987 m.rad | (Accepted) |
| 4. $h_{30^\circ} \geq 0.20$ m | = 1.000 m | (Accepted) |
| 5. $GM_0 \geq 0.15$ m | = 0.989 m | (Accepted) |
| 6. H_{max} pada $\theta_{max} \geq 25^\circ$ | = 82.7° | (Accepted) |

Berikut adalah rekapitulasi pemeriksaan hasil perhitungan stabilitas pada kondisi ketiga yaitu kondisi kapal tanpa DWT atau kapal kosong (100%LWT + 0%DWT) yang telah dibandingkan dengan batasan menurut kriteria *IMO Regulation A.749(18)*:

- | | | |
|--------------------------------------|----------------|------------|
| 1. $e_0 30^\circ \geq 0.055$ m.rad | = 0.1453 m.rad | (Accepted) |
| 2. $e_0 40^\circ \geq 0.09$ m.rad | = 0.2525 m.rad | (Accepted) |
| 3. $e_{30,40^\circ} \geq 0.03$ m.rad | = 0.1072 m.rad | (Accepted) |
| 4. $h_{30^\circ} \geq 0.20$ m | = 1.080 m | (Accepted) |
| 5. $GM_0 \geq 0.15$ m | = 1.085 m | (Accepted) |

6. H_{\max} pada $\theta_{\max} \geq 25^\circ$ = 84.5° (Accepted)

Dari perhitungan stabilitas juga 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 untuk setiap kondisi *loadcase*:



Gambar 4. 18 Kurva GZ Pada Tiga Kondisi Load Case Kondisi Horizontal

Ada 2 kondisi stabilitas yang dihitung pada tugas akhir ini pada kondisi vertikal yaitu:

1. Kondisi muatan penuh yaitu kondisi dengan berat 100%LWT + 100%DWT
2. Kondisi kapal tanpa *payload* yaitu kondisi dengan berat consumable tersisa 10%

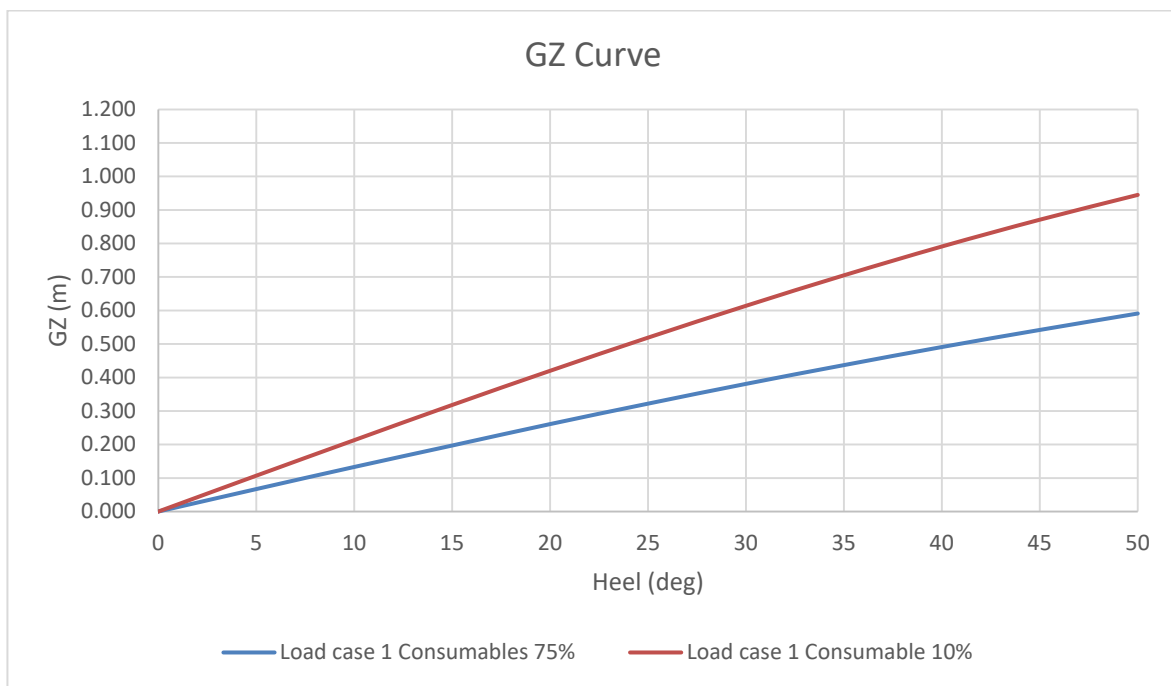
Berikut adalah rekapitulasi pemeriksaan hasil perhitungan stabilitas pada kondisi pertama yaitu kondisi kapal dengan muatan penuh (100%LWT + 75%DWT) yang telah dibandingkan dengan batasan menurut kriteria *IMO Regulation A.749(18)*:

1. $e_0 30^\circ \geq 0.055$ m.rad = 0.1022 m.rad (Accepted)
2. $e_0 40^\circ \geq 0.09$ m.rad = 0.1784 m.rad (Accepted)
3. $e_{30,40^\circ} \geq 0.03$ m.rad = 0.0762 m.rad (Accepted)
4. $h_{30^\circ} \geq 0.20$ m = 0.591 m (Accepted)
5. $GM_0 \geq 0.15$ m = 0.761 m (Accepted)
6. H_{\max} pada $\theta_{\max} \geq 25^\circ$ = 50° (Accepted)

Berikut adalah rekapitulasi pemeriksaan hasil perhitungan stabilitas pada kondisi kedua yaitu kondisi kapal dengan tangki fule oil terisi 10% saja yang telah dibandingkan dengan batasan menurut kriteria *IMO Regulation A.749(18)*:

1. $e0\ 30^\circ \geq 0.055\ \text{m.rad}$ = 0.1646 m.rad (Accepted)
2. $e0\ 40^\circ \geq 0.09\ \text{m.rad}$ = 0.2875 m.rad (Accepted)
3. $e30,40^\circ \geq 0.03\ \text{m.rad}$ = 0.1229 m.rad (Accepted)
4. $h30^\circ \geq 0.20\ \text{m}$ = 0.945 m (Accepted)
5. $GM0 \geq 0.15\ \text{m}$ = 1.229 m (Accepted)
6. H_{\max} pada $\theta_{\max} \geq 25^\circ$ = 50° (Accepted)

Dari perhitungan stabilitas juga 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 untuk setiap kondisi *loadcase*:



Gambar 4. 19 Kurva GZ Pada Dua Kondisi Load Case Kondisi Vertikal

BAB 5

DESAIN DAN OPERASIONAL KAPAL

Pada bab ini akan dijabarkan mengenai rencana garis, rencana umum, model operasional kapal, serta desain tiga dimensi dari kapal. Bab ini juga akan memberikan gambaran-gambaran dari hal hal yang akan dibahas terutama ilustrasi dari gambar tiga dimensi.

5.1. Rencana Garis

Rencana garis merupakan suatu komponen yang penting dalam merancang kapal, karena rencana garis merupakan gambar yang merepresentasikan bentuk dari lambung kapal secara keseluruhan, terutama lambung kapal yang tercelup air. *Linesplan* dapat memberikan gambaran mengenai performa kapal dan karakter dari kapal ketika berinteraksi dengan fluida.

Pada penelitian ini lambung kapal dibuat dengan bantuan perangkat lunak *3D modeling* yaitu *Maxsurf Modeler* dan *Rhinoceros 3D*. Pembuatan lambung kapal dibuat dengan menyesuaikan ukuran utama yang sudah didapat pada bab sebelumnya serta *displacement* yang harus dimiliki oleh kapal. Selain itu tipikal bentuk dari kapal yang didesain saat ini mengikuti tipikal bentuk dari kapal eksisting yang sedang beroperasi.



Gambar 5. 1 *Linesplan*

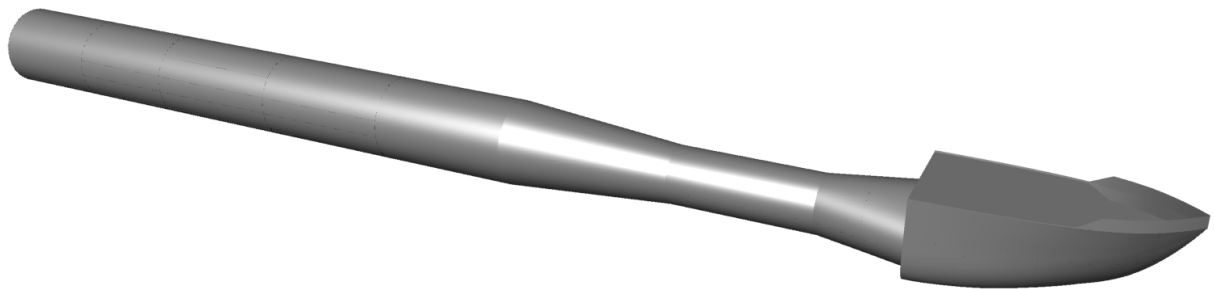
Acuan dalam pembuatan *linesplan* merupakan kapal *existing* dan desain *linesplan* yang didapat dari referensi pada sub bab 2.2. Perbedaan bentuk lambung dari R/P Flip 2 dan lambung kapal ini adalah terletak pada sambungan antara *after body* dan *fore body* dimana pada R/P Flip

2 sambungan hampir berbentuk persegi, pada desain ini sambungan berbentuk semi *elliptical*. *Linesplan* dibuat sesuai dengan ukuran utama akhir yang didapatkan, dimana ukuran utama kapal yang didesain dapat dilihat pada Tabel 5. 1. Kapal ini lebih kecil dari R/P Flip 2 dimana kapal R/P Flip 2 memiliki LOA sepanjang 140.2 meter, kapal yang didesain ini memiliki Panjang 135 meter. Kapal ini lebih kecil dikarenakan kebutuhan *displacement* yang diperlukan juga lebih kecil dibandingkan R/P Flip 2, selain itu juga menyesuaikan dengan daerah pelayaran yang dikomodasi juga berbeda, sehingga secara keseluruhan ukuran utama R/P Flip 2 dan kapal yang didesain saat ini berbeda.

Tabel 5. 1 Ukuran Utama Kapal Akhir

<i>Length Over All (LOA)</i>	<i>135.00</i>	<i>Meter</i>
<i>Length Of Water Line (LWL)</i>	<i>130.20</i>	<i>Meter</i>
<i>Maximum Breadth (B)</i>	<i>11.00</i>	<i>Meter</i>
<i>Horizontal Draught (T1)</i>	<i>4.00</i>	<i>Meter</i>

Pembuatan *linesplan* juga harus memperhatikan volume ruangan yang harus diakomodir oleh kapal sehingga perlu diperlakukan pemeriksaan beberapa kali untuk mendapatkan *linesplan* yang sesuai dengan kebutuhan. Ilustrasi dari bentuk lambung kapal *flip* yang didesain dapat dilihat pada Gambar 5. 1 dan Gambar 5. 2.



Gambar 5. 2 Lambung Kapal *Flip*

Dari gambar dapat dilihat bahwa kapal seperti memiliki dua bagian lambung yang berbeda yaitu bagian depan (*fore body*) dan bagian belakang (*after body*). Bagian belakang lambung kapal berbentuk silinder yang digunakan sebagai mekanisme dari *lifting* dengan memainkan proses *ballast* dan *deballasting*, sehingga bagian *after body* kebanyakan memiliki bagian berongga yang digunakan sebagai tangki *ballast*. Saat kondisi *vertical* gaya hidrostatis akan sepenuhnya diakomodasi oleh bagian *after body* kapal, selain itu ketika kondisi *vertical waterplane area* (WPA) dari kapal menjadi kecil sehingga memiliki natural frekuensi dari

motion heave dan *roll* yang kecil sehingga memiliki performa *seakeeping* yang baik dalam posisi *vertical*. Bagian depan kapal sama seperti bagian kapal pada umumnya berfungsi untuk menampung awak kapal dan permesinan kapal.

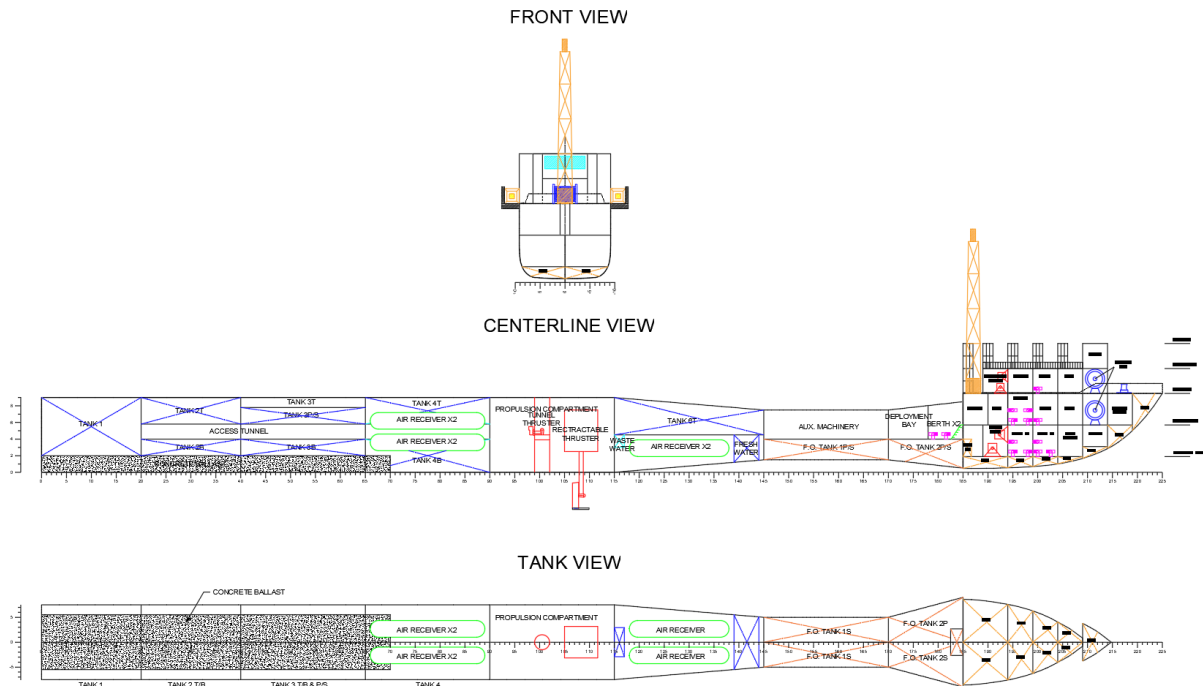
5.2. Rencana Umum

Rencana umum atau biasanya disebut *General Arrangement* merupakan susunan atau denah dari ruangan-ruangan yang ada pada kapal. Pada kapal ini desain rencana umum secara umum bertujuan untuk menyediakan ruang yang cukup untuk melakukan penelitian serta menyediakan tempat istirahat untuk dua puluh orang awak kapal dan memberikan kelayakhunian bagi awak kapal selama di atas kapal karena mereka akan melakukan pelayaran yang durasinya lebih dari satu bulan.

5.2.1. Arrangement Overview

Bagian haluan dari kapal digunakan sebagai ruangan untuk melakukan penelitian serta hunian bagi awak kapal. Selain itu digunakan juga sebagai tempat peletakan permesinan serta peralatan-peralatan pendukung penelitian. Bagian belakang kapal digunakan sebagai tangki *ballast*, tangki-tangki bahan bakar serta tangki kebutuhan air tawar. Acuan pembuatan dari *general arrangement overview* adalah *Dr. James A. Lisnyk Student Ship Competition Design Report* (Bichucher, Cenzer, Holbert, Seyffert, & Sypniewski, 2014). Yang membedakan adalah ukuran dari kompartemen kompartemen, terutama kompartemen ballast pada *after body* kapal, secara sekilas pandang hampir mirip dengan R/P Flip 2, akan tetapi ukuran dan susunan *ballast* pada kompartemen 2 sangatlah berbeda. Selain perbedaan ukuran tangka ballast dan kompartemen, kebutuhan dari air receiver atau udara bertekanan juga berbeda, sehingga tangka udara yang didesain juga memiliki ukuran yang berbeda. Ukuran dari tangki udara bertekanan dapat dilihat pada 4.2.5 Peralatan dan Perlengkapan Kapal tentang perhitungan *air compressor*. Selain itu tangka air tawar yang dibawa lebih banyak karena tangka kebutuhan air tawar merupakan kompartemen tersendiri pada daerah lambung *after body*.

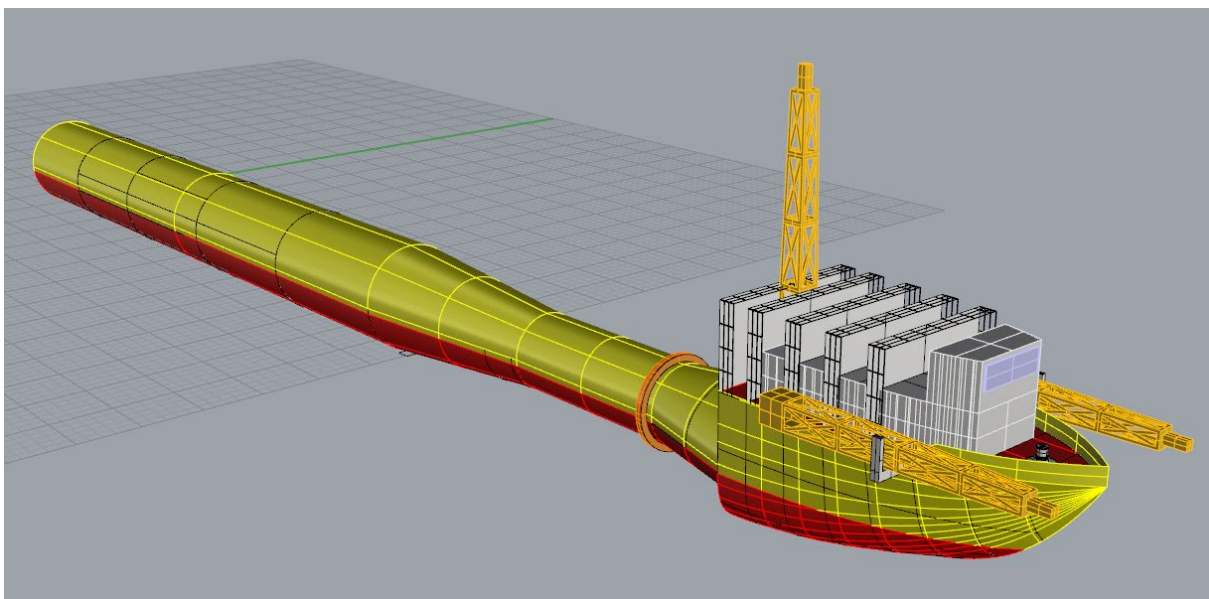
Secara sekilas pandang lambung kapal dibagi menjadi dua bagian besar yaitu *after body* dan *fore body*. *After body* merupakan bagian belakang kapal yang berbentuk silinder yang Sebagian besar kompartemennya merupakan ruangan berongga yang difungsikan sebagai tangki air ballast. Pada *after body* kapal terdapat 8 kompartemen, dimana 6 kompartemennya digunakan sebagai tangki ballast. Bagian *fore body* kapal difungsikan sebagai ruangan akomodasi dan tempat berlangsungnya penelitian.



Gambar 5. 3 Overview General Arrangement

1. Outboard Profile

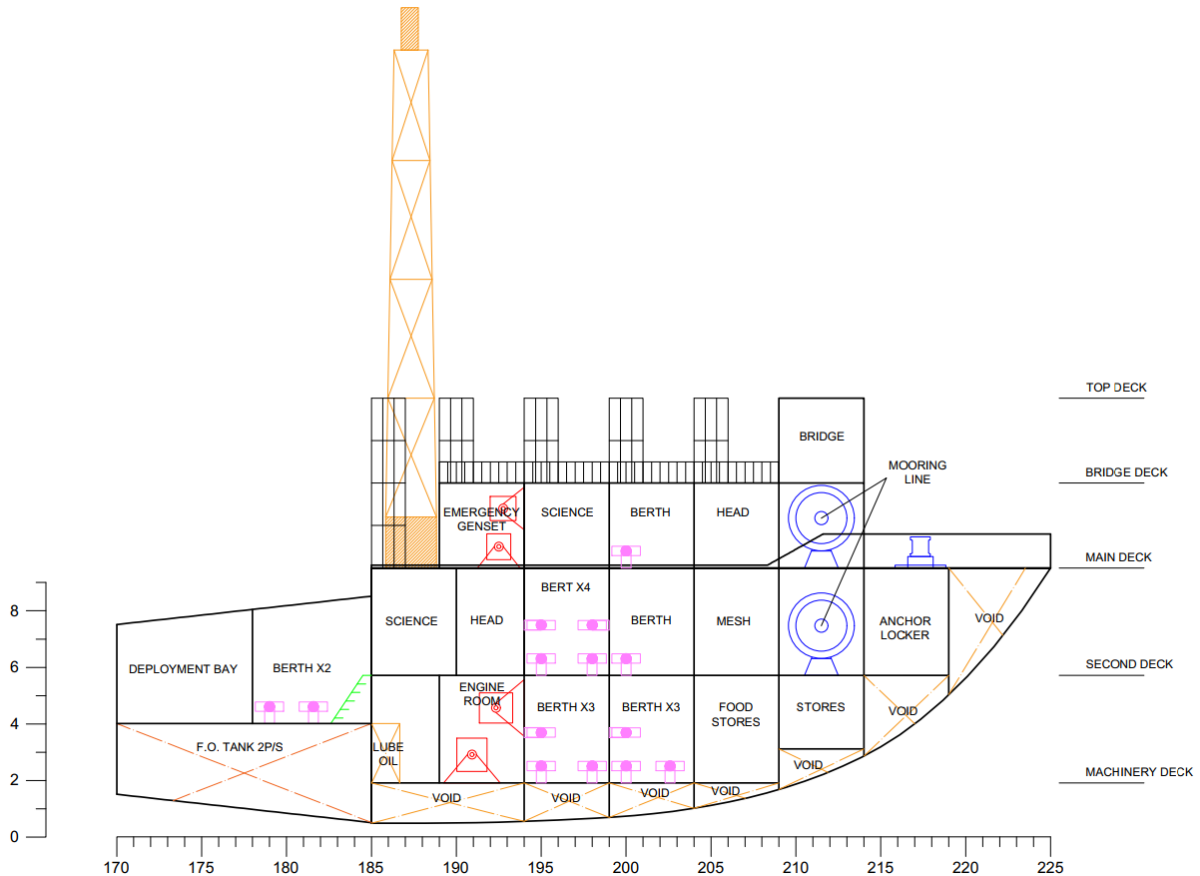
Outboard profile menunjukkan tampilan lambung beserta *super structure* nya. Selain itu juga menunjukkan *vertical deck*, dan *boom crane*. Tampilan ini juga menunjukkan bagian belakang kapal yang berbentuk silinder dan bentuk bagian kapal yang seperti kapal pada umumnya. Selain itu peletakan dari *crane* juga diberikan baik *crane* yang terletak di *centerline*, *starboard*, dan *portside*. *Outboard profile* ditunjukkan pada Gambar 5. 4.



Gambar 5. 4 Outboard Profile

2. Inboard Profile

Inboard profile menunjukkan ruangan-ruangan yang berada didalam kapal. Pada gambar **Error! Reference source not found.** akan ditunjukkan bagaimana penataan ruangan di kapal baik pada kondisi *horizontal* maupun dalam kondisi *vertical*.

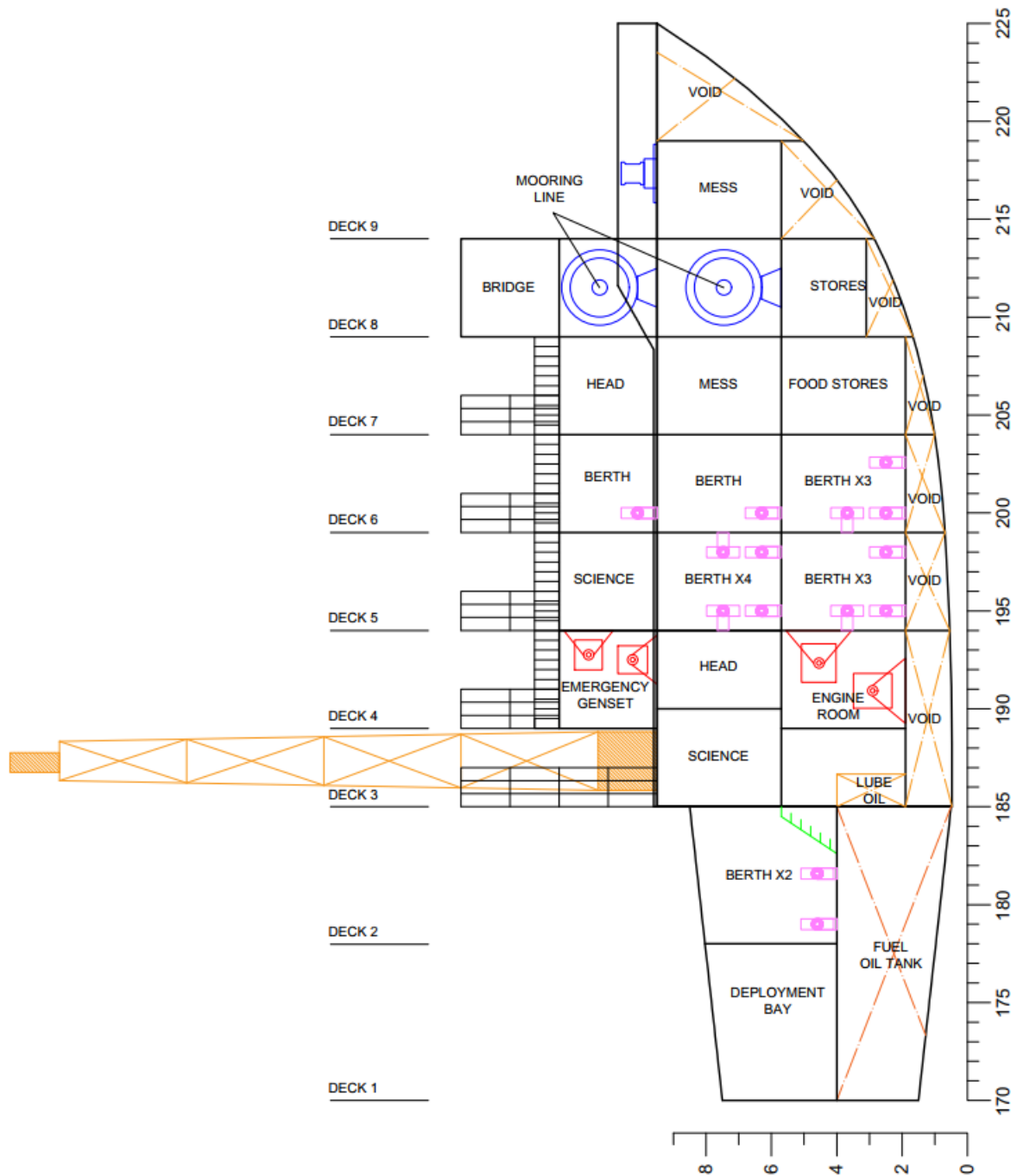


Gambar 5. 5 *Horizontal Bow Inboard Profile*

Gambar 5. 5 menunjukkan gambar horisontal *inboard profile* bagian haluan kapal. Dapat dilihat bahwa pada bagian haluan kapal secara *horizontal* dibagi menjadi beberapa lantai. Pembagian ke lima lantai ini yaitu *machinery deck*, *second deck*, *main deck*, *bridge deck*, dan *top deck*. Selain itu terdapat ruangan-ruangan yang digunakan sebagai tempat peletakan permesian kapal, serta hunian bagi kru kapal. Setidaknya terdapat ruangan yang dapat digunakan untuk tempat istirahat bagi 20 awak kapal. Penyusunan *inboard profile* ini mengacu pada *Dr. James A. Lisnyk Student Ship Competition Design Report* (Bichucher, Cenzer, Holbert, Seyffert, & Sypniewski, 2014), dengan modifikasi ukuran ruangan-ruangan menyesuaikan dengan bentuk dari lambung kapal.

Gambar 5. 6 menunjukkan gambar dari vertikal *inboard profile* dari haluan depan kapal secara vertikal. Dari gambar dapat dilihat bahwa dalam posisi vertikal kapal memiliki 9 lantai yang dapat diakses. Karena posisi vertikal merupakan posisi yang paling dominan ketika

beroperasi, sehingga dalam posisi ini kapal harus memiliki kenyamanan dan kelayak hunian dalam mode operasi ini. Dalam posisi ini terdapat *grating floor* yang dapat digunakan oleh awak kapal, selain tu *boom crane* juga digunakan ketika dalam posisi ini, dimana *boom crane* dapat diakses melalui *grating floor* yang ada pada *deck 3* sampai dengan *deck 7*.

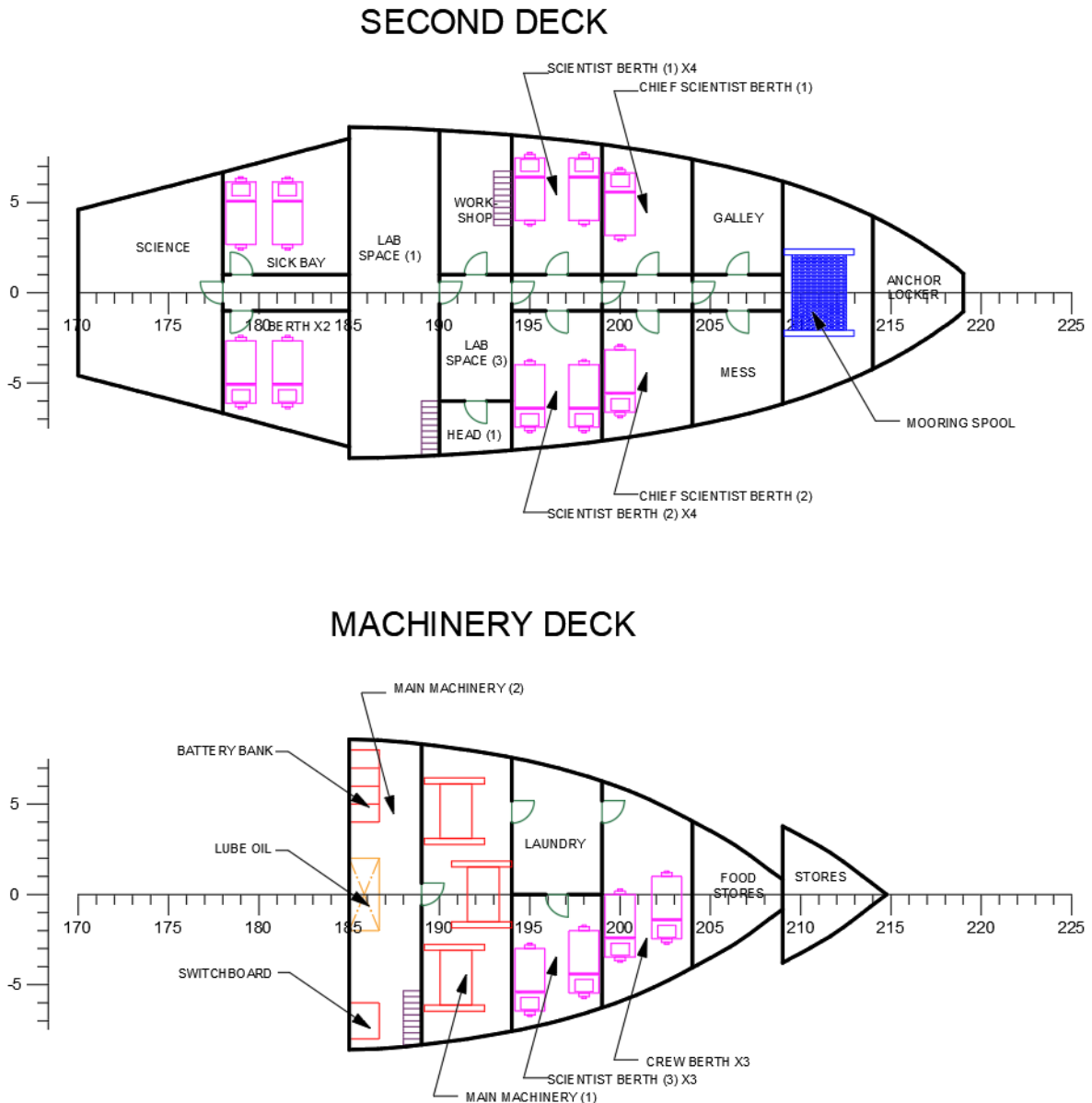


Gambar 5. 6 Vertikal Bow Inboard Profile

Deck 1 digunakan sebagai tempat untuk meluncurkan perlengkapan penelitian, karena area ini terletak dekat dengan permukaan air. Area ini juga dapat digunakan untuk

transfer awak kapal pada kondisi normal di air tenang. Area ini memiliki luasan yang lebih kecil pada kondisi vertikal.

Deck 2 merupakan penghubung antara lambung silinder (*after body*) dengan haluan kapal (*fore body*). Pada geladak ini terdapat ruangan untuk perawatan orang sakit dan ruangan tidur untuk dua peneliti. Ruangan ini terletak dengan kamar mesin, yang terletak di atasnya.

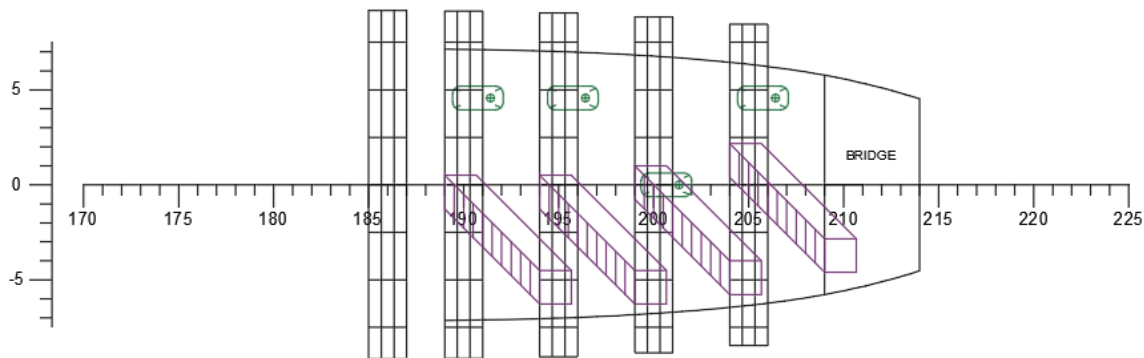


Gambar 5. 7 Susunan Ruang Pada *Second Deck* dan *Machinery Deck*

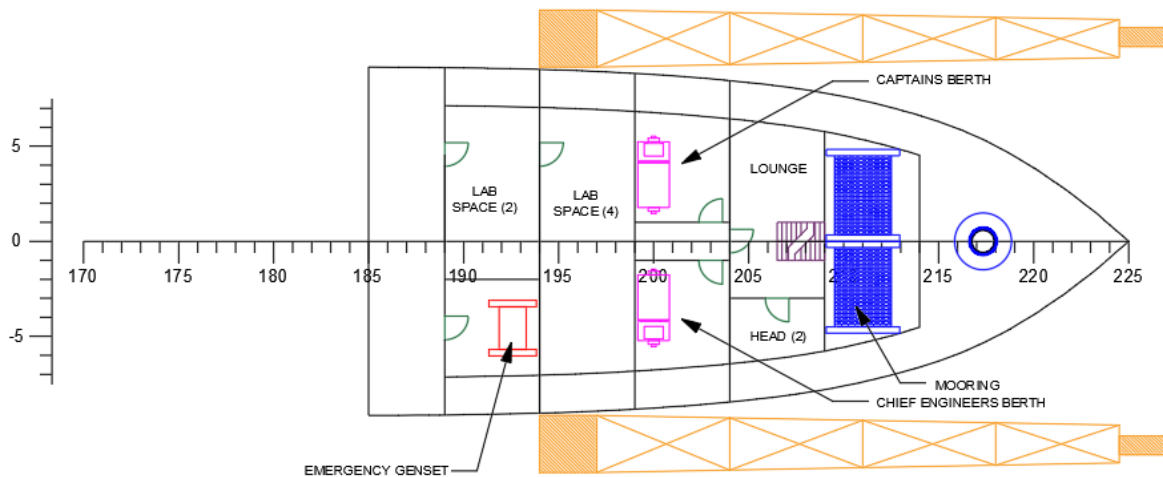
Deck 3 merupakan geldakan dengan luasan terbesar yang ada pada kapal dalam kondisi vertikal. Geladak ini merupakan geladak yang terdapat kamar mesin didalamnya. *Deck* ini juga merupakan geladak pertama yang menggunakan grating dibagian terbukanya, yang membuat para peneliti dapat pergi ke ruangan terbuka. Pada geladak ini terdapat *liferaft*

yang dapat digunakan dalam kondisi darurat dan *support vessel* yang dapat digunakan juga berada pada geladak ini.

TOP DECK



MAIN DECK



Gambar 5. 8 Susunan Ruang pada *Main Deck* dan *Top Deck*

Deck 4 memiliki beberapa ruangan diantaranya yaitu 2 ruangan laboratorium, *workshop*, *emergency generator* serta bagian atas dari ruangan permesinan. Geladak ini merupakan geladak yang memiliki tingkat kenyamanan paling rendah karena berada pada sekitar kamar mesin dan mendapatkan getaran langsung dari mesin kapal. Pada geladak ini terdapat *boom crane* yang dapat digunakan, jadi bisa dikatakan bahwa geladak ini merupakan geladak yang memiliki aktivitas penelitian paling tinggi.

Deck 5 merupakan geladak dengan laboratorium penelitian yang terletak paling atas. Selain itu pada geladak ini terdapat 3 ruangan istirahat bagi para peneliti. Pada geladak ini

juga tempat *laundry* yang dapat digunakan apabila pelayaran yang dilakukan sangat jauh. Selain itu *deck 5* juga tempat *boom crane* dapat diaktifkan.

Deck 6 seluruhnya digunakan sebagai tempat istirahat bagi para awak kapal terutama kapten kapal, peneliti senior, dan beberapa peneliti lainnya.

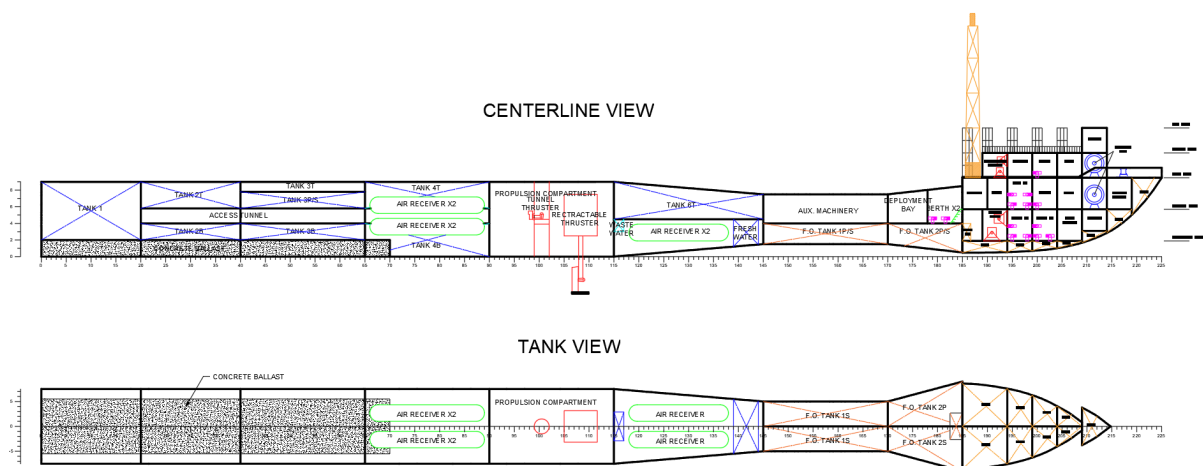
Deck 7 digunakan sebagai penempatan *galley*, *mess room*, *lounge*, dan ruangan penyimpanan makanan. Tidak banyak orang beraktifitas disini pada jam kerja. Geladak ini digunakan untuk makan dan tempat istirahat setelah kerja, dan geladak ini didesain senyaman mungkin.

Deck 8 digunakan untuk tempat penyimpanan yang lebih banyak, dan peralatan *mooring* seperti tali tambat dan *mooring drum*. Selain itu *bridge* juga terletak pada geladak ini.

Deck 9 merupakan tempat penyimpanan jangkar. Selain itu geladak ini juga digunakan sebagai transfer awak kapal ketika dalam kondisi darurat menggunakan *helicopter*. Rencana umum sangat dipikirkan dengan baik-baik terutama demi kenyamanan dan kelayakhunian bagi awak kapal.

3. Tank Capacities and Placement

Kapal ini dilengkapi dengan 4 tangki bahan bakar dan satu tangki harian, selain itu juga terdapat tangki oli, tangki air tawar dan tangki air kotor. Gambar 5. 9 menunjukkan peletakan tangki-tangki pada kapal. Tangki bahan bakar berada tepat dibelakang *fore body* dan dibagi menjadi dua kompartemen yaitu *starboard* dan *portside*. Tangki bahan bakar tersebut dapat mengakomodasi kebutuhan bakar kapal selama 45 hari pelayaran.



Gambar 5. 9 Peletakan Tangki

Tangki oli terletak pada kamar mesin, kemudian tangki air tawar berada dibawah tangki *ballast* no 6 dan berada pada kompartemen ke 6 kapal. Tangki air tawar ini dapat digunakan selama

kurang lebi 15 hari. Tangki *ballast* utama yang ada pada kapal yaitu tangka 1, 2B, 3B, 3T, 3P/S, 4, dan 6T. Tangki ini disesuaikan dengan kebutuhan air ballast yang diperlukan untuk melakukan proses flipping. Setiap tangka diberi margin sebesar lima persen untuk mengatasi pemuaian volume dari air akibat perubahan temperature. Berikut akan diberikan rekapitulasi dari volume dan berat air ballast yang dapat ditampung oleh tangka ballast.

Tabel 5. 2 Rekapitulasi Tangki

<i>No</i>	<i>Tank</i>	<i>Volume (m³)</i>	<i>Weight (ton)</i>
1	Tank 1	621.292	606.138
2	Tank 2B	196.558	191.764
3	Tank 2T	237.47	231.678
4	Tank 3B	245.697	239.704
5	Tank 3P/S	222.779	217.346
6	Tank 3T	74.058	72.252
7	Tank 4B	319.849	312.047
8	Tank 4T	296.818	289.578
9	Tank 6T	393.051	383.465
10	Fresh Water Tank	45.229	45.229
11	Waste Water Tank	5.985	5.985
12	F O Tank 1 P	75.193	79.628
13	F O Tank 1 S	75.193	79.628
14	F O Tank 2 P	73.776	78.128
15	F O Tank 2 S	73.776	78.128
16	Lube Oil	4.367	4.747

4. Kru dan Awak Kapal.

Kapal ini didesain agar kenyamanan bagi awak kapalnya terjangkau. Selain itu terdapat 20 awak kapal yang nantinya akan bekerja dan melakukan penelitian diatas kapal ini. Dalam pembagian tugasnya tentu saja ada beberapa peran yang akan ditawarkan pada calon awak kapal, diantaranya peran tersebut yaitu:

Tabel 5. 3 Kru dan Awak Kapal

<i>Specification</i>	<i>Amount</i>
<i>Crew</i>	

<i>Specification</i>	<i>Amount</i>
<i>Captain</i>	<i>1</i>
<i>Chief Engineer</i>	<i>1</i>
<i>Engineers</i>	<i>3</i>
<i>Scientific Party</i>	
<i>Senior Scientists</i>	<i>4</i>
<i>Scientists</i>	<i>11</i>
<i>Total</i>	<i>20</i>

Dari tabel dapat dilihat bahwa peran yang dibutuhkan antara lain *captain*, *chief engineer*, *engineer*, *senior scientists* dan *scientists*. Dengan jumlah kru kapal 5 orang dan jumlah peneliti sebanyak 15 orang.

5.3. *Operational Kapal*

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai operasional kapal yang meliputi proses mooring dan proses *flipping*. Kedua hal ini sangat penting mengingat kapal yang dapat beroperasi secara vertical untuk melakukan survei, sehingga penjelasan mengenai kedua proses ini menjadi penting.

5.3.1. *Mooring Process*

Untuk proses *mooring*, tiga tali tambat yang dipasang pada rantai jangkar akan dilepaskan pada kondisi kapal horisontal. Tiap-tiap tali tambat terikat dengan *buoy*, dan tali tambatnya sendiri juga memberikan gaya angkat, sehingga tali akan mengapung bersama *buoy*. Setelah kapal melepaskan ketiga tali tambat kemudian kapal bergerak menuju ke pusat dari 3 titik dimana tali tambat dilepaskan. Proses *flipping* kemudian dilakukan dengan menggunakan *tunnel thruster* dan *retractable thruster* untuk *mode stationary*. Kemudian *support vessel* pergi untuk mengumpulkan tali tambat yang terikat pada *buoy* kemudian diikatkan pada *mooring ring* yang ada pada kapal. Mooring ring merupakan komponen tambahan yang cukup penting karena memberikan kebebasan pada kapal untuk berputar pada porosnya ketika dalam posisi vertikal ketika tertiuip oleh angin. Secara realitas ketika kapal dalam kondisi vertikal tertiuip angin kapal akan berputar, dan memungkinkan tali tambat akan terlilit ketika kapal bergerak, ketika kapal tidak dapat bergerak secara *yaw* dengan mudah. Sehingga dengan pemasangan *mooring ring*,

tali tambat dapat diaplikasikan secara independen pada seluruh konfigurasi arah angin dan kapal dapat melakukan yaw motion secara bebas.

Analisis kedepan yang harus dilakukan mengenai konfigurasi *mooring* termasuk didalamnya detail analisis dari proses. Pertanyaan yang timbul sekarang adalah apakah fisibel proses penambatan dengan menggunakan *small support vessel* untuk mengumpulkan tali tambat, dan apakah kapal kecil tadi mampu menarik berat tali. Akan tetapi pada dasarnya bantuan dari *support vessel* akan memberikan bantuan yang cukup banyak ketika proses *mooring*, selain itu tali tambat tidak mendapatkan beban *tension* yang besar. Selain itu apabila *tension* yang cukup besar terjadi penggunaan *tunnel thruster* dan *retractable thruster* juga dapat memberikan bantuan. Kemudian jika kapal akan kembali pada posisi horisontal, *support vessel* akan melepaskan tali tambat yang terikat pada *mooring ring*, lalu mengikatkan tali tambat pada *buoy* pada ujung tali tambat. Setelah kapal kembali dalam kondisi horisontal, kapal akan menarik kembali tali tali tambatnya. Kedepannya perlu dilakukan analisis mengenai efek dari *de-mooring*, dan apa yang harus dilakukan pada tali tambat ketika kapal sudah kembali kedalam posisi horisontal.

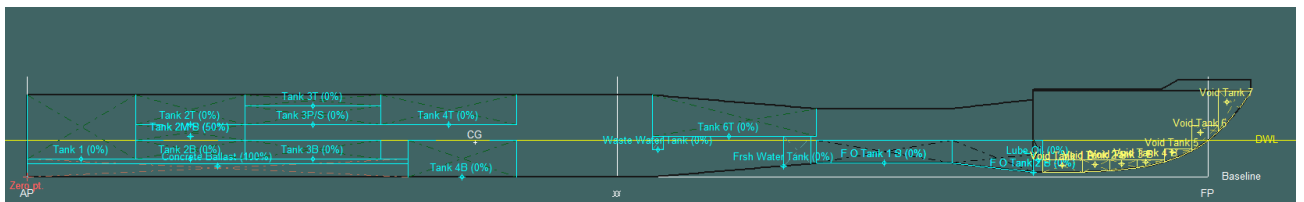
5.3.2. *Flipping Procedure*

Proses *flipping* merupakan hal yang krusial dalam kesuksesan dalam mendesain *flip ship*. Pada kapal eksisting ada beberapa masalah dalam melakukan proses *flip*. Pada kapal eksisting kapal dapat melakukan trim melebihi 90° akibat proses yang terlalu cepat, dan kapal dapat jatuh (*plunging*) apabila tangki *ballast* diisi dengan cepat dengan jumlah besar (kapal melakukan *flip* dan secara drastis jatuh tenggelam pada kondisi *equilibrium* ketika pada sudut *trim* 90°).

Ketidakstabilan terjadi ketika *vertical center of bouyancy* (VCB) melewati *vertical center of gravity* (VCG) dan kapal akan bergerak ke kondisi tegak. Pada sudut trim ini terjadi ketidakstabilan, sangat penting untuk menjaga VCG dan VCB dengan perbedaan yang kecil agar menghasilkan percepatan angular yang kecil. Selain itu, menjaga VCB lebih besar daripada VCG (dengan selisih kecil) memberikan percepatan yang kecil. Desain yang seperti itu akan mengurangi kemungkinan terjadinya *trim* kapal melebihi 90° . Untuk menghindari kapal jatuh (*plunging*) yaitu dengan tidak mengisi air *ballast* pada saat ketidakstabilan terjadi.

Kapal ini didesain dengan 11 tangki *ballast*. Tangki 2 dibagi menjadi tiga bagian yaitu atas, tengah *starboard*, tengah *portside* dan bawah. Tangki tiga dibagi menjadi 2 bagian yaitu atas dan bawah. Fungsi dari pemisahan ini yaitu mencoba untuk mengurangi kecepatan, dan

memperbaiki kemiringan pada saat proses vertikal dan kondisi vertikal jika diperlukan. Untuk meningkatkan gaya angkat dan stabilitas pada kondisi vertikal, sangat penting untuk membebaskan beberapa tangki, daripada membanjiri sampai tangki penuh. Sehingga langkah pertama yaitu untuk *free flood* tangki 1 dan 3 P/S. Kemudian, tangki 2B dan 3B diisi secara bersamaan. Kemudian, tangki 4 harus diisi hingga kapasitas penuh, kemudian tangki 2T diisi hingga kapasitas 50%. Pada kondisi ini kira kira ketidakstabilan akan terjadi. Terakhir, ketika pada posisi vertikal, tangki 2T harus diisi hingga 100%, dan tangki 4 dikurangi hingga kapasitas 50%.



Gambar 5. 10 Peletakan Tangki *Ballast*

Tabel 5. 4 *Flipping Sequence*

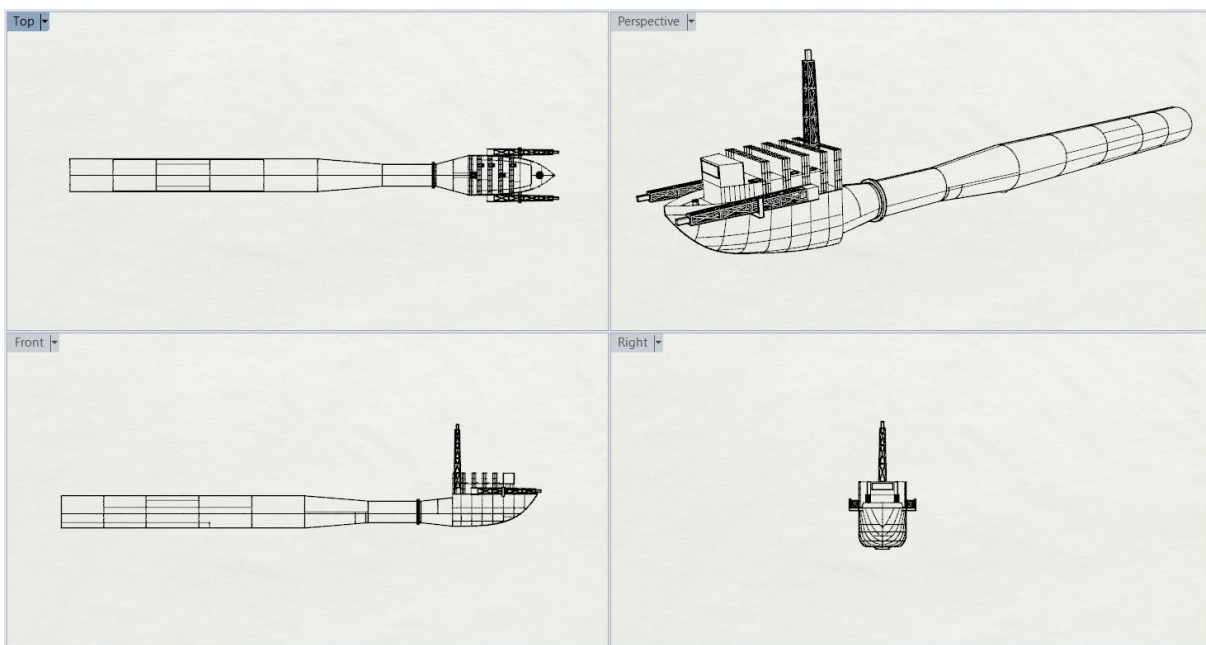
<i>Sequence</i>	<i>Tank Condition</i>
1	<i>Tank 1 - Free Flooding</i> <i>Tank 3P/S - Free Flooding</i>
2	<i>Same as 1</i> <i>Tank 2B - Flooded</i> <i>Tank 3B - Flooded</i>
3	<i>Same as 2</i> <i>Tank 3T - Flooded</i>
4	<i>Same as 3</i> <i>Tank 4 - Flooded</i>
5. Point of Instability	<i>Same as 4</i> <i>Tank 2T - 50%</i>
6. Vertical Operating	<i>Tank 2T - 100%</i>
7. Set Vertical Draft	<i>Adjust Tank 4 to a minimum of 50%</i>

Sangat penting untuk menggunakan tangki 2 daripada tangki 4 karena dapat menurunkan nilai *vertical center of gravity*, membuat kapal menjadi semakin stabil. Akan tetapi, sangat penting untuk tidak mengosongkan tangki 4 lebih dari 50% karena dapat menyebabkan tidak stabil, dan

dapat memungkinkan terjadinya ketidakstabilan. Tabel 5. 4 merupakan tabel rekapitulasi proses *flipping*.

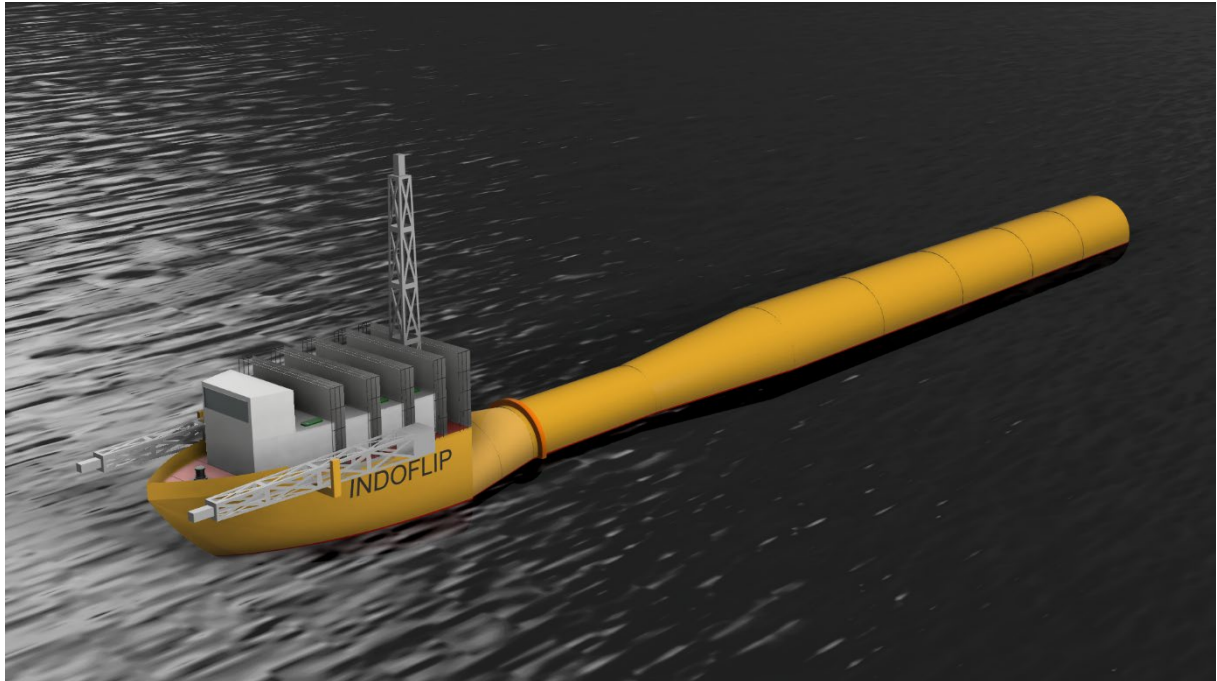
5.4. Desain Tiga Dimensi

Setelah rencana umum selesai dibuat maka permodelan tiga dimensi diperlukan untuk memberikan gambaran lebih terhadap kapal *flip* yang didesain. Permodelan tiga dimensi dibuat dengan bantuan tiga perangkat lunak *3D modeling* yaitu maxsurf sebagai perangkat lunak pembuat lambung kapal. Kemudian bangunan atas dan *crane* dibuat dengan menggunakan perangkat lunak *Rhinoceros 3D* dan *Fusion 3D*. Model dibuat dengan menggunakan dimensi sesungguhnya dari kapal yang didesain.



Gambar 5. 11 Sketsa Awal Model Tiga Dimensi

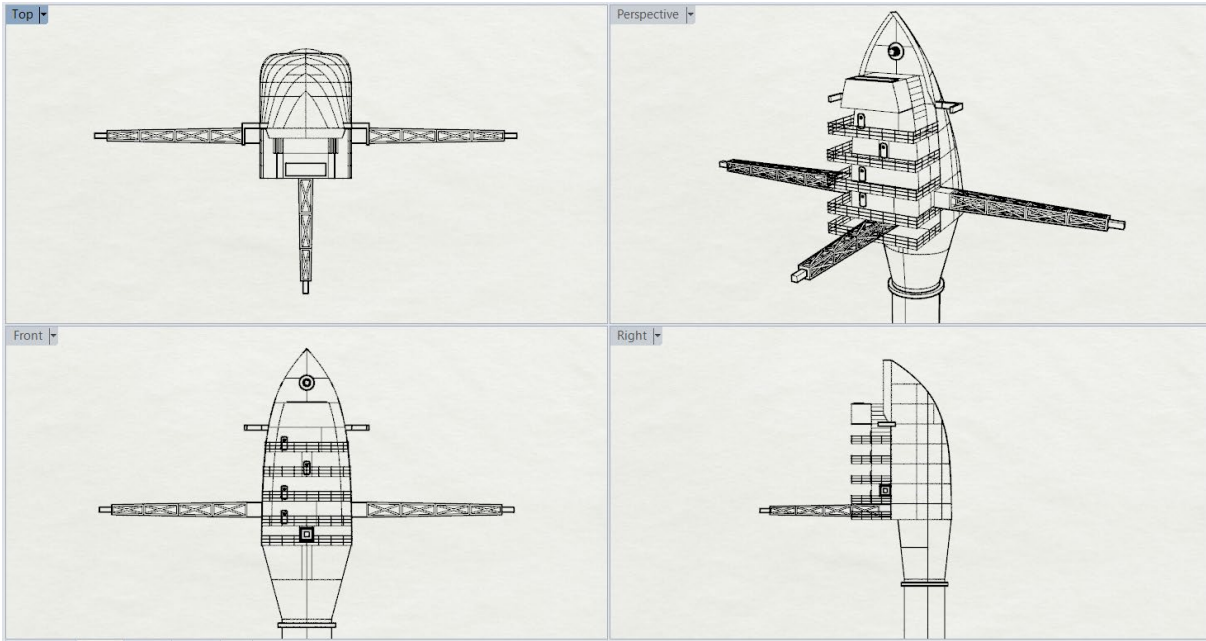
Langkah pertama yang dibutuhkan dalam membuat visualisasi model tiga dimensi adalah membuat sketsa garis yang menggambarkan bentuk dari kapal, baik bentuk lambung maupun superstructure dan perlengkapan yang ada pada kapal. Model tiga dimensi harus disesuaikan dengan padangan proyeksi dari tiap posisi kapal. Dimana pada pembuatan ini gambar proyeksi yang dibutuhkan adalah tampak atas dari kapal, tampak samping dari kapal dan tampak depan dari kapal. Gambar padangan model tiga dimensi kapal dapat dilihat pada Gambar 5. 11. Hal ini berlaku pula untuk pembuatan model tiga dimensi kapal untuk posisi vertikal kapal. SKetsa awal dari gambar tiga dimensi porsisi vertikal kapal dapat dilihat pada Gambar 5. 13.



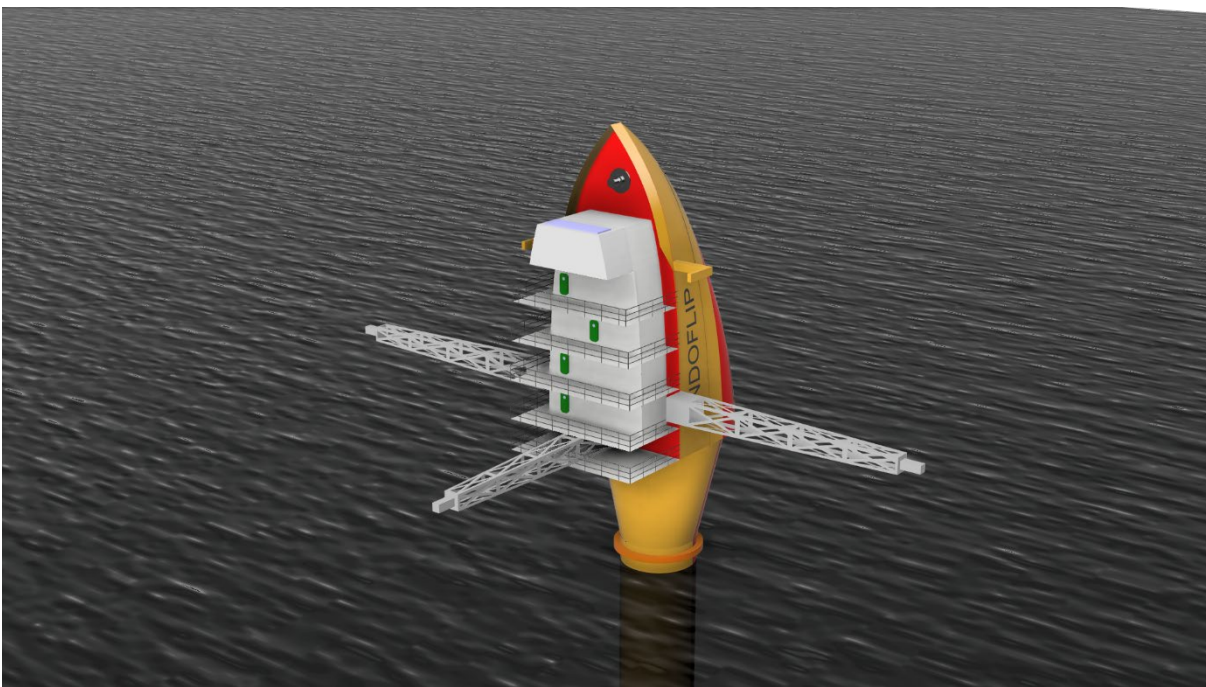
Gambar 5. 12 3D Model Kapal *Flip* Posisi Horizontal

Gambar 5. 12 menunjukkan ilustrasi dari kapal *flip* ketika pada posisi horizontal. Dari gambar dapat dilihat bahwa kapal yang dimodelkan sesuai dengan desain rencana umum yang telah dibuat dan dijelaskan pada sub bab sebelumnya. Model tiga dimensi kapal *flip* posisi *horizontal* ini dibuat pada pandangan perspektif agar pembaca mengerti dan dapat membayangkan bentuk dari kapal secara keseluruhan, baik bagian *fore body* ataupun *after body*. Pembaca juga dapat melihat pemasangan *crane* pada kapal *flip*, yang terletak pada bagian *center line*, *portside* dan *starboard* kapal.

Gambar 5. 14 menunjukkan ilustrasi dari kapal *flip* ketika pada posisi vertikal. Dari gambar dapat dilihat bahwa kapal yang dimodelkan sesuai dengan desain rencana umum. Dapat dilihat bahwa terdapat *grating* yang terletak pada geladak dan dapat digunakan untuk akses dan ruang terbuka pada kapal dalam kondisi ini. Selain itu dapat dilihat juga bahwa ketiga *crane* dapat diaktifkan dan digunakan pada kondisi ini.



Gambar 5. 13 Sketsa Model Tiga Dimesi Kapal Posisi Vertikal



Gambar 5. 14 3D Model Kapal *Flip* Posisi Vertikal

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan dijelaskan kesimpulan yang didapat dari hasil penelitian. Kesimpulan yang akan dijelaskan pada bab ini akan dijawab sesuai dengan rumusan masalah yang telah dijelaskan pada bab pendahuluan. Selain itu akan diberikan saran mengenai pengembangan dari penelitian ini yang meliputi metodologi dan cara pengerjaan.

6.1. Kesimpulan

Dari proses desain yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan yang menjawab rumusan masalah yaitu sebagai berikut.

1. Didapatkan payload dari kapal *flip* yaitu waktu pelayaran selama 45 hari tanpa pasokan ulang dengan 20 awak penumpang. Dengan tujuan operasi:
 - a. Kemajuan penelitian oseanografi laut dalam,
 - b. Pemetaan hidrografi, geologi, dan geofisika,
 - c. Observasi biota-biota laut (hidrobiologi),
 - d. Studi seismic 2D dan batimetri,
 - e. Riset *environmental baseline assessment* untuk penambangan minyak dan gas.
2. Didapatkan ukuran utama kapal *flip* yaitu sebagai berikut

LOA	= 135.00 meter
LWL	= 130.20 meter
B	= 11.00 meter
T Horizontal	= 4.00 meter
T Vertical	= 94 – 100 meter
Vs	= 8 knot
3. Hasil analisis teknis yang didapatkan antara lain yaitu:
 - a. Didapatkan nilai koefisien bentuk dari kapal dalam posisi horisontal yang meliputi

- *Displacement* dapat dilihat pada Gambar 4. 5,
 - *Wetted Surface Area* (WSA) dan *Waterplane Area* dapat dilihat pada Gambar 4. 6,
 - *Prismatic Coefficient* (C_p), *Block Coefficient* (C_b), *Maximum Sectional Area* (C_m), *Waterplane Area Coefficient* (C_{wp}) dapat dilihat pada Gambar 4. 7,
 - *Longitudinal Centre of Bouyancy* (LCB) dan *Longitudinal Center of Flootation* dapat dilihat pada Gambar 4. 8,
 - *Keel to Bouyancy* (KB) dan *Keel to Metacenter* (KMT) dapat dilihat pada Gambar 4. 9,
 - *Immersion* (TPC) dapat dilihat pada Gambar 4. 10,
 - *Moment Trim* (MTc) dapat dilihat pada Gambar 4. 11.
- b. Didapatkan nilai hambatan kapal pada kecepatan dinas 8 knot sebesar 56.5 kN, dengan rincian hasil dan kurva hambatan kapal dalam fungsi kecepatan dapat dilihat pada Gambar 4. 13 dan Tabel 4. 5.
- c. Didapatkan berat baja kapal sebesar 1104.851 ton, dengan titik berat memanjang (LCG) sebesar 68.590 meter, titik berat melintang (VCG) sebesar -0.002 meter, dan titik berat vertikal (KG) sebesar 5.008 m.
- d. Didapatkan perelatan dan perlengkapan kapal diantaranya
- *Air crompressor*, didapatkan minimum volume udara bertekanan dengan asumsi merupakan sebuah proses adibataik sebesar 150 meter kubik.
 - *Mooring Equipment* diantaranya rantai jangkar, jangkar, dan tali tambat kapal yang digunakan.
 - Perlengkapan keselamatan *Rigid Inflatable Boat* dan *Liferaft*.
 - *Boom Crane* dengan jangkauan lengan sepanjang 18.3 meter.
4. Didapatkan sistem propulsi yang digunakan yaitu:
- a. *Retractable Thruster*, dengan daya mesin 1250 kW digunakan sebagai mesin penggerak utama ketika dalam posisi Horisontal.
- b. *Tunnel Thruster*, dengan daya mesin 521 - 671 kW digunakan sebagai mesin penggerak ketika dalam posisi Vertikal.

5. Didapatkan desain rencana garis, desain rencana umum dan desain model tiga dimensi yang dapat dilihat pada lampiran.

6. Mendapatkan rencana *mooring* prosedural yaitu sebagai berikut

a. *Mooring*

- Melepaskan tali tambat dan mengaitkan dengan *buoy* ke tiga titik
- Kapal bergerak menuju pusat dari 3 titik.
- *Support vessel* mengambil tali tambat dan mengikatkan pada kapal

b. *De-mooring*

- Melepaskan tali tambat pada kapal dan menalinya pada *buoy*
- Kapal kembali ke posisi horisontal
- *Support vessel* mengamiul tali-tali tambat dan membawanya ke kapal
- Kapal menarik tali tambat

6.2. Saran

Saran untuk penelitian, analisis dan desain mengenai kapal *flip*

1. Penggunaan metode optimisasi dalam penentuan ukuran utama sangat penting untuk mendapatkan ukuran utama kapal yang optimum.
2. Perhitungan tahanan kapal akan lebih baik apabila didapatkan dengan mensimulasikan dengan menggunakan *Computational Fluid Dynamics* (CFD) untuk mendapatkan hasil yang lebih reliable dengan visualisasi yang bagus.
3. Perhitungan konstruksi kapal diharapkan dapat dihitung dengan mendesain seluruh *scantling* dari konstruksi kemudian menghitung berat dan titik berat baja kapal menggunakan metode *pos per pos*.
4. Analisis ekonomis dan pembangunan kapal dapat dilakukan untuk mengetahui seberapa ekonomis dan efektif penggunaan kapal ini sebagai alat survei.

DAFTAR PUSTAKA

- Ashish. (2020, February 20). *The Flip Ship: An Amazingly Weird Research Ship*. Retrieved from marine insight: <https://www.marineinsight.com>
- Bailyn, M. (1996). A survey of thermodynamic. *Journal of Statistical Physics*, 791-792.
- Barras, C. B. (2004). *Ship Design and Performance for Masters and Mates*. Elsevier.
- Baruna Jaya. (2018, September 5). *KAPAL BARUNA JAYA II MELAKUKAN UJI COBA PELAYARAN*. Retrieved from Baruna Jaya BPPT: <https://barunajaya.bppt.go.id>
- Bichucher, V., Cenzer, P., Holbert, J., Seyffert, H., & Sypniewski, M. (2014). *Research Vessel Floating Instrument Platform II (R/V FLIP II)*. Michigan: University of Michigan, Naval Architecture and Marine Engineering Department.
- Biran, A. (2003). *Ship Hydrostatic and Stability*. Oxford: Butterworth Heinemann.
- Choudhary, H. (2018, April 30). *Types Of Underwater And Unmanned Vehicles*. Retrieved from DSP Comm: <https://www.dspcommgen2.com>
- Darsono, P. (1999). PEMANFAATAN SUMBER DAYA LAUT DAN IMPLIKASINYA. *Oseana*, XXIV, 1-9.
- Dasgupta, S. (2019, October 13). *What is Remotely Operated Underwater Vehicle (ROV)?* Retrieved from Marine Insight: <https://www.marineinsight.com>
- Filipovich, V. (2020, Januari 14). *Indian Ocean*. Retrieved from Britannica: <https://www.britannica.com/place/Indian-Ocean>
- Harvald, S.S. (1983). *Resistance and Propulsion of Ships*. New York: John Wiley and Sons.
- International Maritime Organization (IMO). (Consolidated Edition 2009). *International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974, as amended (SOLAS 1974)*. London: IMO Publishing.
- International Maritime Organization. (1966). *International Convention on Load Lines*. London: International Maritime Organization (IMO).
- International Maritime Organization. (2004). *SOLAS, Consolidated Edition*. London: IMO.
- Jean, G. (2014, April 11). *Navy's Floating Research Platform 'Flips' for its 50th Anniversary*. Retrieved from United States Navy, Office of Naval Research: https://www.navy.mil/submit/display.asp?story_id=67999
- Kurniawati, H.A. (2009). Lecture Handout. *Ship Outfitting*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).

- Lamb, T. (2003). *Ship Design and Construction*. SNAME.
- Molland, A. F., Turnock, S. R., & Hudson, D. A. (2011). *Ship Resistance and Propulsion*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Parsons, M. G. (2003). Parametric Design. In T. Lamb, *Ship Design and Construction* (pp. 11-1 - 11-45). The Society of Naval Architects and Marine Engineers.
- Pribadi, T. W., Wahidi, S. I., & Baihaqi, I. (2018). *MANAJEMEN PRODUKSI KAPAL*. Surabaya: Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Putra, A. P., & Kurniawati, H. A. (2017). Desain Self-Propelled Split Hopper Barge (SPSHB) Pengangkut Pasir untuk Landasan Pacu Program Bandar Terapung Kabupaten Buleleng, Bali. *Jurnal Teknik ITS Vol. 6, No. 2, 2337-3520*.
- Rawson, K.J. and Tupper, E.C. (2001). *Basic Ship Theory* (5th ed., Vol. 1). Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Resnaji, B. A., & Hasanudin. (2018). *Desain 2-In-1 Catamaran Fishing - Tourism Boat dengan Variasi Deck Convertible di Perairan Jepara*. Surabaya: Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Scripps Institution of Oceanography. (2015, September 7). *FLIP: Description*. Retrieved from Marine Physical Laboratory: <https://web.archive.org/web/20150907143317/http://www.mpl.ucsd.edu/resources/flip.description.html>
- Tisza, L. (1966). *Generalized Thermodynamics*. Massachusetts: M.I.T Press.
- Tsolaki, E., & Diamadopoulos, E. (2009, October 12). *Technologies for ballast water treatment*. Retrieved from Wiley Interscience: <http://www.interscience.wiley.com>
- Watson, D. (1998). *Practical Ship Design* (Vol. 1). (R. Bhattacharyya, Ed.) Oxford: Elsevier.

LAMPIRAN

- Lampiran A Perhitungan Teknis
- Lampiran B Gambar Rencana Garis
- Lampiran C Gambar Renacan Umum
- Lampiran D Gambar Model Tiga Dimensi

LAMPIRAN A
PERHITUNGAN TEKNIS

Hydrostatic

Draft (m)	Displacement (Ton)	Heel deg	Draft at FP (meter)	Draft at AP (meter)	Draft at LCF (meter)
1.000	320.500	0.000	1.000	1.000	1.000
1.100	375.100	0.000	1.100	1.100	1.100
1.200	432.900	0.000	1.200	1.200	1.200
1.300	493.900	0.000	1.300	1.300	1.300
1.400	557.900	0.000	1.400	1.400	1.400
1.500	624.800	0.000	1.500	1.500	1.500
1.600	696.100	0.000	1.600	1.600	1.600
1.700	771.300	0.000	1.700	1.700	1.700
1.800	849.500	0.000	1.800	1.800	1.800
1.900	930.400	0.000	1.900	1.900	1.900
2.000	1014.000	0.000	2.000	2.000	2.000
2.100	1100.000	0.000	2.100	2.100	2.100
2.200	1188.000	0.000	2.200	2.200	2.200
2.300	1278.000	0.000	2.300	2.300	2.300
2.400	1370.000	0.000	2.400	2.400	2.400
2.500	1464.000	0.000	2.500	2.500	2.500
2.600	1559.000	0.000	2.600	2.600	2.600
2.700	1656.000	0.000	2.700	2.700	2.700
2.800	1754.000	0.000	2.800	2.800	2.800
2.900	1854.000	0.000	2.900	2.900	2.900
3.000	1955.000	0.000	3.000	3.000	3.000
3.100	2057.000	0.000	3.100	3.100	3.100
3.200	2160.000	0.000	3.200	3.200	3.200
3.300	2265.000	0.000	3.300	3.300	3.300
3.400	2370.000	0.000	3.400	3.400	3.400
3.500	2476.000	0.000	3.500	3.500	3.500
3.600	2582.000	0.000	3.600	3.600	3.600
3.700	2690.000	0.000	3.700	3.700	3.700
3.800	2798.000	0.000	3.800	3.800	3.800
3.900	2906.000	0.000	3.900	3.900	3.900
4.000	3015.000	0.000	4.000	4.000	4.000

Hydrostatic

Draft (m)	Trim (+ve by stern) (meter)	WL Length (meter)	Beam max extents on WL (meter)	Wetted Area (m ²)	Waterpl. Area (m ²)
1.000	0.000	122.370	8.957	553.036	517.054
1.100	0.000	122.972	9.185	590.625	547.975
1.200	0.000	123.493	9.375	628.186	578.563
1.300	0.000	123.964	9.549	666.255	609.406
1.400	0.000	124.401	9.703	703.311	638.370
1.500	0.000	124.793	9.836	739.994	666.543
1.600	0.000	125.159	9.969	806.294	716.173
1.700	0.000	125.503	10.073	849.491	748.851
1.800	0.000	125.822	10.174	888.586	776.586
1.900	0.000	126.126	10.272	926.009	802.303
2.000	0.000	126.415	10.346	962.492	826.804
2.100	0.000	126.684	10.420	996.819	847.996
2.200	0.000	126.952	10.493	1030.561	868.256
2.300	0.000	127.193	10.545	1063.687	887.598
2.400	0.000	127.430	10.597	1096.309	906.032
2.500	0.000	127.666	10.650	1127.693	922.118
2.600	0.000	127.877	10.690	1158.874	937.783
2.700	0.000	128.087	10.729	1189.610	952.638
2.800	0.000	128.298	10.768	1220.028	966.706
2.900	0.000	128.486	10.800	1249.647	978.879
3.000	0.000	128.671	10.826	1279.065	990.585
3.100	0.000	128.857	10.852	1308.314	1001.864
3.200	0.000	129.034	10.876	1337.231	1012.205
3.300	0.000	129.193	10.891	1365.732	1021.061
3.400	0.000	129.352	10.906	1394.121	1029.467
3.500	0.000	129.511	10.920	1422.403	1037.459
3.600	0.000	129.670	10.931	1450.376	1044.950
3.700	0.000	129.806	10.939	1478.130	1050.680
3.800	0.000	129.941	10.946	1505.810	1056.047
3.900	0.000	130.076	10.954	1533.457	1061.127
4.000	0.000	130.211	10.960	1561.022	1065.746

Hydrostatic

Draft (m)	Prismatic coeff. (Cp)	Block coeff. (Cb)	Max Sect. area coeff. (Cm)	Waterpl. area coeff. (Cwp)	LCB (meter)
1.000	0.655	0.285	0.831	0.472	43.290
1.100	0.619	0.295	0.839	0.485	44.419
1.200	0.596	0.304	0.845	0.500	45.421
1.300	0.582	0.313	0.849	0.515	46.326
1.400	0.572	0.322	0.853	0.529	47.144
1.500	0.566	0.331	0.856	0.543	47.896
1.600	0.564	0.340	0.858	0.574	48.692
1.700	0.565	0.350	0.861	0.592	49.477
1.800	0.566	0.360	0.863	0.607	50.207
1.900	0.569	0.369	0.865	0.619	50.881
2.000	0.572	0.378	0.868	0.632	51.499
2.100	0.575	0.387	0.870	0.642	52.067
2.200	0.579	0.395	0.871	0.652	52.588
2.300	0.583	0.404	0.874	0.662	53.065
2.400	0.587	0.412	0.877	0.671	53.504
2.500	0.591	0.420	0.878	0.678	53.910
2.600	0.595	0.428	0.881	0.686	54.288
2.700	0.598	0.435	0.883	0.693	54.639
2.800	0.602	0.442	0.885	0.700	54.965
2.900	0.606	0.449	0.887	0.705	55.268
3.000	0.610	0.456	0.890	0.711	55.552
3.100	0.613	0.463	0.892	0.716	55.818
3.200	0.617	0.469	0.894	0.721	56.067
3.300	0.620	0.476	0.896	0.726	56.302
3.400	0.624	0.482	0.899	0.730	56.525
3.500	0.627	0.488	0.901	0.734	56.735
3.600	0.630	0.494	0.903	0.737	56.931
3.700	0.633	0.499	0.905	0.740	57.117
3.800	0.636	0.505	0.908	0.742	57.293
3.900	0.639	0.510	0.910	0.745	57.461
4.000	0.641	0.515	0.912	0.747	57.620

Hydrostatic

Draft (m)	LCF (meter)	KB (meter)	KG (meter)	BMt (meter)	BML (meter)
1.000	50.528	0.619	4.000	4.636	1966.858
1.100	51.463	0.682	4.000	4.491	1822.765
1.200	52.294	0.744	4.000	4.373	1698.258
1.300	53.061	0.807	4.000	4.278	1591.873
1.400	53.799	0.869	4.000	4.164	1493.899
1.500	54.477	0.931	4.000	4.061	1407.482
1.600	56.275	0.995	4.000	3.976	1375.935
1.700	57.088	1.059	4.000	3.886	1306.930
1.800	57.695	1.122	4.000	3.790	1236.925
1.900	58.167	1.186	4.000	3.706	1171.367
2.000	58.558	1.249	4.000	3.635	1111.508
2.100	58.910	1.311	4.000	3.546	1054.434
2.200	59.223	1.373	4.000	3.465	1002.619
2.300	59.486	1.435	4.000	3.393	955.337
2.400	59.719	1.497	4.000	3.324	911.837
2.500	59.955	1.558	4.000	3.243	870.825
2.600	60.165	1.618	4.000	3.170	833.347
2.700	60.340	1.679	4.000	3.101	798.737
2.800	60.510	1.739	4.000	3.034	766.693
2.900	60.682	1.799	4.000	2.958	736.198
3.000	60.834	1.858	4.000	2.888	708.024
3.100	60.966	1.917	4.000	2.822	681.824
3.200	61.082	1.976	4.000	2.757	657.195
3.300	61.220	2.035	4.000	2.685	633.756
3.400	61.342	2.093	4.000	2.617	611.950
3.500	61.449	2.151	4.000	2.552	591.571
3.600	61.528	2.209	4.000	2.491	572.049
3.700	61.635	2.267	4.000	2.422	553.336
3.800	61.731	2.324	4.000	2.356	535.741
3.900	61.816	2.381	4.000	2.294	519.207
4.000	61.886	2.438	4.000	2.234	503.577

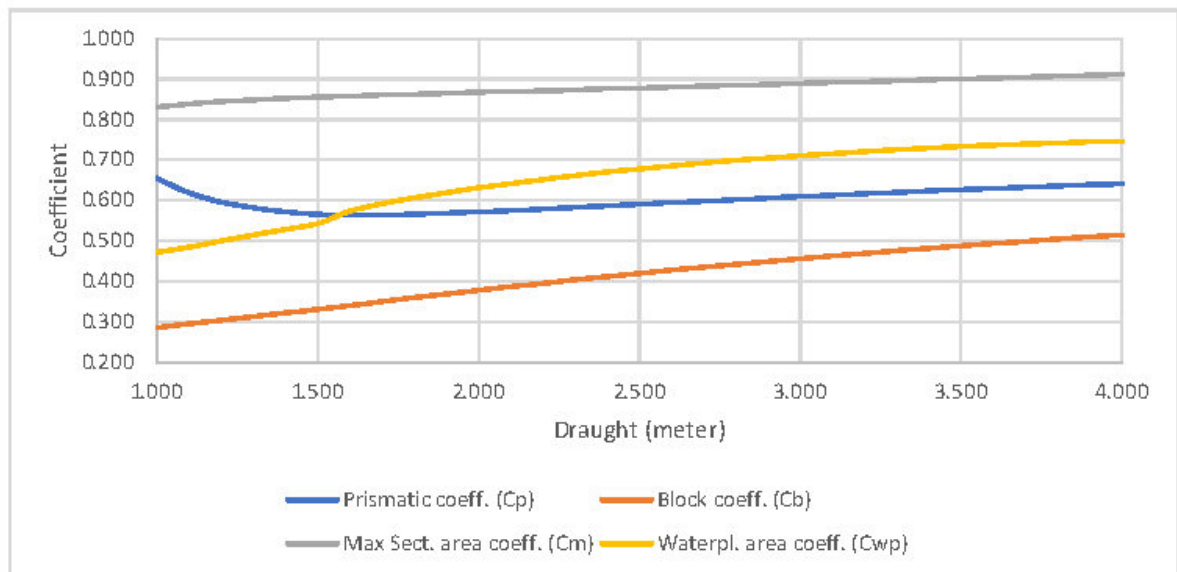
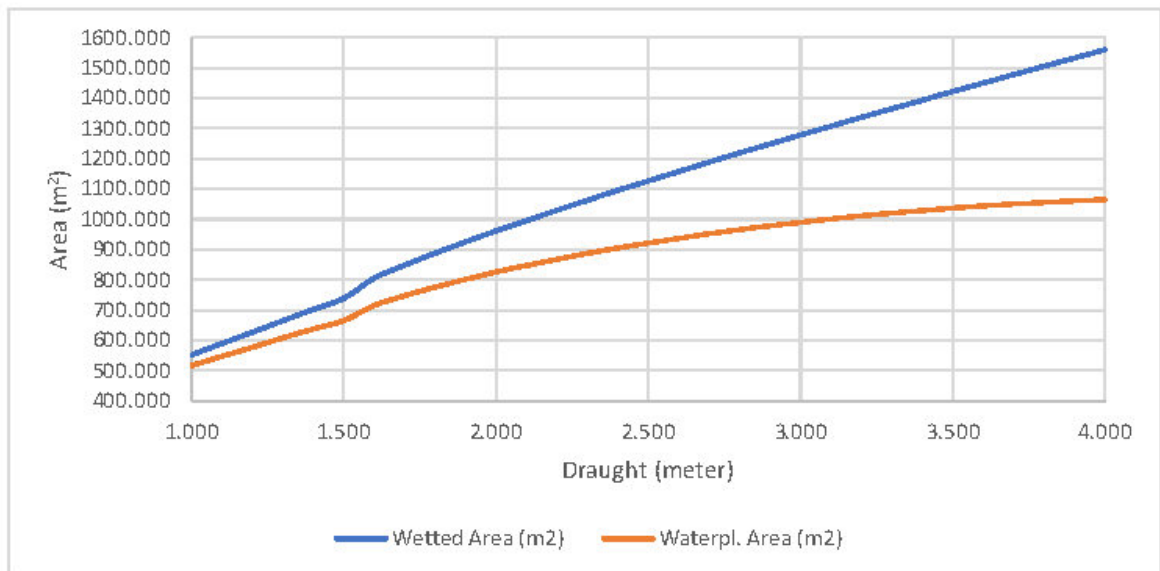
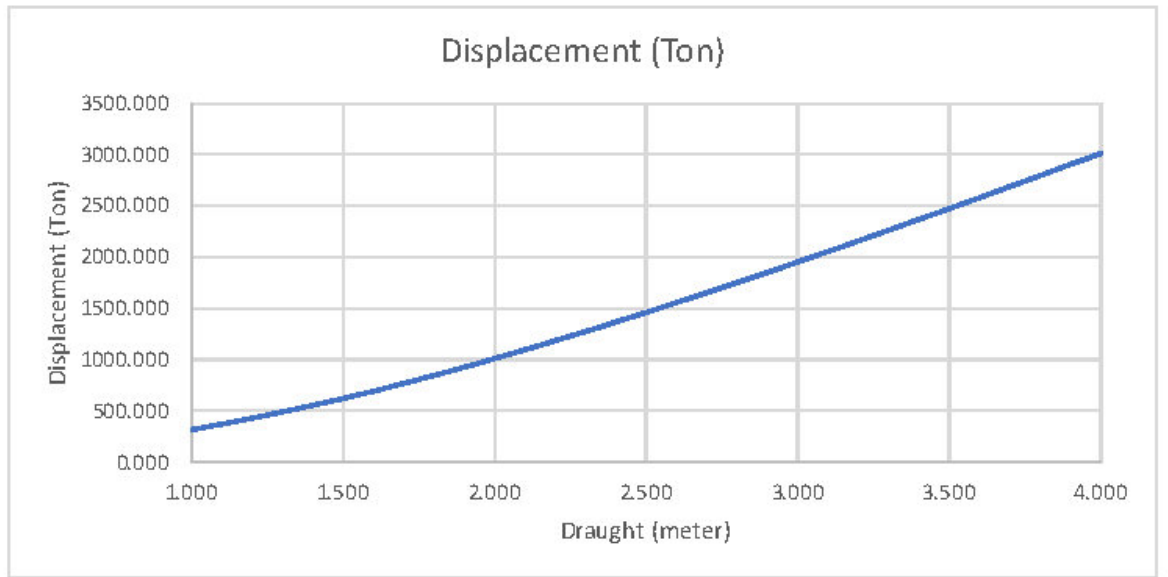
Hydrostatic

Draft (m)	GMt m	GML m	KMt (meter)	KML m	Immersion (TPc) tonne/cm
1.000	1.255	1963.477	5.255	1967.477	5.300
1.100	1.172	1819.447	5.172	1823.447	5.617
1.200	1.117	1695.003	5.117	1699.003	5.930
1.300	1.085	1588.680	5.085	1592.680	6.246
1.400	1.033	1490.768	5.033	1494.768	6.543
1.500	0.993	1404.413	4.993	1408.413	6.832
1.600	0.971	1372.930	4.971	1376.930	7.341
1.700	0.945	1303.988	4.945	1307.988	7.676
1.800	0.912	1234.047	4.912	1238.047	7.960
1.900	0.892	1168.553	4.892	1172.553	8.224
2.000	0.883	1108.757	4.883	1112.757	8.475
2.100	0.857	1051.746	4.857	1055.746	8.692
2.200	0.839	999.992	4.839	1003.992	8.900
2.300	0.828	952.772	4.828	956.772	9.098
2.400	0.820	909.333	4.820	913.333	9.287
2.500	0.801	868.382	4.801	872.382	9.452
2.600	0.788	830.966	4.788	834.966	9.612
2.700	0.780	796.415	4.780	800.415	9.765
2.800	0.772	764.432	4.772	768.432	9.909
2.900	0.757	733.996	4.757	737.996	10.034
3.000	0.746	705.882	4.746	709.882	10.153
3.100	0.739	679.741	4.739	683.741	10.269
3.200	0.733	655.171	4.733	659.171	10.375
3.300	0.720	631.790	4.720	635.790	10.466
3.400	0.710	610.043	4.710	614.043	10.552
3.500	0.703	589.722	4.703	593.722	10.634
3.600	0.700	570.258	4.700	574.258	10.711
3.700	0.689	551.602	4.689	555.602	10.769
3.800	0.680	534.065	4.680	538.065	10.824
3.900	0.675	517.588	4.675	521.588	10.877
4.000	0.671	502.014	4.671	506.014	10.924

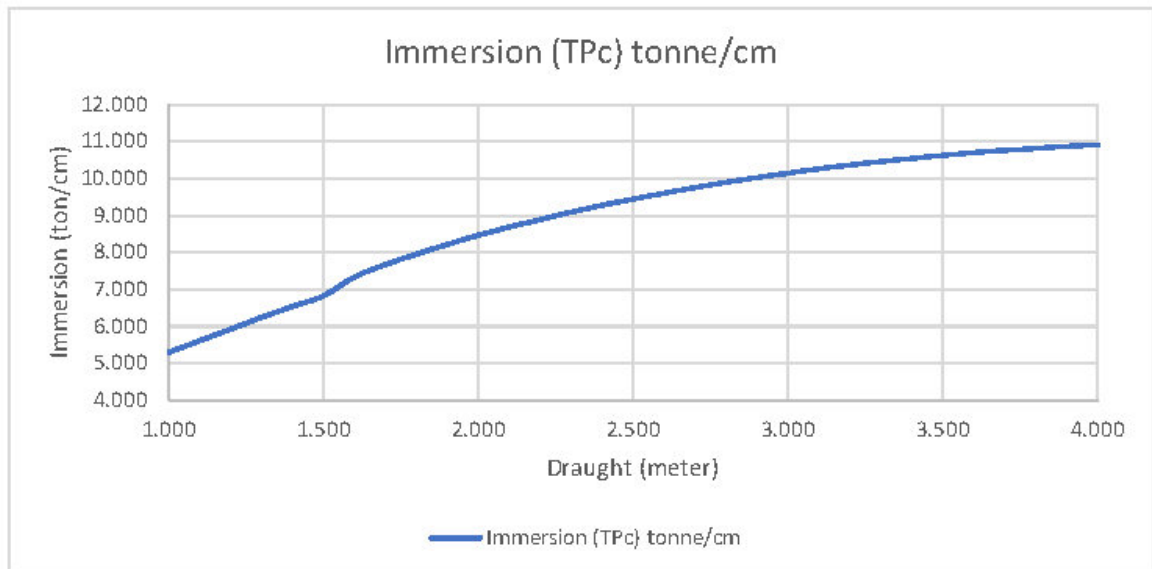
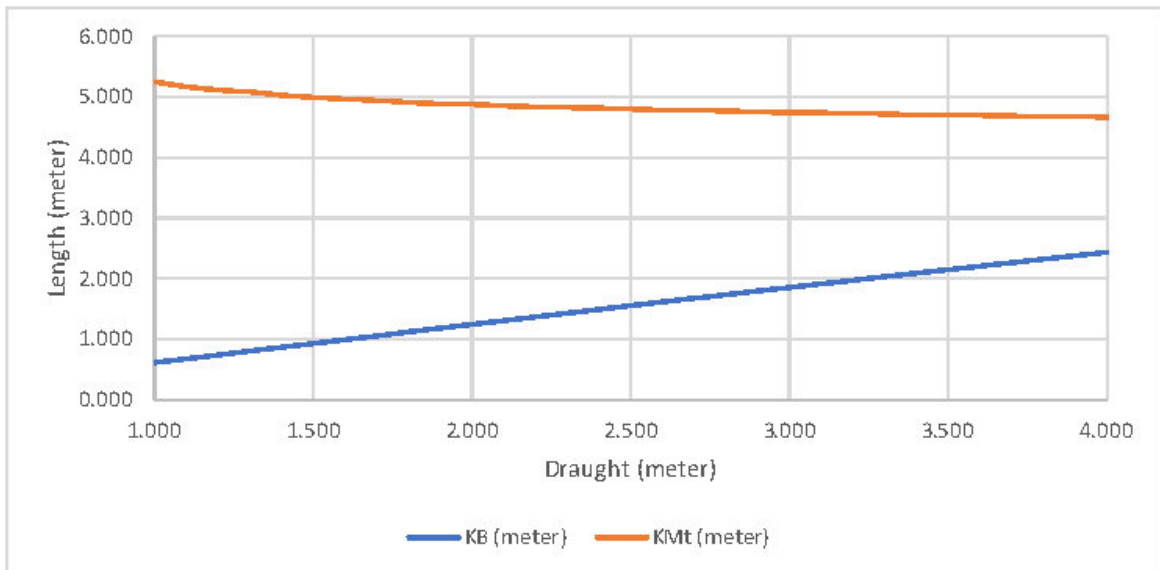
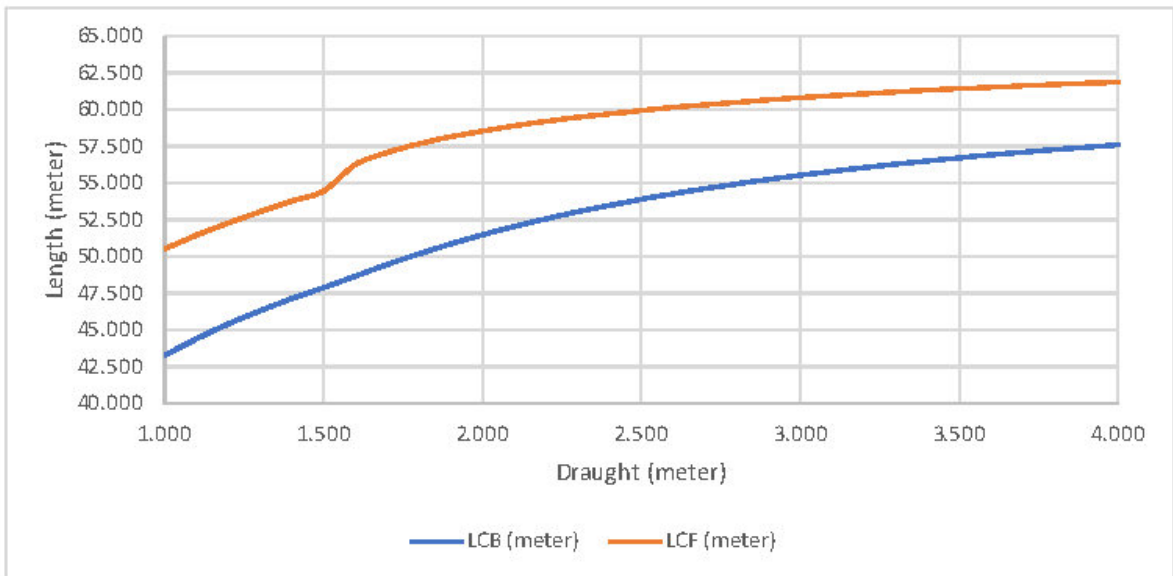
Hydrostatic

Draft (m)	MTc tonne.m	RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	Max deck inclination deg	Trim angle (+ve by stern) deg
1.000	48.325	7.019	0.000	0.000
1.100	52.413	7.673	0.000	0.000
1.200	56.349	8.441	0.000	0.000
1.300	60.252	9.349	0.000	0.000
1.400	63.864	10.056	0.000	0.000
1.500	67.381	10.825	0.000	0.000
1.600	73.388	11.793	0.000	0.000
1.700	77.233	12.714	0.000	0.000
1.800	80.502	13.522	0.000	0.000
1.900	83.493	14.486	0.000	0.000
2.000	86.332	15.633	0.000	0.000
2.100	88.830	16.459	0.000	0.000
2.200	91.217	17.388	0.000	0.000
2.300	93.494	18.464	0.000	0.000
2.400	95.652	19.609	0.000	0.000
2.500	97.594	20.449	0.000	0.000
2.600	99.474	21.435	0.000	0.000
2.700	101.266	22.532	0.000	0.000
2.800	102.977	23.647	0.000	0.000
2.900	104.498	24.488	0.000	0.000
3.000	105.967	25.455	0.000	0.000
3.100	107.374	26.545	0.000	0.000
3.200	108.688	27.631	0.000	0.000
3.300	109.866	28.448	0.000	0.000
3.400	111.010	29.363	0.000	0.000
3.500	112.112	30.380	0.000	0.000
3.600	113.085	31.548	0.000	0.000
3.700	113.935	32.330	0.000	0.000
3.800	114.741	33.211	0.000	0.000
3.900	115.515	34.212	0.000	0.000
4.000	116.241	35.331	0.000	0.000

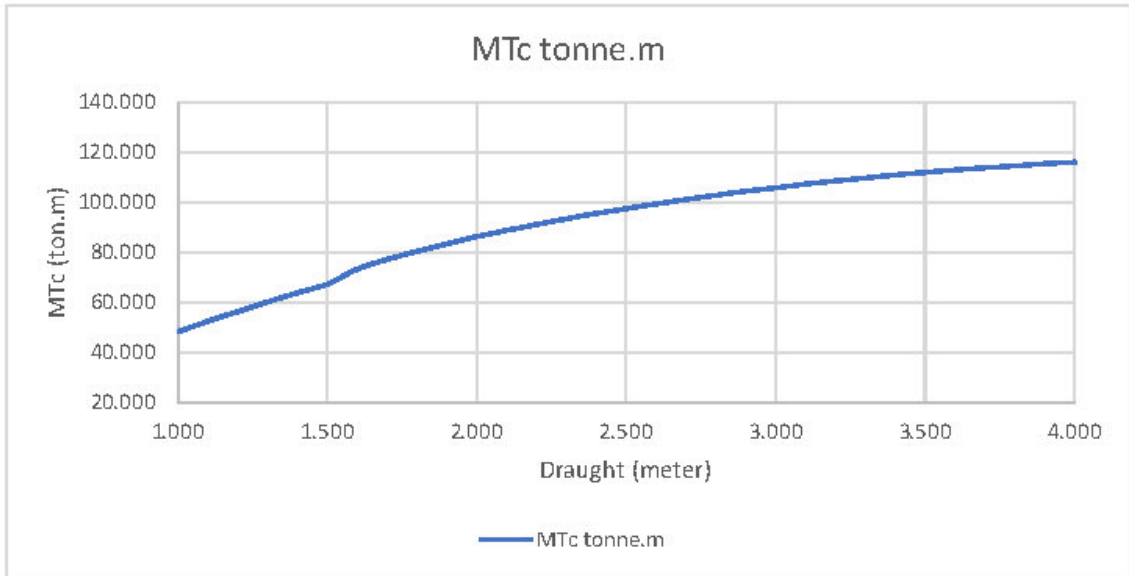
Hydrostatic



Hydrostatic



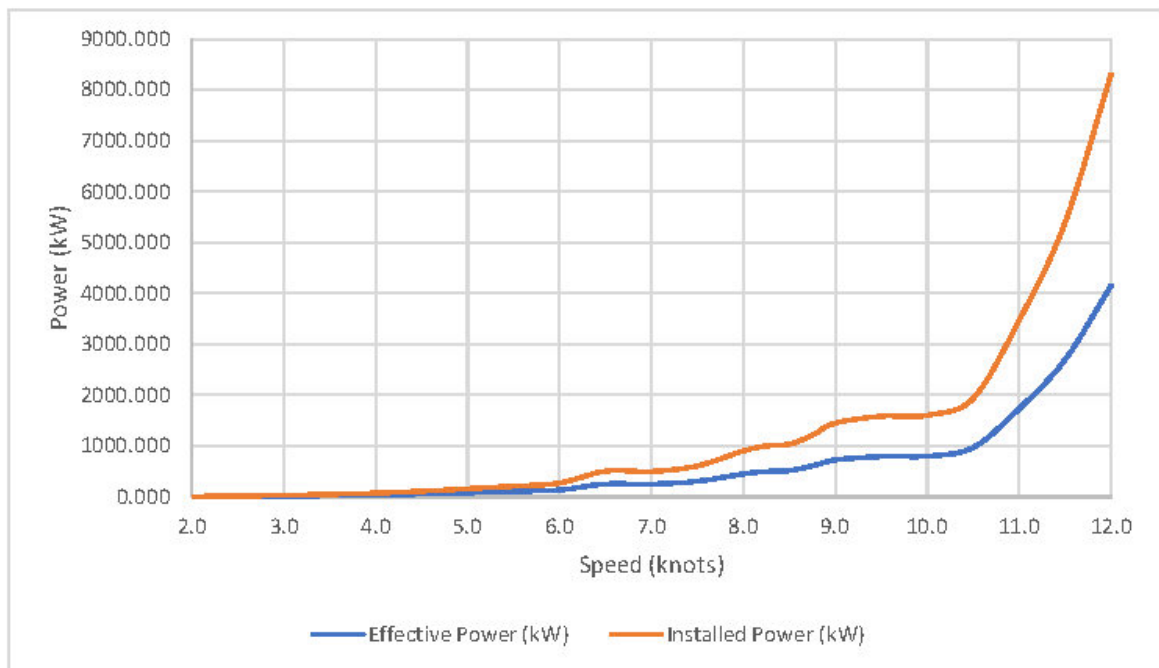
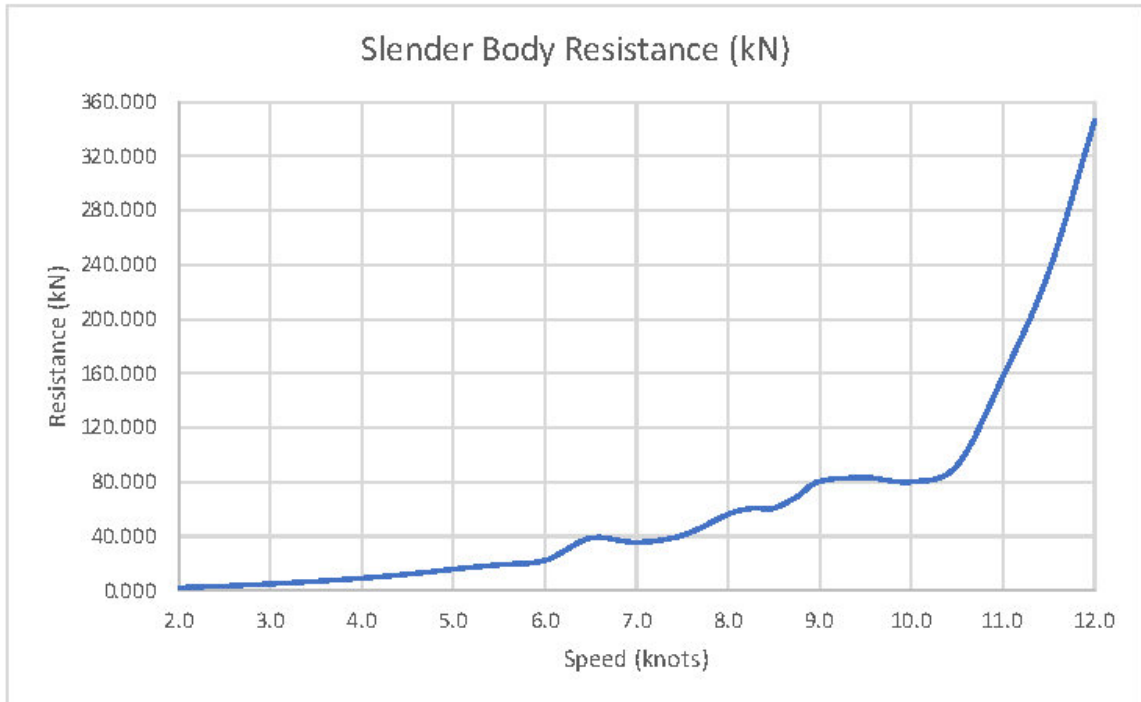
Hydrostatic



Resistance

Speed (knots)	Slender Body Resistance (kN)	Effective Power (kW)	Installed Power (kW)
2.0	2.400	4.800	9.600
2.5	3.600	9.000	18.000
3.0	5.200	15.600	31.200
3.5	7.100	24.850	49.700
4.0	9.400	37.600	75.200
4.5	12.200	54.900	109.800
5.0	16.100	80.500	161.000
5.5	19.200	105.600	211.200
6.0	22.500	135.000	270.000
6.5	39.000	253.500	507.000
7.0	35.700	249.900	499.800
7.5	40.800	306.000	612.000
8.0	56.500	452.000	904.000
8.3	60.700	500.775	1001.550
8.5	61.000	518.500	1037.000
8.8	69.400	607.250	1214.500
9.0	80.700	726.300	1452.600
9.5	83.400	792.300	1584.600
10.0	80.300	803.000	1606.000
10.5	92.400	970.200	1940.400
11.0	157.900	1736.900	3473.800
11.5	234.700	2699.050	5398.100
12.0	346.300	4155.600	8311.200

Resistance





THRUSTMASTER
OF TEXAS, INC.

Manufacturing and
Corporate Headquarters

6900 Thrustmaster Drive
Houston, Texas 77041
USA

Tel: 713-937-6295
Fax: 713-937-7962
Email: Info@ThrustmasterTexas.com
www.ThrustmasterTexas.com

Sales and Service Centers

Thrustmaster Gulf Coast USA Service Center
Bossier, Louisiana
Tel: +1-855-333-0525
Email: LS@ThrustmasterTexas.com

Thrustmaster Europe B.V.
Rotterdam, The Netherlands
Tel: +31-4-10104613
Email: Sales@ThrustmasterEurope.com

Thrustmaster China Service Center
Wuhan, China
Tel: +86-139-3614-3128
Email: Service@ThrustmasterChina.com

Thrustmaster India Pvt Ltd
New Mumbai, India
Tel: +91 22 27572572
Email: sales@ThrustmasterIndia.com

Thrustmaster do Brasil Ltda.
Rio de Janeiro, Brazil
Tel: +55-21-3045-9730
Email: Sales@ThrustmasterBrazil.com

Thrustmaster Asia Pacific Pte Ltd.
Singapore
Tel: +65-84651318
Email: Sales@ThrustmasterAsiaPacific.com.sg

Thrustmaster Middle East FZE
Sharjah, U.A.E.
Tel: +971-4-557-4104
Email: Sales@ThrustmasterMiddleEast.com

© 2013 Thrustmaster of Texas, Inc. All rights reserved.

Thrustmaster

**Designers and Manufacturers of
Advanced Marine
Propulsion Systems**

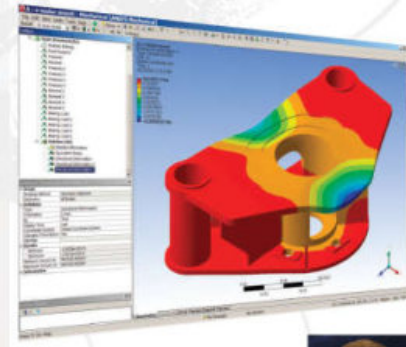


Thrustmaster of Texas, Inc. designs and manufactures advanced marine propulsion equipment for vessels of all types. The company was founded in 1984 as a privately owned corporation. Thrustmaster has grown into a leading supplier of thrusters ranging from 75 to 8000 kW, serving customers all over the world.

"We listen to our customers. We want top quality products delivered on time and at a fair price. That's what we do."
- Rick B. Bicker, President

"We listen to our customers. We offer the right product, optimized for each customer's application."
- Bill Austin, International Sales Manager

"We listen to our customers. We listen to our customers."
- Rick G. Gorman, Sales Manager U.S.A.



Design

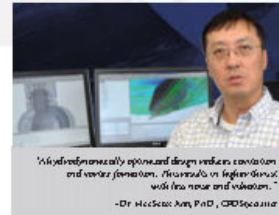
Thrustmaster engineers continue to invent new thruster concepts and improve existing designs using state-of-the-art design and analysis tools, such as SolidWorks, AutoCAD, ANSYS, StarCCM+ and Magmas.



"We design our thrusters for superior performance and fast delivery."
 - Dr. Suresh Challa, MS, PhD, Vice President Engineering



"We never stop looking for opportunities to improve our products."
 - Jason Smith, MS, MBA, Engineering Manager



"We continuously optimize design to reduce cost and lower performance. This results in higher thrust, with less noise and vibration."
 - Dr. Hockson Am, PhD, CEO/General



Vertically Integrated Factory

Thrustmaster's 200,000 sq. ft. manufacturing plant in Houston is the largest thruster factory in the world. It is completely air-conditioned and outfitted with the latest in automatic welding equipment, CNC machine tools, and precision computerized measuring. A highly motivated work force builds equipment of excellent quality under tightly controlled production procedures per ISO-9001:2008.





Field Service- Installation - Commissioning

Thrustmaster field service technicians and engineers are available for installation, commissioning, dock and sea trials and repairs any where in the world.

Experienced Thrustmaster teams routinely install complete diesel-electric and dynamic positioning systems on customer's vessels, including supply and installation of cables, hook-up, testing, FMEA validation, sea trial and lifetime support.



"We are here to help our customers. We have a worldwide network of well trained field service engineers to resolve service issues quickly."
- Fred Fisher, Service Manager



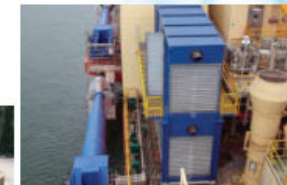
"We support our customers across the globe to install and test Thrustmaster and third party equipment on their vessels quickly and cost effectively. Our vast team brings decades of extensive knowledge and experience with Dynamic Positioning and dual engine systems."
- Tim Lanning, General Manager



Azimuthing Thrusters

Thrustmaster's robust Azimuthing Thrusters are used for propulsion and station keeping in many demanding applications. L-drives or Z-drives can be supplied in power ranges from 300 to 8000 kW. Configurations for bottom, top or under water installation are available.






Portable Dynamic Positioning Systems
 Thrustmaster's Portable Dynamic Positioning System is the perfect solution for quick, inexpensive conversion to dynamic positioning. The patented modular system is completely self-contained and can be installed dockside to upgrade any barge or vessel to DP-1, DP-2 or DP-3 in as little as a few weeks.




Propulsion Units for Brown Water
 Thrustmaster's Propulsion Units for Brown Water are tough, self-contained diesel hydraulic thruster packages. Provided with Thrustmaster's patented hydraulic podded drives, these units survive grounding and fouling, making them ideal for river ferries, construction and maintenance barges, bow boats, military landing craft and causeways.

Bow Thrusters

Thrustmaster's Bow Thrusters span a range from 90 to 8000 kW. Tunnel thrusters powered by direct diesel engine, hydraulic or electric drives are available. Retractable azimuthing thrusters can be hydraulic or electric drive. These thrusters are routinely used for dynamic positioning or as a slow speed secondary propulsion system.




15



Military Applications

For more than a quarter century Thrustmaster has supplied thrusters to the U.S. Navy, Coast Guard, Army Corps of Engineers, and many governments around the world. Thrustmaster complies with ITAR and other export control regulations. Thrusters and propulsion systems are available for landing craft, station keeping, enhanced maneuvering, fighting and causeways, unassisted docking and secondary slow speed propulsion systems.

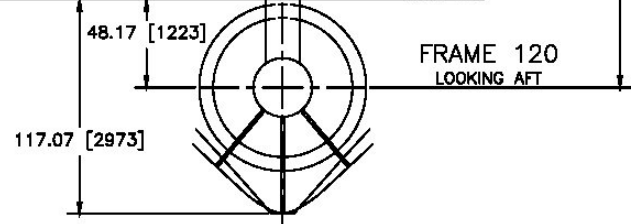
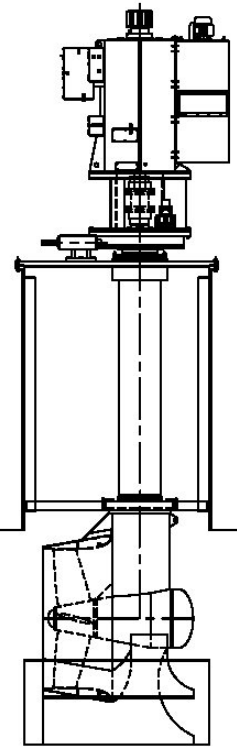
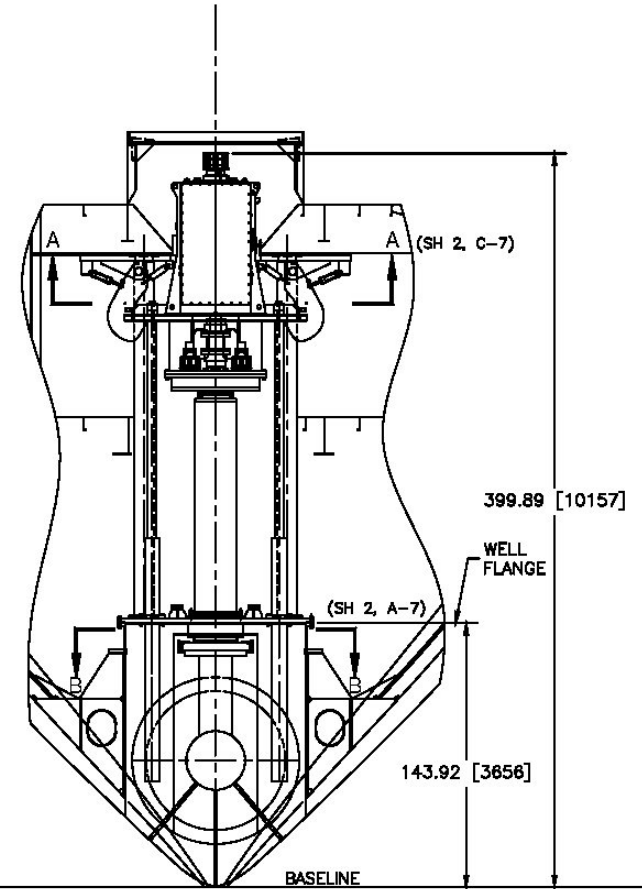
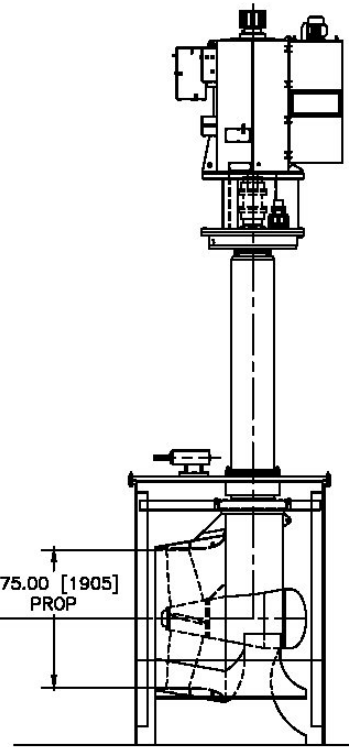
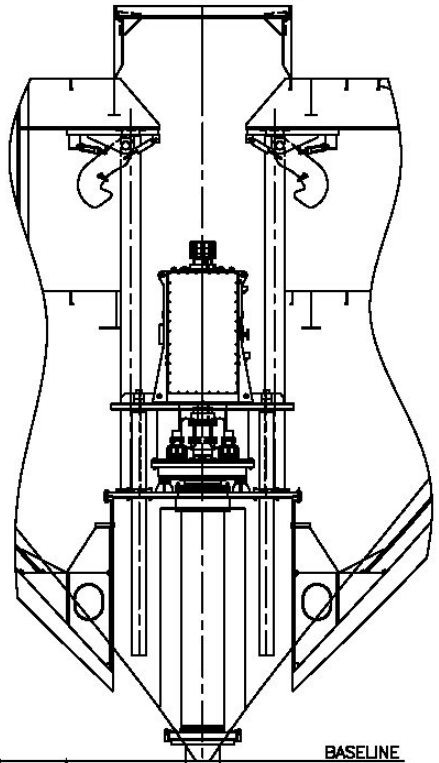
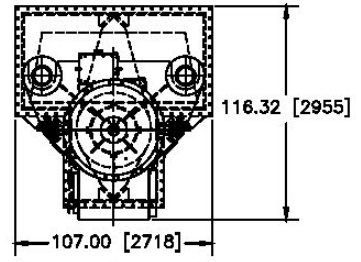




- "We are an exciting area of investment, never before we are employing new technologies. We are in a very competitive market."

Richard Blaxter, Managing Director



REVISIONS			
REV	DRN	CHK	APP
00	L.J.L.	SD	SD
DATE: 02/24/12			
REV	DRN	CHK	APP
WIP	AMNA		
DATE:			



FRAME 120
LOOKING AFT

THRUSTMASTER
CF TEXAS, INC.
GA, TH1500MLR

D	65848	D116347	WIP
Y110398		NO PARTS	
SCALE: NONE			
NAME	DATE	REV. CONTROL	
DRN	L.J.L.	11/05/11	
CHK			
APP			
GRT WGT. 40.000 LBS		SHEET 1 OF 2	

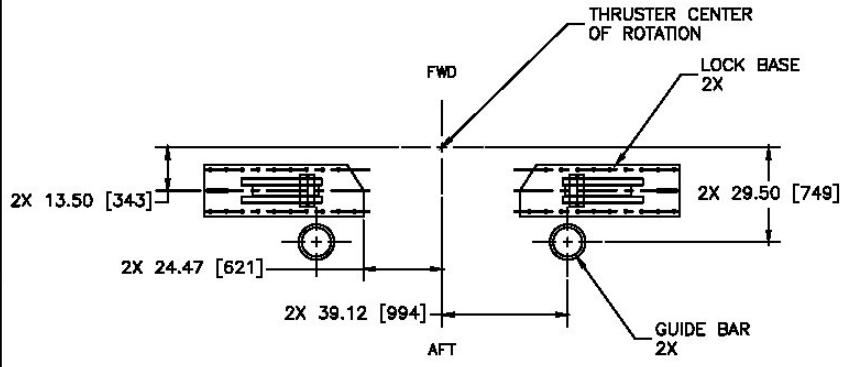
THRUSTER EXTENDED

THRUSTER RETRACTED

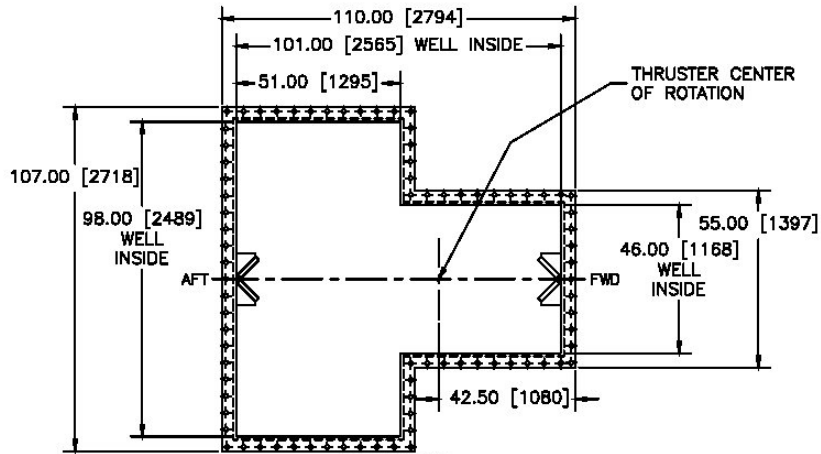
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

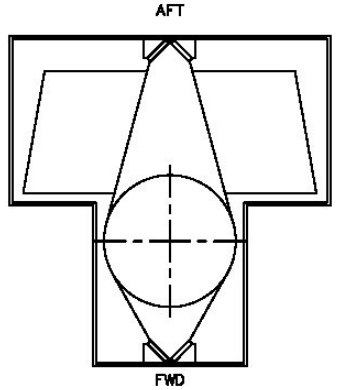
REVISIONS			
REV	DATE	CHK	APP
00	L.J.L.	SD	SD
DATE: 02/24/12			



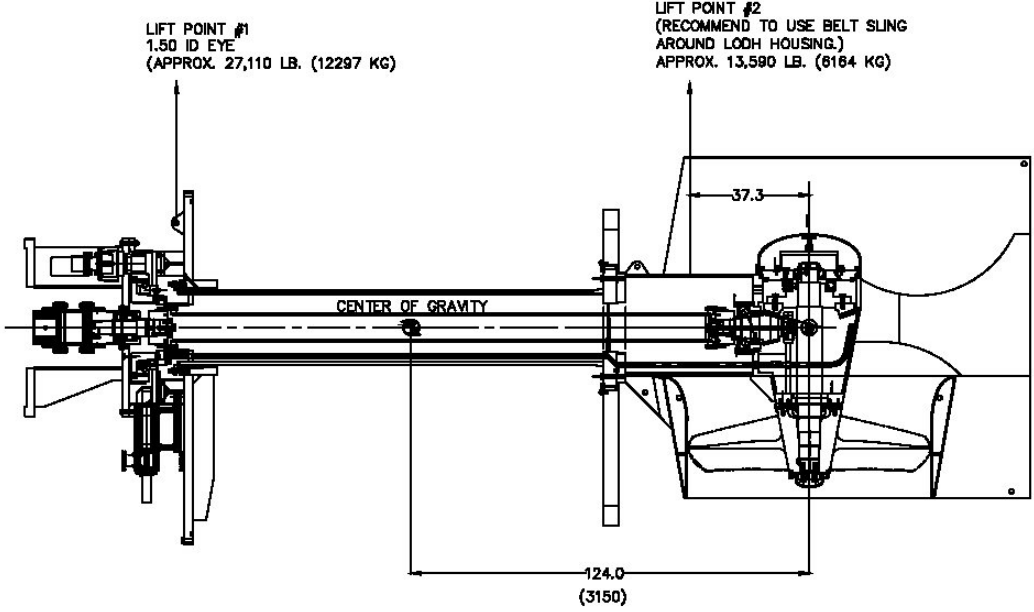
VIEW A-A
SCALE: 1/20
(SH1, C-3)



WELL AND WELL
FLANGE DETAIL
SCALE: 1/20



SECTION B-B
SCALE: 1/20
(SH1, B-3)



VIEW E-E
SCALE: 1/20
(SH1, XX)

TOTAL UNIT WEIGHT = 40,700 LB. (18,461 KG)

GA, Y110398 TH1500MLR
LIFTING SPECIFICATION
ADD TO GA DRAWING D116347

THRUSTMASTER CF TEXAS, INC. GA, TH1500MLR	
D 65848	D116347 00
Y110398	
SCALE: NONE	NO UNIT SCALE
NAME: L.J.L. DATE: 11/05/11	CHECKED: [Signature]
APP: [Signature]	DWT. WGT. SET SH 11 SHEET 2 OF 2

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

D

D

A

A

Steel Weight

No	Komponen	Item	Area (m ²)	Thickness (mm)	Volume (m ³)	Weight (ton)	X (m)	Y (m)	Z (m)	ton.X (ton.m)	ton.Y (ton.m)
1	Shell Plating	Transom	63.827	12	0.766	10.522	0.00	0.00	4.50	0.00	0.00
2		After Body 1	1954.216	12	23.451	322.153	34.50	0.00	4.50	11114.26	0.00
3		After Body 2	426.307	12	5.116	70.277	77.40	0.00	4.50	5439.42	0.00
4		After Body 3	283.220	12	3.399	46.689	94.50	0.00	4.50	4412.09	0.00
5		After Body 4	219.793	12	2.638	36.233	106.82	0.00	4.50	3870.52	0.00
6		Forebody	504.027	12	6.048	83.089	121.30	0.00	4.91	10078.49	0.00
7	Transverse Bulkhead	Trans. Blhd 1	63.827	10	0.638	8.768	12.00	0.00	4.50	105.22	0.00
8		Trans. Blhd 2	63.827	10	0.638	8.768	24.00	0.00	4.50	210.44	0.00
9		Trans. Blhd 3	63.827	10	0.638	8.768	39.00	0.00	4.50	341.96	0.00
10		Trans. Blhd 4	63.827	10	0.638	8.768	54.00	0.00	4.50	473.48	0.00
11		Trans. Blhd 5	63.827	10	0.638	8.768	69.00	0.00	4.50	605.01	0.00
12		Trans. Blhd 6	28.368	10	0.284	3.897	87.00	0.00	4.50	339.04	0.00
13		Trans. Blhd 7	28.368	10	0.284	3.897	102.00	0.00	4.50	397.49	0.00
14		Trans. Blhd 8	95.936	10	0.959	13.179	111.00	0.00	5.12	1462.90	0.00
15		Trans. Blhd 9	94.135	10	0.941	12.932	113.40	0.00	5.16	1466.47	0.00
16		Trans. Blhd 10	88.884	10	0.889	12.210	116.40	0.00	5.28	1421.30	0.00
17		Trans. Blhd 11	80.301	10	0.803	11.031	119.40	0.00	5.49	1317.14	0.00
18		Trans. Blhd 12	67.687	10	0.677	9.298	122.40	0.00	5.83	1138.13	0.00
19		Trans. Blhd 13	51.948	10	0.519	7.136	125.40	0.00	6.31	894.90	0.00
20		Trans. Blhd 14	33.719	10	0.337	4.632	128.40	0.00	6.94	594.77	0.00
21		Trans. Blhd 15	13.747	10	0.137	1.889	131.40	0.00	7.88	248.15	0.00
22	Deck	Tank 2 Deck 1	107.407	10	1.074	14.755	18.00	0.00	4.00	265.59	0.00
23		Tank 2 Deck 2	103.702	10	1.037	14.246	18.00	0.00	5.80	256.43	0.00
24		Tank 3 Deck 1	134.259	10	1.343	18.444	31.50	0.00	4.00	580.98	0.00
25		Tank 3 Deck 2	129.627	10	1.296	17.808	31.50	0.00	5.80	560.94	0.00
26		Tank 3 Deck 3	91.801	10	0.918	12.611	31.50	0.00	7.80	397.25	0.00
27		Tank 4 Deck 1	85.722	10	0.857	11.776	46.50	0.00	4.00	547.59	0.00
28		Tank 4 Deck 2	81.090	10	0.811	11.140	46.50	0.00	5.80	518.00	0.00
29		Tank 6 Deck 1	135.000	10	1.350	18.546	77.40	0.00	4.50	1435.43	0.00
30		FO Tank 1 Deck 1	88.865	10	0.889	12.208	94.50	0.00	4.00	1153.64	0.00
31		FO Tank 2 Deck 2	74.834	10	0.748	10.280	106.93	0.00	4.00	1099.30	0.00

Steel Weight

32		Forebody Deck 1A	107.005	10	1.070	14.700	116.80	0.00	1.90	1716.89	0.00	
33		Forebody Deck 1B	8.350	10	0.084	1.147	126.56	0.00	3.10	145.18	0.00	
34		Forebody Deck 2	170.655	10	1.707	23.444	119.48	0.00	5.70	2801.07	0.00	
35		Forebody Deck 3 (Main Deck)	208.821	10	2.088	28.687	121.01	0.00	9.50	3471.44	0.00	
36	Super Strcuture	Science Deck	115.378	8	0.923	12.680	120.45	0.00	12.50	1527.30	0.00	
37		Front Unprotected Wall	16.278	8	0.130	1.789	128.40	0.00	11.00	229.70	0.00	
38		Protected Wall	25.695	8	0.206	2.824	113.40	0.00	11.00	320.23	0.00	
39		Side Wall S	45.405	8	0.363	4.990	120.94	-3.84	11.00	603.52	-19.17	
40		Side Wall P	45.405	8	0.363	4.990	120.94	3.84	11.00	603.52	19.17	
41		Trasnverse Wall 1	25.357	8	0.203	2.787	116.40	0.00	11.00	324.38	0.00	
42		Trasnverse Wall 2	24.596	8	0.197	2.703	119.40	0.00	11.00	322.74	0.00	
43		Trasnverse Wall 3	23.206	8	0.186	2.550	122.40	0.00	11.00	312.16	0.00	
44		Trasnverse Wall 4	20.780	8	0.166	2.284	125.40	0.00	11.00	286.38	0.00	
45		Longitudinal Wall	36.000	8	0.288	3.956	120.15	-0.75	11.00	475.36	-2.97	
46		Top Deck	18.727	8	0.150	2.058	126.84	0.00	15.50	261.05	0.00	
47		Front Unprotected Wall	16.278	8	0.130	1.789	128.40	0.00	14.00	229.70	0.00	
48		Protected Wall	20.780	8	0.166	2.284	125.40	0.00	14.00	286.38	0.00	
49		Side Wall S	9.242	8	0.074	1.016	126.91	-3.12	14.00	128.91	-3.17	
50		Side Wall P	9.242	8	0.074	1.016	126.91	3.12	14.00	128.91	3.17	
51		Concrete Ballast Tank Plate	Tank Plate 1	92.641	10	0.926	12.727	6.00	0.00	1.96	76.36	0.00
52			Tank Plate 2	92.641	10	0.926	12.727	18.00	0.00	1.96	229.08	0.00
53	Tank Plate 3		115.801	10	1.158	15.908	31.50	0.00	1.96	501.11	0.00	
54	Tank Plate 4		33.479	10	0.335	4.599	40.96	0.00	1.71	188.39	0.00	
55	Tank	Waste Water Tank	13.050	8	0.104	1.434	69.84	0.00	3.51	100.17	0.00	
56		Fresh Water Tank Aft Blhd	17.162	10	0.172	2.358	83.40	0.00	3.10	196.63	0.00	
57		Fresh Water Tank Fore Blhd	14.660	10	0.147	2.014	86.40	0.00	3.20	174.01	0.00	
58		FO Tank 1 Long Blhd	37.500	10	0.375	5.152	94.50	0.00	2.75	486.82	0.00	
59		FO Tank 2 Long Blhd	27.000	10	0.270	3.709	106.75	0.00	2.49	395.95	0.00	
60		Air Receiver Tank 4 Bottom S	86.708	10	0.867	11.912	46.50	-1.60	3.60	553.89	-19.06	
61		Air Receiver Tank 4 Bottom P	86.708	10	0.867	11.912	46.50	1.60	3.60	553.89	19.06	
62		Air Receiver Tank 4 Top S	86.708	10	0.867	11.912	46.50	-1.60	6.20	553.89	-19.06	
63		Air Receiver Tank 4 Top P	86.708	10	0.867	11.912	46.50	1.60	6.20	553.89	19.06	
64		Air Receiver Tank 6 S	75.398	10	0.754	10.358	76.80	-1.60	2.90	795.48	-16.57	

Steel Weight

65		Air Receiver Tank 6 P	75.398	10	0.754	10.358	76.80	1.60	2.90	795.48	16.57
66		Fore Body Void Tank Long Blhd	16.516	10	0.165	2.269	117.15	0.00	1.28	265.79	0.00
67	Fore Body Room and Other	Deployment Bay Blhd	27.490	10	0.275	3.776	106.80	0.00	5.71	403.32	0.00
68		Deployment Bay Long Blhd	35.500	10	0.355	4.877	108.94	0.00	6.12	531.28	0.00
69		Forebody Deck 1 Long Blhd	11.400	10	0.114	1.566	120.90	0.00	3.80	189.34	0.00
70		Forebody Deck 2 Long Blhd S	34.200	10	0.342	4.698	120.90	-0.60	7.60	568.01	-2.82
71		Forebody Deck 2 Long Blhd P	45.600	10	0.456	6.264	119.40	0.60	7.60	747.96	3.76
		Total				1104.851	68.59	0.00	5.01	75781.84	-2.03

Steel Weight

ton.Z (ton.m)	No	Komponen	Item	Area (m ²)	Thickness (mm)	Volume (m ³)	Weight (ton)	X (m)	Y (m)	Z (m)
47.35	1	Shell Plating	Transom	63.827	12.000	0.766	10.522	0.00	0.00	4.50
1449.69	2		After Body 1	1954.216	12.000	23.451	322.153	34.50	0.00	4.50
316.25	3		After Body 2	426.307	12.000	5.116	70.277	77.40	0.00	4.50
210.10	4		After Body 3	283.220	12.000	3.399	46.689	94.50	0.00	4.50
163.05	5		After Body 4	219.793	12.000	2.638	36.233	106.82	0.00	4.50
407.73	6		Forebody	504.027	12.000	6.048	83.089	121.30	0.00	4.91
39.46	7	Transverse Bulkhead	Trans. Blhd 1	63.827	10.000	0.638	8.768	12.00	0.00	4.50
39.46	8		Trans. Blhd 2	63.827	10.000	0.638	8.768	24.00	0.00	4.50
39.46	9		Trans. Blhd 3	63.827	10.000	0.638	8.768	39.00	0.00	4.50
39.46	10		Trans. Blhd 4	63.827	10.000	0.638	8.768	54.00	0.00	4.50
39.46	11		Trans. Blhd 5	63.827	10.000	0.638	8.768	69.00	0.00	4.50
17.54	12		Trans. Blhd 6	28.368	10.000	0.284	3.897	87.00	0.00	4.50
17.54	13		Trans. Blhd 7	28.368	10.000	0.284	3.897	102.00	0.00	4.50
67.49	14		Trans. Blhd 8	95.936	10.000	0.959	13.179	111.00	0.00	5.12
66.72	15		Trans. Blhd 9	94.135	10.000	0.941	12.932	113.40	0.00	5.16
64.43	16		Trans. Blhd 10	88.884	10.000	0.889	12.210	116.40	0.00	5.28
60.54	17		Trans. Blhd 11	80.301	10.000	0.803	11.031	119.40	0.00	5.49
54.25	18		Trans. Blhd 12	67.687	10.000	0.677	9.298	122.40	0.00	5.83
45.04	19		Trans. Blhd 13	51.948	10.000	0.519	7.136	125.40	0.00	6.31
32.17	20		Trans. Blhd 14	33.719	10.000	0.337	4.632	128.40	0.00	6.94
14.88	21		Trans. Blhd 15	13.747	10.000	0.137	1.889	131.40	0.00	7.88
59.02	22	Deck	Tank 2 Deck 1	107.407	10.000	1.074	14.755	18.00	0.00	4.00
82.63	23		Tank 2 Deck 2	103.702	10.000	1.037	14.246	18.00	0.00	5.80
73.78	24		Tank 3 Deck 1	134.259	10.000	1.343	18.444	31.50	0.00	4.00
103.28	25		Tank 3 Deck 2	129.627	10.000	1.296	17.808	31.50	0.00	5.80
98.37	26		Tank 3 Deck 3	91.801	10.000	0.918	12.611	31.50	0.00	7.80
47.10	27		Tank 4 Deck 1	85.722	10.000	0.857	11.776	46.50	0.00	4.00
64.61	28		Tank 4 Deck 2	81.090	10.000	0.811	11.140	46.50	0.00	5.80
83.46	29		Tank 6 Deck 1	135.000	10.000	1.350	18.546	77.40	0.00	4.50
48.83	30		FO Tank 1 Deck 1	88.865	10.000	0.889	12.208	94.50	0.00	4.00
41.12	31		FO Tank 2 Deck 2	74.834	10.000	0.748	10.280	106.93	0.00	4.00

Steel Weight

27.93	32	Forebody Deck 1A	107.005	10.000	1.070	14.700	116.80	0.00	1.90
3.56	33	Forebody Deck 1B	8.350	10.000	0.084	1.147	126.56	0.00	3.10
133.63	34	Forebody Deck 2	170.655	10.000	1.707	23.444	119.48	0.00	5.70
272.52	35	Forebody Deck 3 (Main Deck)	208.821	10.000	2.088	28.687	121.01	0.00	9.50
158.50	36	Science Deck	115.378	8.000	0.923	12.680	120.45	0.00	12.50
19.68	37	Front Unprotected Wall	16.278	8.000	0.130	1.789	128.40	0.00	11.00
31.06	38	Protected Wall	25.695	8.000	0.206	2.824	113.40	0.00	11.00
54.89	39	Side Wall S	45.405	8.000	0.363	4.990	120.94	-3.84	11.00
54.89	40	Side Wall P	45.405	8.000	0.363	4.990	120.94	3.84	11.00
30.65	41	Trasverse Wall 1	25.357	8.000	0.203	2.787	116.40	0.00	11.00
29.73	42	Trasverse Wall 2	24.596	8.000	0.197	2.703	119.40	0.00	11.00
28.05	43	Trasverse Wall 3	23.206	8.000	0.186	2.550	122.40	0.00	11.00
25.12	44	Trasverse Wall 4	20.780	8.000	0.166	2.284	125.40	0.00	11.00
43.52	45	Longitudinal Wall	36.000	8.000	0.288	3.956	120.15	-0.75	11.00
31.90	46	Top Deck	18.727	8.000	0.150	2.058	126.84	0.00	15.50
25.05	47	Front Unprotected Wall	16.278	8.000	0.130	1.789	128.40	0.00	14.00
31.97	48	Protected Wall	20.780	8.000	0.166	2.284	125.40	0.00	14.00
14.22	49	Side Wall S	9.242	8.000	0.074	1.016	126.91	-3.12	14.00
14.22	50	Side Wall P	9.242	8.000	0.074	1.016	126.91	3.12	14.00
24.94	51	Tank Plate 1	92.641	10.000	0.926	12.727	6.00	0.00	1.96
24.94	52	Tank Plate 2	92.641	10.000	0.926	12.727	18.00	0.00	1.96
31.17	53	Tank Plate 3	115.801	10.000	1.158	15.908	31.50	0.00	1.96
7.88	54	Tank Plate 4	33.479	10.000	0.335	4.599	40.96	0.00	1.71
5.03	55	Waste Water Tank	13.050	8.000	0.104	1.434	69.84	0.00	3.51
7.30	56	Fresh Water Tank Aft Blhd	17.162	10.000	0.172	2.358	83.40	0.00	3.10
6.45	57	Fresh Water Tank Fore Blhd	14.660	10.000	0.147	2.014	86.40	0.00	3.20
14.17	58	FO Tank 1 Long Blhd	37.500	10.000	0.375	5.152	94.50	0.00	2.75
9.22	59	FO Tank 2 Long Blhd	27.000	10.000	0.270	3.709	106.75	0.00	2.49
42.88	60	Air Receiver Tank 4 Bottom S	86.708	10.000	0.867	11.912	46.50	-1.60	3.60
42.88	61	Air Receiver Tank 4 Bottom P	86.708	10.000	0.867	11.912	46.50	1.60	3.60
73.85	62	Air Receiver Tank 4 Top S	86.708	10.000	0.867	11.912	46.50	-1.60	6.20
73.85	63	Air Receiver Tank 4 Top P	86.708	10.000	0.867	11.912	46.50	1.60	6.20
30.04	64	Air Receiver Tank 6 S	75.398	10.000	0.754	10.358	76.80	-1.60	2.90

Steel Weight

30.04	65	Air Receiver Tank 6 P	75.398	10.000	0.754	10.358	76.80	1.60	2.90
2.91	66	Fore Body Void Tank Long Blhd	16.516	10.000	0.165	2.269	117.15	0.00	1.28
21.55	67	Deployment Bay Blhd	27.490	10.000	0.275	3.776	106.80	0.00	5.71
29.82	68	Deployment Bay Long Blhd	35.500	10.000	0.355	4.877	108.94	0.00	6.12
5.95	69	Forebody Deck 1 Long Blhd	11.400	10.000	0.114	1.566	120.90	0.00	3.80
35.71	70	Forebody Deck 2 Long Blhd S	34.200	10.000	0.342	4.698	120.90	-0.60	7.60
47.61	71	Forebody Deck 2 Long Blhd P	45.600	10.000	0.456	6.264	119.40	0.60	7.60
5533.53		Total				1104.851	68.59	0.00	5.01

Steel Weight

No	Komponen	Weight (ton)	X (m)	Y (m)	Z (m)
1	Shell Plating	568.962	61.366	0.000	4.559
2	Transverse Bulkhead	123.943	88.882	0.000	5.147
3	Deck	209.791	71.260	0.000	5.433
4	Super Strcuture	49.715	121.496	-0.060	11.937
5	Concrete Ballast Tank Plate	45.961	21.648	0.000	1.935
6	Tank	85.297	63.611	0.000	3.970
7	Fore Body Room and Other	21.182	115.189	0.044	6.640
Total		1104.851	68.590	-0.002	5.008

Tank Volume

No	Name	Quantity	Unit Mass (ton)	Total Mass (ton)	Unit Volume (m ³)	Total Volume (m ³)	X (m)	Y (m)	Z (m)
1	Concrete Ballast	100%	994.193	994.193	432.258	432.258	21	0	1.164
2	Tank 1	5%	621.292	31.065	606.138	30.307	6	0	2.174
3	Tank 2B	5%	196.558	9.828	191.764	9.588	18	0	2.056
4	Tank 2T	5%	237.47	11.874	231.678	11.584	18	0	5.859
5	Tank 3B	5%	245.697	12.285	239.704	11.985	31.5	0	2.056
6	Tank 3P/S	5%	222.779	11.139	217.346	10.867	31.5	0	5.844
7	Tank 3T	5%	74.058	3.703	72.252	3.613	31.5	0	7.821
8	Tank 4B	5%	319.849	15.992	312.047	15.602	48	0	0.293
9	Tank 4T	5%	296.818	14.841	289.578	14.479	46.5	0	5.859
10	Tank 6T	5%	393.051	19.653	383.465	19.173	77.399	0	4.575
11	Fresh Water Tank	100%	45.229	45.229	45.229	45.229	84.861	0	3.15
12	Waste Water Tank	5%	5.985	0.299	5.985	0.299	69.6	0	3.037
13	F O Tank 1 P	100%	75.193	75.193	79.628	79.628	94.5	-1.216	2.952
14	F O Tank 1 S	100%	75.193	75.193	79.628	79.628	94.5	1.216	2.952
15	F O Tank 2 P	100%	73.776	73.776	78.128	78.128	107.075	-1.725	2.724
16	F O Tank 2 S	100%	73.776	73.776	78.128	78.128	107.075	1.725	2.724
17	Lube Oil	100%	4.367	4.367	4.747	4.747	111.504	0	2.95

Ballast Tank & Compressor

No	Name	Unit Mass (ton)	Unit Volume (m ³)
1	Tank 1	621.292	606.138
2	Tank 2B	196.558	191.764
3	Tank 2T	237.47	231.678
4	Tank 3B	245.697	239.704
5	Tank 3P/S	222.779	217.346
6	Tank 3T	74.058	72.252
7	Tank 4B	319.849	312.047
8	Tank 4T	296.818	289.578
9	Tank 6T	393.051	383.465

$$P_1 V_1^{\frac{7}{5}} = P_2 V_2^{\frac{7}{5}}$$

$$x = V^{\frac{7}{5}}$$

No	Name	Unit Volume Water (ft ³)	Water Pressure (psi)	Air Pressure (psi)	Unit Volume Air (ft ³)	Unit Volume Air (m ³)
1	Tank 1	21405.58	16	250	3004.68	85.08
2	Tank 2B	6772.09	16	250	950.59	26.92
3	Tank 2T	8181.64	136	250	5296.42	149.98
4	Tank 3B	8465.07	16	250	1188.23	33.65
5	Tank 3P/S	7675.51	16	250	1077.40	30.51
6	Tank 3T	2551.56	16	250	358.16	10.14
7	Tank 4B	11019.85	16	250	1546.85	43.80
8	Tank 4T	10226.36	16	250	1435.46	40.65
9	Tank 6T	13541.95	16	250	1900.87	53.83

Mooring Line

No	Type	Diameter (inch)	Vol. Per 100 ft (ft ³)	Weight per 100 ft (lbs)	Average Strength (lbs)	Vol. For 36000 ft (ft ³)	Weight for 36000 ft (lbs)
1	AmSteel	1"	0.694	21.8	109000	250	7484
2	Quantum-8	1 1/4"	1.085	35.9	114000	391	12924
3	Quantum-12	1 1/8"	0.879	25.5	105000	316	9180
4	Turbo-75	1 1/16"	0.784	28.4	113000	282	10224
5	Turbo-EPX	1 1/16"	0.784	31.4	113000	282	11304

No	Type	Diameter (inch)	Vol. Per 30.48 m (m ³)	Weight per 30.48 m (ton)	Average Strength (lbs)	Vol. For 10972.8 (m ³)	Weight for 10972.8 ft (ton)
1	AmSteel	1"	0.020	0.011	109000	7.079	3.742
2	Quantum-8	1 1/4"	0.031	0.018	114000	11.072	6.462
3	Quantum-12	1 1/8"	0.025	0.013	105000	8.948	4.590
4	Turbo-75	1 1/16"	0.022	0.014	113000	7.985	5.112
5	Turbo-EPX	1 1/16"	0.022	0.016	113000	7.985	5.652

Electrical Load

No	Komponen	Load Description	Unit Power (kW)	In Transit		Mooring Retrieval		On Station (Drifting/Moored)		On Station (Dynamic Position)		In Port (Shore Power)	
				% kW	kW	% kW	kW	% kW	kW	% kW	kW	% kW	kW
1	Propulsion Bus	Retractable Thruster	1250	0.85	1062.50	0.15	187.50	0.00	0.00	0.05	62.50	0.00	0.00
2		Tunnel Thruster	670	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	335.00	0.00	0.00
3	Ship Service Bus	Air Compressor No 1	30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4		Air Compressor No 2	30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5		Crane (Centerline)	20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.95	19.00	0.95	19.00	0.00	0.00
6		Crane (Portside)	20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.95	19.00	0.95	19.00	0.00	0.00
7		Crane (Starboard)	20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.95	19.00	0.95	19.00	0.00	0.00
8		Mess Area Power Panels	50	0.10	5.00	0.10	5.00	0.10	5.00	0.10	5.00	0.00	0.00
9		HVAC	35	0.75	26.25	0.75	26.25	0.75	26.25	0.75	26.25	0.00	0.00
10		Hydraulic Pump No 1	25	0.00	0.00	0.25	6.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11		Hydraulic Pump No 2	25	0.00	0.00	0.25	6.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12		Laboratory UPS 120kVA System	96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	9.60	0.10	9.60	0.00	0.00
13		Lighting	40	0.50	20.00	0.50	20.00	0.75	30.00	0.75	30.00	0.00	0.00
14		Mooring Winch	40	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	40.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15		Range and Galley Misc	25	0.25	6.25	0.00	0.00	0.25	6.25	0.25	6.25	0.00	0.00
16		Sewage Transfer	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	2.50
17		Ship Electronics	30	0.50	15.00	0.50	15.00	0.25	7.50	0.25	7.50	0.00	0.00
18		Water Generation	7.5	0.50	3.75	0.50	3.75	0.50	3.75	0.50	3.75	0.00	0.00
19		Water Heater	50	0.30	15.00	0.00	0.00	0.30	15.00	0.30	15.00	0.00	0.00
20	Welding Machine	25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		Total	2493.5		1153.8		270		200.35		557.85		2.5

Electrical Load

No	Load Description	In Transit	Mooring Retrieval	On Station (Drifting/ Moored)	On Station (Dynamic Position)	In Port (Shore Power)
		kW	kW	kW	kW	kW
1	Retractable Thruster	1062.50	187.50	0.00	62.50	0.00
2	Tunnel Thruster	0.00	0.00	0.00	335.00	0.00
3	Ship Service Bus	91.25	82.50	200.35	160.35	2.50
4	Total	1153.75	270.00	200.35	557.85	2.50

21	Emergency Bus Power	HVAC	20
22		Lighting	25
23		Range and	25
24		Ship Electr	30
25		water Gen	7.5
26		Water Hea	50

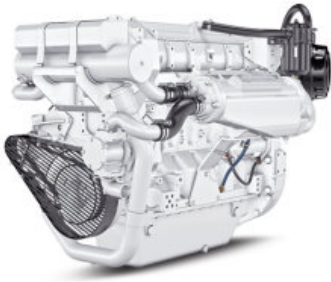
Generator

Generator Drive	Number Installed	Power Output (kW)	Dry Weight (kg)	Total Power Output (kW)	Total Dry Weight (kg)
John Deere 6135SFM85	3	416	1426	1248	4278
John Deere 6068AFM75	1	166	812	166	812
				1414	5090

PowerTech™

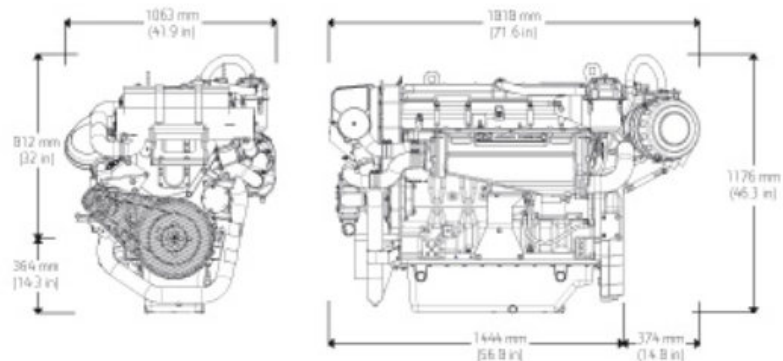
6135SFM85 Diesel Engine

Marine Generator Drive Engine Specifications



6135SFM85 shown

Dimensions



Dimensions shown in mm (in) may vary according to options selected. Contact your distributor for more information.

Emissions

EPA Commercial Marine Tier 3 @ 1800 rpm / 60Hz
IMO MARPOL Annex VI Tier II Compliant

General Data (Based on Standard Option Configuration)

Model	6135SFM85	Length maximum - mm (in)	1818 (71.6)
Number of cylinders	6	Length to rear face of flywheel housing - mm (in)	1444 (56.9)
Displacement - L (cu in)	13.5 (824)	Flywheel housing SAE	1
Bore and Stroke-- mm (in)	132 x 165 (5.20 x 6.50)	Height - mm (in)	1176 (46.3)
Engine Type	In-line, 4-cycle	Height, crankshaft centerline to top - mm (in)	812 (32.0)
Aspiration	Air-to-sea water	Height, crankshaft centerline to bottom - mm (in)	364 (14.3)
		Weight, dry - kg (lb)	1426 (3144)

Classification Societies

ABS, BV, DNV-GL, LR

*SOLAS and other accessories available. Contact your distributor for details.

Features and Benefits

Optional Low RPM Operation

- A lower speed option provides the user the ability to start the engine without going to the gen-set rated speed and allows the user to clutch in an accessory that may be driven by the engine.

4-Valve Cylinder Head

- Excellent airflow through 4-valve cylinder head delivers greater low-speed torque and better transient response time.

Electronic Unit Injectors (EUI)

- The EUI fuel system provides higher injection pressures. It also controls fuel injection timing and provides precise control for start, duration, and end of injection.

Water-cooled Exhaust Manifold

- Integrated components eliminate external hoses and fittings that can leak or break. Wet exhaust manifold creates a cooler and quieter environment for passengers and crew.

Replaceable Cylinder Liners

- Replaceable wet-type cylinder liners are precision-machined and hardened for long life. Allows engine to be rebuilt to original specifications.

Electronic Engine Control Unit (ECU)

- Advanced fault code diagnostics and customizable engine protections ensure reliability and uptime. Provides highly customizable features and trim to integrate your vessel.

Heat Exchanger

- High-capacity heat exchanger designed for reliable operation in adverse conditions

Multiple Service Options

- Either-side oil fill/dipstick combinations and remote oil and fuel filter options are available for easier service access.

Turbocharged with Air-to-Seawater Aftercooling

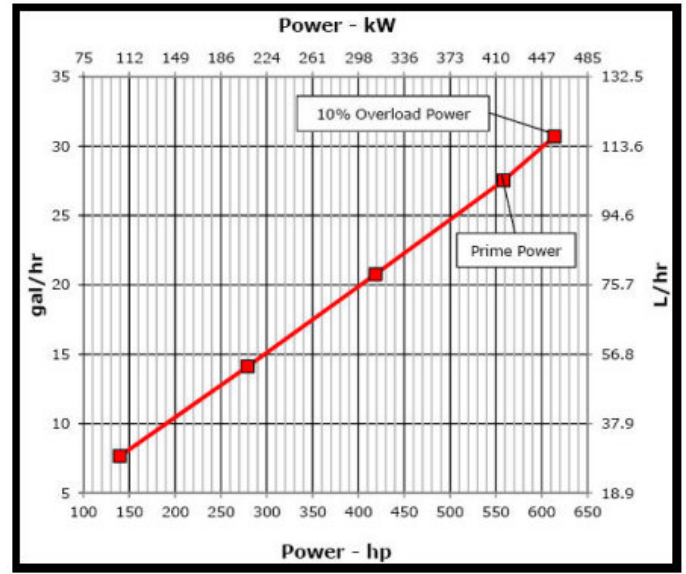
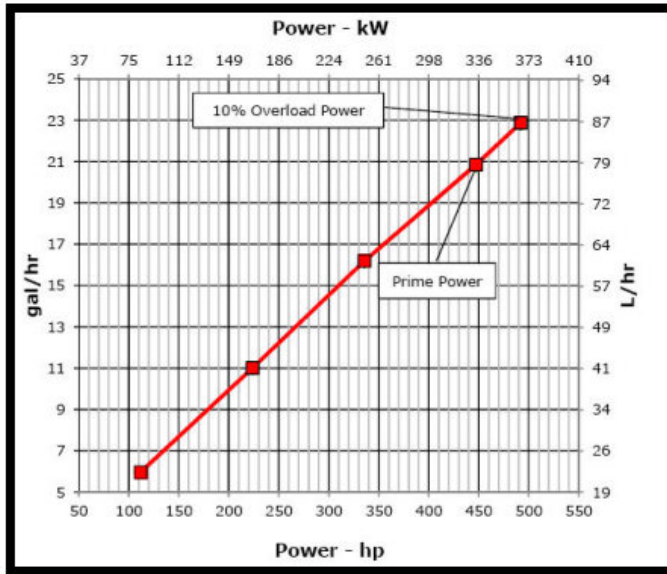
- Cooler turbocharger operation enables higher ratings and efficiencies for applications that require high power or speed.

Photographs may show non-standard equipment.

Performance Curves

50Hz (1500 rpm)

60Hz (1800 rpm)



Performance data points shown at 25%, 50%, 75%, 100% (prime), and 110% (overload) power.

Calculated Generator-Set Rating

Rated speed Hz (rpm)	Generator efficiency %	Engine power		Power factor	Calculated generator set rating	
		Prime*			Prime*	
		kW	hp		kWe	kVA
50 (1500)	88-92	334	448	0.8	294-307	367-384
60 (1800)	88-92	416	558	0.8	366-383	457-479

*Prime power is the normal power an engine is capable of delivering with a variable load for an unlimited number of hours per year. This rating conforms to ISO 3046 and SAE J1995. This rating incorporates a 10 percent overload capability, and conforms to ISO 8528 prime power.

See your John Deere Power Systems engine distributor or marine dealer for more detailed performance information.

John Deere Power Systems
3801 W. Ridgeway Ave. PO
Box 5100
Waterloo, IA 50704-5100
Phone: 1-800-533-6446
Fax: 319.292.5075

John Deere Power Systems
Orléans-Saran Unit
1, rue John Deere - B.P. 11013
45401 Fleury les Aubrais Cedex
France
Phone: 33 2.38.82.61.19
Fax: 33.2.38.84.62.66

*All values at rated speed and power with standard options unless otherwise noted.
Specifications and design subject to change without notice.*

Litho in U.S.A. (19-10) © 2019 JOHN DEERE

PowerTech™

6068AFM75 Diesel Engine

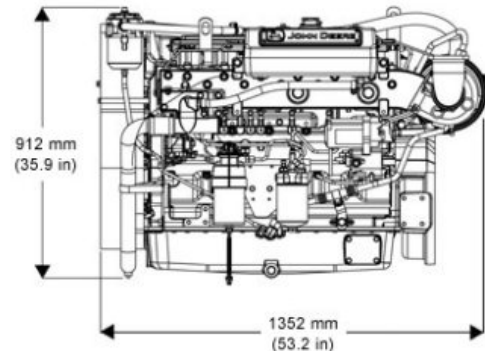
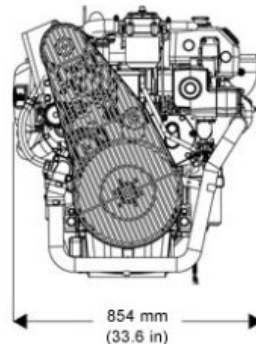
Marine Generator Drive Engine Specifications



Dimensions



6068AFM75 shown



Dimensions shown in mm (in) may vary according to options selected. Contact your distributor for more information.

Emissions

EPA Commercial Marine Tier 2
IMO MARPOL Annex VI Compliant

General Data (Based on Standard Option Configuration)

Model	6068AFM75
Number of cylinders	6
Displacement - L (cu in)	6.8 (415)
Bore and Stroke-- mm (in)	107 x 127 (4.21 x 5.00)
Engine Type	In-line, 4-Cycle
Aspiration	Turbocharged and air-to-coolant aftercooled

Length maximum - mm (in)	1352 (53.2)
Length to rear face of flywheel housing - mm (in)	1172 (46.1)
Flywheel housing SAE	2
Height - mm (in)	912 (35.9)
Height, crankshaft centerline to top - mm (in)	646 (25.4)
Height, crankshaft centerline to bottom - mm (in)	266 (10.5)
Weight, dry - kg (lb)	812 (1790)

Classification Societies

BV, CRS, DNV-GL, LR, PRS

*SOLAS and other accessories available. Contact your distributor for details.

Features and Benefits

High Pressure Common Rail Fuel System

- Higher (33%) injection pressures, up to 1600 bar (23,000 psi)
- Variable injection pressure and timing control

John Deere Electronic Control Systems

- Built in controls eliminates the need for costly add on engine warning systems and associated components
- Service diagnostics and error codes automatically stored for later retrieval & ease of diagnostics
- Built in engine synchronization feature

Watercooled Turbocharger and Exhaust Manifold

- Cooler and quieter environment for vessel and crew
- Reduced external connections eliminates hoses and fittings that can leak or break

Replaceable Wet-type Cylinder Liners

- Hardened and precision machined for long life
- Rebuild to original specifications

Heat Exchanger or Keel Cooled

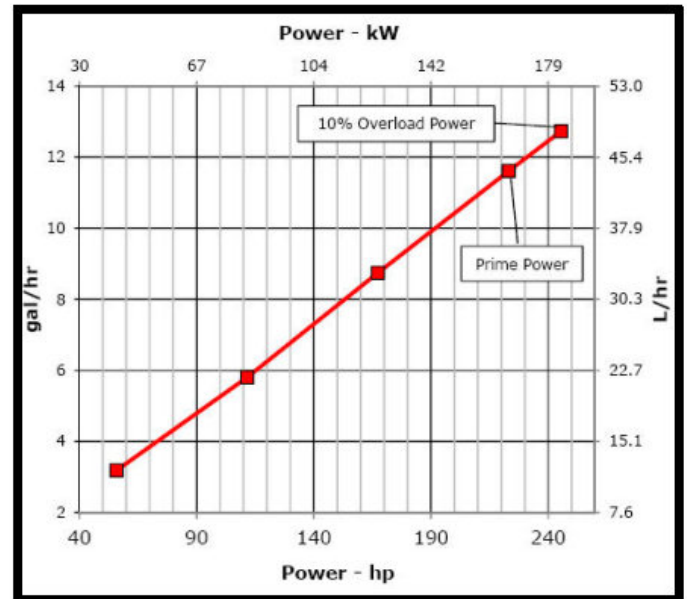
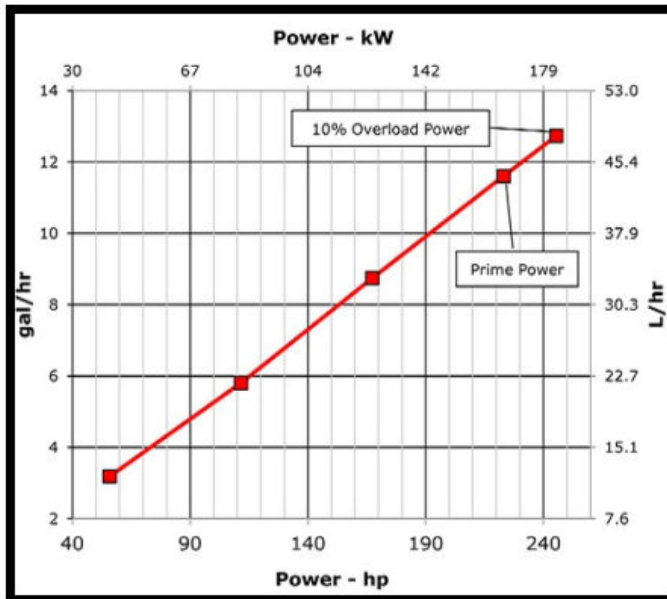
- High-capacity heat exchanger designed for reliable operation in adverse conditions
- Keel cooled option provides application flexibility

Photographs may show non-standard equipment.

Performance Curves

50Hz (1500 rpm)

60Hz (1800 rpm)



Performance data points shown at 25%, 50%, 75%, 100% (prime), and 110% (overload) power.

Calculated Generator-Set Rating

Rated speed Hz (rpm)	Generator efficiency %	Engine power		Power factor	Calculated generator set rating	
		Prime*			Prime*	
		kW	hp		kWe	kVA
50 (1500)	88-92	139	186	0.8	122-129	153-161
60 (1800)	88-92	166	223	0.8	146-153	183-191

*Prime power is the normal power an engine is capable of delivering with a variable load for an unlimited number of hours per year. This rating conforms to ISO 3046 and SAE J1995. This rating incorporates a 10 percent overload capability, and conforms to ISO 8528 prime power.

See your John Deere Power Systems engine distributor or marine dealer for more detailed performance information.

John Deere Power Systems
3801 W. Ridgeway Ave.
PO Box 5100
Waterloo, IA 50704-5100
Phone: 1-800-533-6446
Fax: 319.292.5075

John Deere Power Systems
Usine de Saran
La Foulonnerie - B.P. 11.13
45401 Fleury les Aubrais Cedex
France
Phone: 33.2.38.82.61.19
Fax: 33.2.38.82.60.00

*Preliminary information
All values at rated speed and power with standard options unless otherwise noted.
Specifications and design subject to change without notice.*

Litho in U.S.A. (17-06) © 2017 JOHN DEERE

Consumable & Provisions

Crew List		
Crew and Operator =	5	person
Scientist =	15	person
Total Crew =	20	person
Crew Weight =	80	kg/person
Total Crew Weight =	1.6	ton

Provision		
Crew =	20	person
Time =	45	days
Weight =	0.01	ton/(person . day)
Weight =	9	ton

Fresh Water		
Crew =	20	person
Time =	45	days
Weight =	0.17	ton/(person . day)
ρ_{FW} =	1	ton/m ³
W_{FW} =	153	ton
V_{FW} =	153	m ³

Fuel Oil		
Transit Mode		
Sfc =	0.000273	m ³ /hours . kW
Range =	1640	nm
=	3037280	m
Speed =	8	knots
=	4.12	m/s
Power Demand =	1153.75	kW
Fuel Volume =	71.05	m ³
ρ_{FO} =	0.9443	ton/m ³
Fuel Weight =	67.09	ton
Stationary Mode		
Sfc =	0.000273	m ³ /hours . kW
Power Demand =	557.85	kW
Endurance =	36.46	days
Fuel Volume =	146.84	m ³
ρ_{FO} =	0.9443	ton/m ³
Fuel Weight =	138.67	ton
Total Fuel Weight		
Fuel Weight =	205.76	ton

Specification	Amount
Crew	
Captain	1
Chief Engineer	1
Engineers	3
Scientific Party	
Senior Scientists	4
Scientists	11
Total	20

Tank

No	Tank	Volume (m3)	Weight (ton)
1	Tank 1	621.292	606.138
2	Tank 2B	196.558	191.764
3	Tank 2T	237.47	231.678
4	Tank 3B	245.697	239.704
5	Tank 3P/S	222.779	217.346
6	Tank 3T	74.058	72.252
7	Tank 4B	319.849	312.047
8	Tank 4T	296.818	289.578
9	Tank 6T	393.051	383.465
10	Fresh Water Tank	45.229	45.229
11	Waste Water Tank	5.985	5.985
12	F O Tank 1 P	75.193	79.628
13	F O Tank 1 S	75.193	79.628
14	F O Tank 2 P	73.776	78.128
15	F O Tank 2 S	73.776	78.128
16	Lube Oil	4.367	4.747

Tank

Sequence	Tank Condition
1	Tank 1 - Free Flooding Tank 3P/S - Free Flooding
2	Same as 1 Tank 2B - Flooded Tank 3B - Flooded
3	Same as 2 Tank 3T - Flooded
4	Same as 3 Tank 4 - Flooded
5. Point of Instability	Same as 4 Tank 2T - 50%
6. Vertical Operating	Tank 2T - 100%
7. Set Vertical Draft	Adjust Tank 4 to a minimum of 50%

Displacement

Komponen	Item	Weight (ton)	Quantity	Total Weight (ton)	X (m)	Y (m)	Z (m)	
LWT	Steel Weight (W_{ST})	1104.851	1	1,104.851	68.590	-0.002	5.008	
	Concrete Ballast	994.193	1	994.193	21.000	0.000	1.164	
	Equipment and Outfitting ($W_{E\&O}$)							
	1. Rantai Jangkar	12.000	3	36.000	127.000	0.000	9.500	
	2. Jangkar	0.375	3	1.125	127.000	0.000	9.500	
	3. Tali Tambat	4.590	3	13.770	127.000	0.000	9.500	
	4. Boom Crane	1.430	3	4.290	112.200	0.000	9.500	
	5. Capstan-Windlash	7.540	1	7.540	129.900	0.000	9.500	
	6. Mooring Winch	5.900	3	17.700	127.000	0.000	8.500	
	7. Air Compressor	0.760	2	1.520	94.500	0.000	4.000	
	8. Small Boat & Davit	0.330	1	0.330	112.200	0.000	9.500	
	9. Life Raft	0.180	1	0.180	112.200	0.000	9.500	
	10. Bilge Keel	2.840	2	5.680	67.500	0.000	1.000	
	11. Other	337.000	1	337.000	121.200	0.000	4.750	
	Generator set (W_{genset})							
	1. John Deere 6135SFM85	4.278	3	12.834	114.900	0.000	1.900	
	2. John Deere 6068AFM75	0.812	2	1.624	114.900	0.000	1.900	
	3. Batteries	8.630	1	8.630	114.900	0.000	1.900	
	4. Switchboard	0.640	1	0.640	114.900	0.000	1.900	
	Propulsi ($W_{propulsi}$)							
	1. Retractable Thruster	29.755	1	29.755	66.000	0.000	4.500	
	2. Tunnel Thruster	29.755	1	29.755	66.000	0.000	4.500	
	Total Weight LWT			2607.4166	59.413	-0.001	3.593	
	Komponen	Item	Weight (ton)	Quantity	Total Weight (ton)	X (m)	Y (m)	Z (m)
		Crew	0.080	20	1.600	127.000	0	9.500
		Provision	9.000	1	9.000	127.000	0	3.1

Displacement

DWT	Fresh Water	45.229	1	45.229	84.861	0	3.150
	Fuel Oil						
	1. FO Tank 1 PS	75.19	1	75.193	94.5	-1.216	2.952
	2. FO Tank 1 SB	75.19	1	75.193	94.5	1.216	2.952
	3. FO Tank 2 PS	73.78	1	73.776	107.075	-1.725	2.724
	4. FO Tank 2 SB	73.78	1	73.776	107.075	1.725	2.724
	Lube Oil	4.37	1	4.367	111.504	0	2.95
	Payload	50.00	1	50.000	121.2	0	5.7
	Water Ballast	0	1	0.000	0	0	0
	Total Weight DWT			408.134	102.275	0.000	3.257

Pengecekan Displacement

Komponen	Weight (ton)
LWT	2607.417
DWT	408.134
LWT+DWT	3015.551
Displacement	3015.000
(LWT+DWT)-Displacement	0.551
Margin	0.02%

Stabilitas

		Load case 1 Full Load									
No	Heel to Starboard deg	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60
1	GZ m	-0.573	-0.388	-0.195	0.001	0.197	0.389	0.574	0.749	0.917	1.052
2	Area under GZ curve from zero heel m.rad	0.152	0.068	0.017	0.000	0.017	0.068	0.153	0.268	0.414	0.586
3	Displacement t	3016.000	3016.000	3016.000	3016.000	3016.000	3016.000	3016.000	3016.000	3016.000	3016.000
4	Draft at FP m	3.872	3.959	3.999	4.010	3.999	3.959	3.873	3.698	3.336	2.679
5	Draft at AP m	3.940	3.969	3.986	3.992	3.986	3.969	3.940	3.903	3.873	3.828
6	WL Length m	130.039	130.156	130.209	130.225	130.210	130.156	130.039	129.804	129.720	129.843
7	Beam max extents on WL m	11.738	11.375	11.075	10.961	11.075	11.375	11.739	11.993	11.703	10.406
8	Wetted Area m ²	1564.963	1562.558	1561.519	1561.201	1561.560	1562.558	1564.965	1569.002	1577.693	1588.424
9	Waterpl. Area m ²	1073.104	1069.494	1066.881	1065.863	1066.887	1069.494	1073.108	1078.829	1086.211	1075.809
10	Prismatic coeff. (Cp)	0.651	0.646	0.642	0.640	0.642	0.646	0.651	0.650	0.633	0.619
11	Block coeff. (Cb)	0.404	0.449	0.509	0.515	0.509	0.449	0.404	0.380	0.386	0.441
12	LCB from zero pt. (+ve fwd) m	57.690	57.692	57.692	57.692	57.692	57.692	57.691	57.690	57.690	57.686
13	LCF from zero pt. (+ve fwd) m	62.299	62.048	61.935	61.898	61.935	62.048	62.300	62.698	63.175	62.709
14	GMt corrected m	1.036	1.085	1.116	1.126	1.116	1.085	1.035	0.994	0.979	0.669
15	Max deck inclination deg	30.000	20.000	10.000	0.008	10.000	20.000	30.000	40.000	50.000	60.000
16	Trim angle (+ve by stern) deg	0.030	0.005	-0.006	-0.008	-0.006	0.005	0.030	0.090	0.236	0.506

Stabilitas

70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
1.135	1.169	1.158	1.109	1.029	0.924	0.800	0.665	0.534	0.386	0.201	-0.001
0.778	0.979	1.183	1.382	1.569	1.739	1.890	2.018	2.122	2.203	2.255	2.272
3016.000	3016.000	3016.000	3016.000	3016.000	3016.000	3016.000	3016.000	3016.000	3016.000	3016.000	3016.000
1.410	-2.342	n/a	-12.624	-8.902	-7.684	-7.103	-6.810	-6.691	-6.646	-6.613	-6.601
3.696	3.228	n/a	-5.225	-4.744	-4.590	-4.514	-4.455	-4.396	-4.351	-4.331	-4.325
130.917	132.330	133.408	134.567	134.819	133.914	133.357	133.123	133.031	132.995	132.967	132.956
9.600	9.161	9.015	9.131	9.517	10.215	10.866	11.506	12.549	11.684	11.151	10.982
1600.104	1605.870	1612.985	1619.355	1624.726	1631.741	1644.000	1661.918	1683.182	1687.552	1689.127	1689.744
1065.762	1056.752	1052.222	1053.096	1057.996	1065.125	1074.440	1084.774	1097.787	1080.618	1070.206	1066.777
0.605	0.594	0.588	0.585	0.590	0.606	0.625	0.641	0.643	0.634	0.627	0.625
0.491	0.534	0.562	0.472	0.409	0.362	0.336	0.324	0.312	0.358	0.416	0.431
57.681	57.677	57.671	57.667	57.663	57.656	57.654	57.647	57.640	57.634	57.632	57.632
62.236	61.859	61.709	61.764	62.021	62.447	63.024	63.567	64.176	63.308	62.823	62.682
0.370	0.089	-0.154	-0.359	-0.520	-0.648	-0.730	-0.754	-0.668	-0.957	-1.123	-1.176
70.000	80.000	90.000	100.000	109.999	119.998	129.996	139.994	149.988	159.978	169.952	178.999
1.006	2.450	90.000	3.252	1.829	1.361	1.139	1.036	1.010	1.010	1.004	1.001

Stabilitas

Load case 1 Consumable 10%											
No	Heel to Starboard deg	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60
1	GZ m	-0.493	-0.337	-0.171	0.001	0.172	0.339	0.494	0.634	0.760	0.882
2	Area under GZ curve from zero heel m.rad	0.132	0.059	0.015	0.000	0.015	0.060	0.133	0.232	0.353	0.497
3	Displacement t	2708.000	2708.000	2708.000	2708.000	2709.000	2708.000	2708.000	2708.000	2708.000	2708.000
4	Draft at FP m	2.937	3.088	3.164	3.187	3.164	3.088	2.936	2.655	2.131	1.119
5	Draft at AP m	4.159	4.176	4.185	4.188	4.185	4.176	4.160	4.144	4.142	4.174
6	WL Length m	128.587	128.859	128.997	129.033	128.997	128.859	128.585	128.289	128.194	128.294
7	Beam max extents on WL m	11.059	11.048	10.943	10.895	10.943	11.048	11.058	10.767	11.059	10.416
8	Wetted Area m ²	1477.200	1476.776	1476.747	1476.838	1476.795	1476.776	1477.181	1477.124	1480.849	1490.853
9	Waterpl. Area m ²	1040.827	1041.116	1041.208	1041.412	1041.219	1041.116	1040.793	1039.960	1045.708	1047.331
10	Prismatic coeff. (Cp)	0.704	0.704	0.705	0.705	0.705	0.704	0.704	0.700	0.692	0.678
11	Block coeff. (Cb)	0.441	0.441	0.446	0.449	0.446	0.441	0.441	0.444	0.426	0.455
12	LCB from zero pt. (+ve fwd) m	52.971	52.964	52.964	52.964	52.965	52.964	52.963	52.961	52.957	52.952
13	LCF from zero pt. (+ve fwd) m	60.806	60.766	60.786	60.815	60.786	60.766	60.804	60.860	61.256	61.452
14	GMt corrected m	0.854	0.929	0.973	0.989	0.973	0.928	0.853	0.763	0.759	0.670
15	Max deck inclination deg	30.003	20.005	10.010	0.440	10.010	20.005	30.003	40.003	50.002	60.002
16	Trim angle (+ve by stern) deg	0.538	0.479	0.449	0.440	0.449	0.479	0.539	0.655	0.885	1.344

Stabilitas

%											
70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
0.964	0.998	0.991	0.947	0.875	0.780	0.667	0.539	0.411	0.299	0.160	-0.001
0.659	0.831	1.005	1.174	1.334	1.478	1.605	1.710	1.793	1.855	1.895	1.909
2708.000	2708.000	2708.000	2708.000	2708.000	2708.000	2708.000	2708.000	2708.000	2708.000	2708.000	2708.000
-0.934	-7.062	n/a	-17.376	-11.274	-9.264	-8.300	-7.780	-7.511	-7.419	-7.375	-7.360
4.222	4.297	n/a	-4.155	-4.219	-4.249	-4.262	-4.258	-4.237	-4.198	-4.175	-4.169
129.016	130.963	132.253	133.550	134.683	134.991	134.306	133.929	133.714	133.644	133.612	133.601
9.602	9.156	8.999	9.091	9.465	9.891	10.160	10.471	11.226	11.690	11.154	10.984
1500.907	1508.948	1514.896	1521.485	1528.250	1535.125	1543.936	1558.040	1581.869	1598.751	1598.183	1597.803
1037.201	1027.247	1021.867	1020.931	1024.119	1029.550	1036.238	1044.829	1059.552	1062.624	1048.413	1043.479
0.661	0.640	0.624	0.611	0.599	0.593	0.592	0.588	0.583	0.574	0.569	0.568
0.483	0.493	0.492	0.477	0.420	0.375	0.358	0.355	0.355	0.353	0.368	0.373
52.946	52.940	52.935	52.929	52.924	52.919	52.914	52.909	52.905	52.897	52.894	52.894
61.031	60.627	60.449	60.449	60.656	61.040	61.525	62.060	62.891	63.118	62.469	62.259
0.385	0.109	-0.127	-0.321	-0.472	-0.593	-0.690	-0.738	-0.668	-0.663	-0.874	-0.942
70.002	80.001	90.000	99.998	109.996	119.994	129.991	139.985	149.977	159.958	169.905	178.596
2.268	4.985	90.000	5.797	3.101	2.205	1.776	1.549	1.440	1.417	1.408	1.404

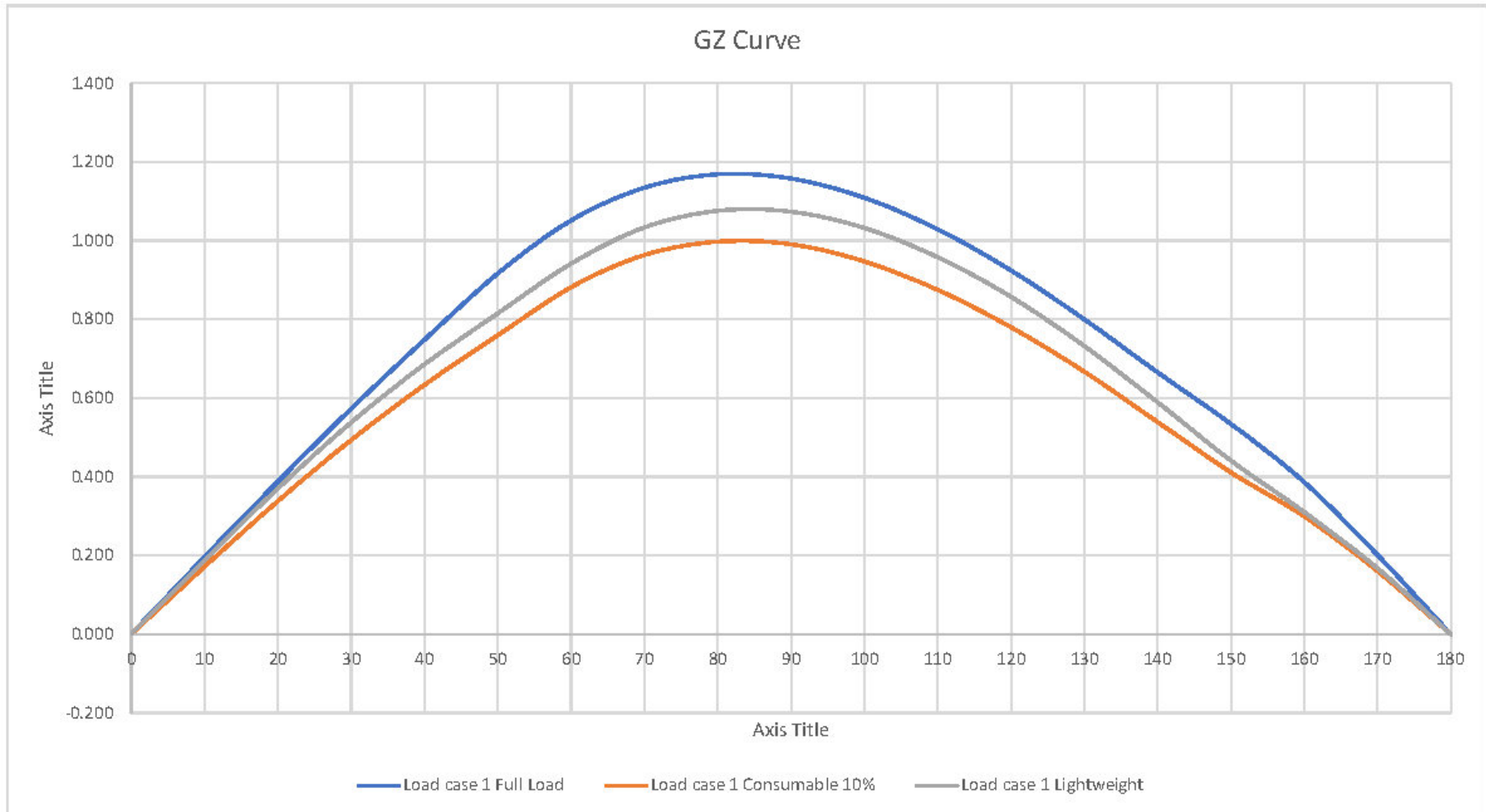
Stabilitas

Load case 1 Lightweight											
No	Heel to Starboard deg	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60
1	GZ m	-0.537	-0.369	-0.187	0.001	0.189	0.371	0.539	0.686	0.816	0.942
2	Area under GZ curve from zero heel m.rad	0.144	0.065	0.016	0.000	0.017	0.066	0.145	0.253	0.384	0.537
3	Displacement t	2608.000	2607.000	2607.000	2607.000	2608.000	2607.000	2607.000	2607.000	2607.000	2607.000
4	Draft at FP m	2.559	2.740	2.833	2.861	2.833	2.740	2.558	2.229	1.636	0.497
5	Draft at AP m	4.281	4.288	4.292	4.293	4.292	4.288	4.281	4.281	4.299	4.368
6	WL Length m	127.865	128.229	128.407	128.458	128.407	128.229	127.863	127.602	127.517	127.619
7	Beam max extents on WL m	10.664	10.866	10.863	10.843	10.863	10.866	10.663	10.260	10.540	10.418
8	Wetted Area m ²	1445.307	1445.648	1446.310	1446.591	1446.370	1445.649	1445.246	1444.397	1447.039	1456.689
9	Waterpl. Area m ²	1025.087	1026.941	1028.200	1028.735	1028.216	1026.942	1025.048	1022.958	1026.862	1032.811
10	Prismatic coeff. (Cp)	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660	0.657	0.650	0.637
11	Block coeff. (Cb)	0.432	0.424	0.424	0.425	0.424	0.424	0.432	0.448	0.433	0.431
12	LCB from zero pt. (+ve fwd) m	50.845	50.841	50.842	50.842	50.843	50.841	50.840	50.838	50.833	50.827
13	LCF from zero pt. (+ve fwd) m	60.056	60.100	60.188	60.237	60.189	60.100	60.054	60.047	60.349	60.785
14	GMt corrected m	0.911	1.011	1.066	1.085	1.066	1.010	0.910	0.797	0.755	0.733
15	Max deck inclination deg	30.007	20.010	10.020	0.630	10.020	20.010	30.007	40.005	50.004	60.004
16	Trim angle (+ve by stern) deg	0.757	0.681	0.642	0.630	0.642	0.681	0.758	0.903	1.172	1.703

Stabilitas

70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
1.034	1.076	1.074	1.032	0.958	0.857	0.732	0.589	0.441	0.310	0.167	-0.001
0.710	0.895	1.083	1.268	1.442	1.601	1.739	1.855	1.945	2.010	2.052	2.067
2607.000	2607.000	2607.000	2607.000	2607.000	2607.000	2607.000	2607.000	2607.000	2607.000	2607.000	2607.000
-1.867	-8.938	n/a	-19.269	-12.222	-9.899	-8.780	-8.169	-7.839	-7.712	-7.667	-7.651
4.513	4.883	n/a	-3.571	-3.930	-4.057	-4.118	-4.143	-4.142	-4.114	-4.091	-4.085
128.160	130.336	131.741	133.123	134.289	135.034	134.658	134.227	133.992	133.894	133.860	133.849
9.600	9.151	8.999	9.076	9.419	9.692	9.830	10.031	10.697	11.691	11.155	10.985
1466.593	1472.921	1479.166	1485.336	1491.970	1498.970	1506.926	1519.006	1541.217	1566.061	1564.334	1563.360
1023.042	1012.941	1006.990	1005.437	1007.616	1011.684	1017.203	1025.186	1039.426	1053.329	1037.242	1031.506
0.622	0.601	0.586	0.574	0.563	0.556	0.554	0.552	0.548	0.541	0.536	0.534
0.458	0.466	0.465	0.451	0.428	0.387	0.372	0.373	0.368	0.334	0.347	0.352
50.821	50.815	50.807	50.801	50.796	50.790	50.785	50.780	50.775	50.766	50.762	50.763
60.404	60.008	59.814	59.792	59.953	60.276	60.720	61.256	62.104	62.959	62.228	61.983
0.446	0.149	-0.108	-0.323	-0.498	-0.647	-0.769	-0.843	-0.809	-0.670	-0.909	-0.985
70.003	80.002	90.000	99.998	109.995	119.992	129.987	139.981	149.970	159.947	169.882	178.432
2.805	6.058	90.000	6.873	3.644	2.569	2.051	1.771	1.626	1.583	1.573	1.568

Stabilitas



Stabilitas Vertikal

		Load case 1 Consumables 75%									
No	Heel to Starboard deg	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15
1	GZ m	-0.380	-0.321	-0.260	-0.197	-0.132	-0.066	0.000	0.067	0.133	0.197
2	Area under GZ curve from zero heel m.rad	0.102	0.071	0.046	0.026	0.012	0.003	0.000	0.003	0.012	0.026
3	Displacement t	5705.000	5705.000	5705.000	5705.000	5705.000	5705.000	5705.000	5705.000	5705.000	5705.000
4	Draft at FP m	99.950	99.952	99.954	99.955	99.956	99.956	99.957	99.956	99.956	99.955
5	Draft at AP m	99.961	99.963	99.964	99.965	99.966	99.966	99.966	99.966	99.966	99.965
6	WL Length m	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000
7	Beam max extents on WL m	6.922	6.615	6.380	6.206	6.087	6.018	5.995	6.018	6.087	6.206
8	Wetted Area m ²	1748.894	1748.844	1748.794	1748.745	1748.694	1748.641	1748.586	1748.641	1748.694	1748.745
9	Waterpl. Area m ²	32.674	31.222	30.113	29.295	28.733	28.405	28.297	28.405	28.733	29.295
10	Prismatic coeff. (Cp)	1.113	1.113	1.113	1.113	1.113	1.113	1.113	1.113	1.113	1.113
11	Block coeff. (Cb)	1.509	1.516	1.523	1.530	1.536	1.542	1.548	1.542	1.536	1.530
12	LCB from zero pt. (+ve fwd) m	4.499	4.499	4.499	4.499	4.499	4.499	4.499	4.499	4.499	4.499
13	LCF from zero pt. (+ve fwd) m	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500
14	GMt corrected m	0.664	0.693	0.717	0.736	0.750	0.759	0.761	0.759	0.750	0.736
15	Max deck inclination deg	30.000	25.000	20.000	15.000	10.000	5.001	0.091	5.001	10.000	15.000
16	Trim angle (+ve by stern) deg	0.105	0.100	0.097	0.094	0.092	0.091	0.091	0.091	0.092	0.094

Stabilitas Vertikal

20	25	30	35	40	45	50
0.261	0.322	0.381	0.437	0.491	0.542	0.591
0.046	0.072	0.102	0.138	0.178	0.224	0.273
5705.000	5705.000	5705.000	5705.000	5705.000	5705.000	5705.000
99.954	99.952	99.950	99.947	99.943	99.939	99.913
99.964	99.963	99.961	99.959	99.956	99.952	99.928
6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000
6.380	6.615	6.922	7.338	8.033	8.961	10.231
1748.794	1748.844	1748.894	1748.958	1749.361	1750.190	1751.417
30.113	31.222	32.674	34.561	37.423	41.432	46.997
1.113	1.113	1.113	1.113	1.113	1.113	1.113
1.523	1.516	1.509	1.497	1.453	1.402	1.340
4.499	4.499	4.499	4.499	4.499	4.499	4.499
4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500
0.717	0.693	0.664	0.631	0.596	0.562	0.531
20.000	25.000	30.000	35.000	40.000	45.000	50.000
0.097	0.100	0.105	0.111	0.119	0.129	0.142

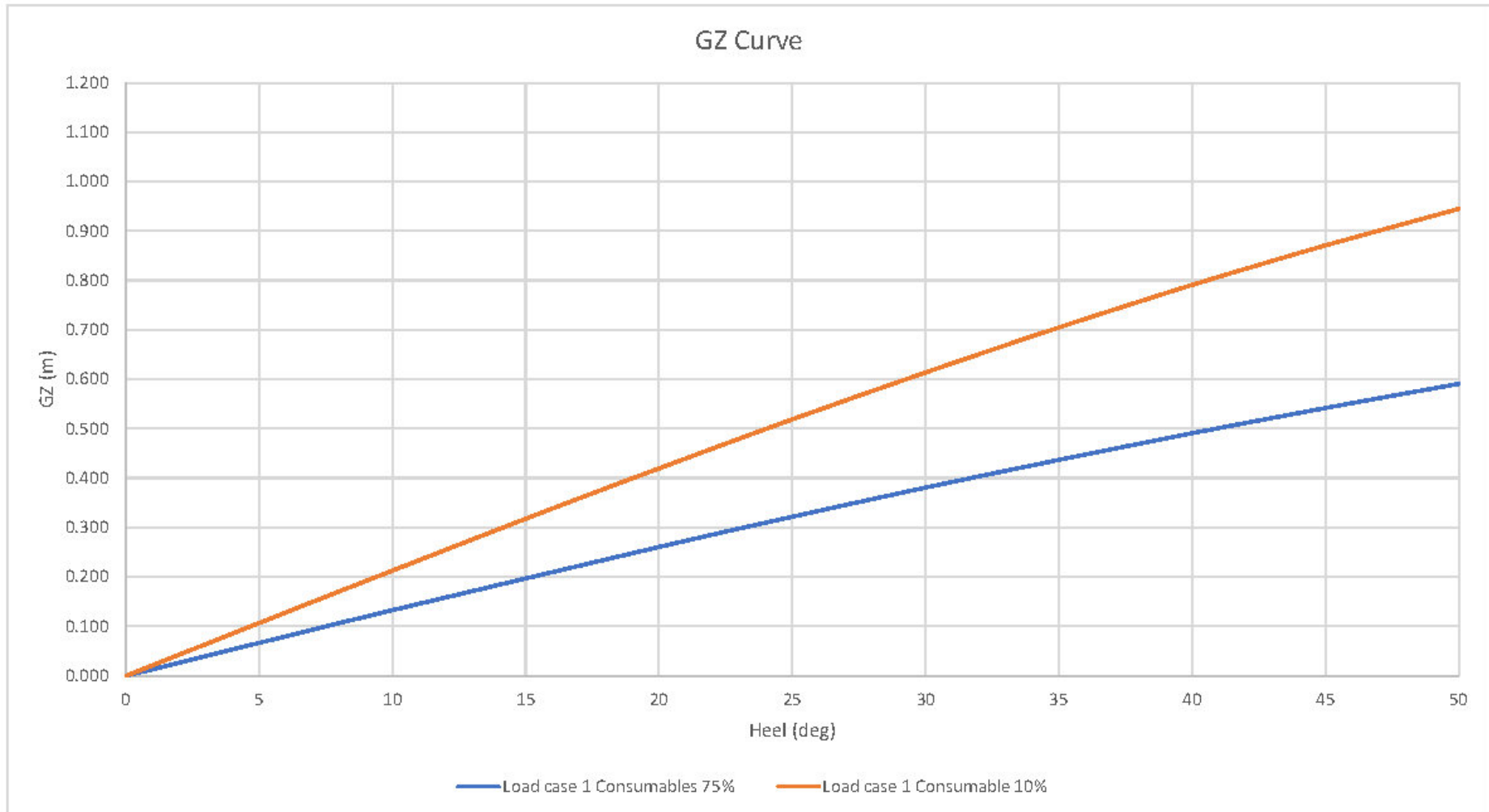
Stabilitas Vertikal

Load case 1 Consumable 10%											
No	Heel to Starboard deg	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15
1	GZ m	-0.614	-0.518	-0.419	-0.317	-0.213	-0.107	0.000	0.107	0.213	0.318
2	Area under GZ curve from zero heel m.rad	0.164	0.115	0.074	0.042	0.019	0.005	0.000	0.005	0.019	0.042
3	Displacement t	5640.000	5640.000	5640.000	5640.000	5640.000	5640.000	5640.000	5640.000	5640.000	5640.000
4	Draft at FP m	97.683	97.681	97.684	97.683	97.684	97.685	97.694	97.685	97.685	97.684
5	Draft at AP m	97.750	97.746	97.742	97.739	97.739	97.737	97.745	97.737	97.736	97.737
6	WL Length m	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000
7	Beam max extents on WL m	6.922	6.615	6.380	6.206	6.087	6.018	5.995	6.018	6.087	6.206
8	Wetted Area m ²	1721.571	1721.473	1721.420	1721.343	1721.284	1721.236	1721.287	1721.236	1721.284	1721.344
9	Waterpl. Area m ²	32.675	31.223	30.114	29.296	28.734	28.406	28.298	28.406	28.734	29.296
10	Prismatic coeff. (Cp)	1.119	1.119	1.119	1.119	1.119	1.119	1.119	1.119	1.119	1.119
11	Block coeff. (Cb)	1.525	1.533	1.540	1.547	1.553	1.559	1.565	1.559	1.553	1.547
12	LCB from zero pt. (+ve fwd) m	4.499	4.499	4.499	4.499	4.499	4.499	4.499	4.499	4.499	4.499
13	LCF from zero pt. (+ve fwd) m	4.497	4.498	4.499	4.499	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.499
14	GMt corrected m	1.069	1.116	1.155	1.186	1.208	1.222	1.229	1.222	1.208	1.186
15	Max deck inclination deg	30.005	25.006	20.006	15.009	10.013	5.024	0.487	5.024	10.012	15.008
16	Trim angle (+ve by stern) deg	0.642	0.614	0.550	0.535	0.524	0.489	0.487	0.489	0.495	0.505

Stabilitas Vertikal

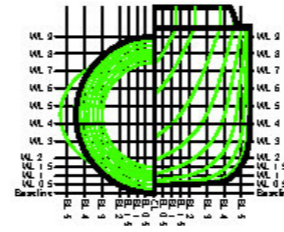
20	25	30	35	40	45	50
0.420	0.519	0.614	0.705	0.791	0.871	0.945
0.074	0.115	0.165	0.222	0.288	0.360	0.439
5640.000	5639.000	5640.000	5639.000	5639.000	5639.000	5639.000
97.684	97.681	97.681	97.677	97.674	97.670	97.664
97.738	97.742	97.746	97.752	97.761	97.771	97.786
6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.001
6.380	6.615	6.922	7.319	7.826	8.478	9.327
1721.406	1721.456	1721.547	1721.607	1721.706	1721.810	1721.933
30.113	31.223	32.675	34.545	36.940	40.018	44.023
1.119	1.119	1.119	1.119	1.119	1.119	1.119
1.540	1.533	1.525	1.517	1.507	1.497	1.484
4.499	4.499	4.499	4.499	4.499	4.499	4.499
4.499	4.498	4.498	4.496	4.495	4.494	4.493
1.155	1.115	1.068	1.013	0.953	0.887	0.818
20.006	25.005	30.004	35.004	40.004	45.004	50.004
0.519	0.591	0.618	0.722	0.825	0.967	1.168

Stabilitas Vertikal

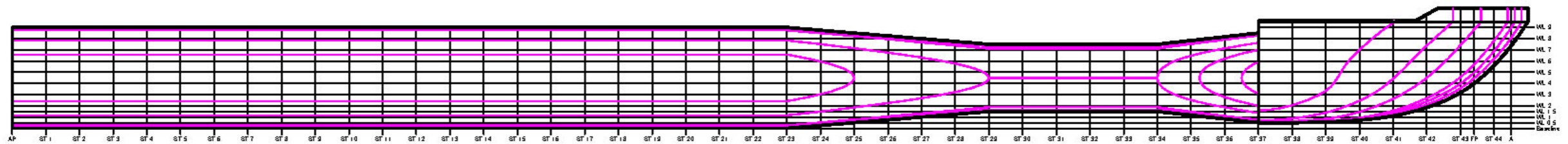


LAMPIRAN B
GAMBAR RENCANA GARIS

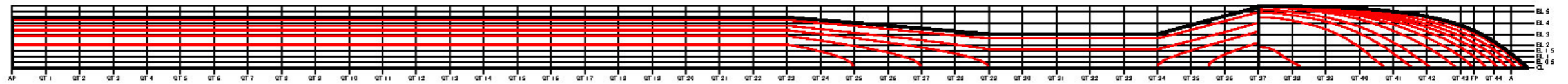
Body Plan



Shear Plan




Halfbreadth Plan



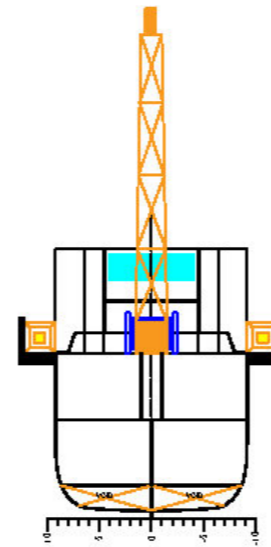
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

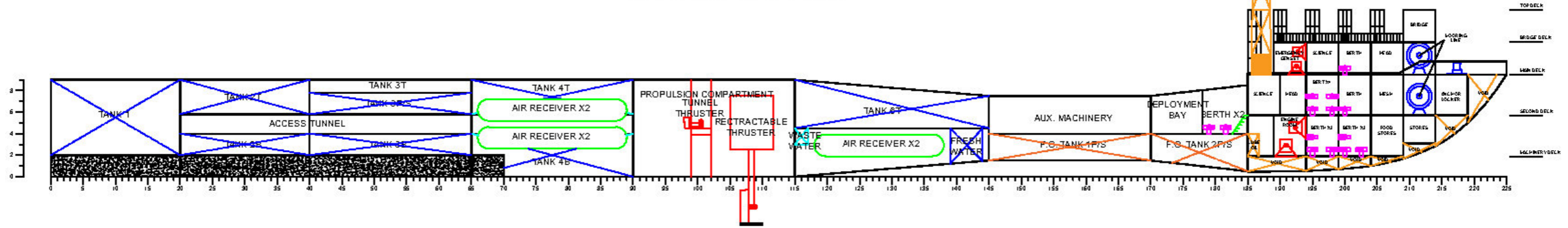
 DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY				
FLIP SHIP				
LINESPLAN				
Scale	:-	Signature	Date	Remarks
Drawn by	: Muhammed Adhik Arher			04111240000000
Checked by	: Hasanulh, ST, MT			A3

LAMPIRAN C
GAMBAR RENCANA UMUM

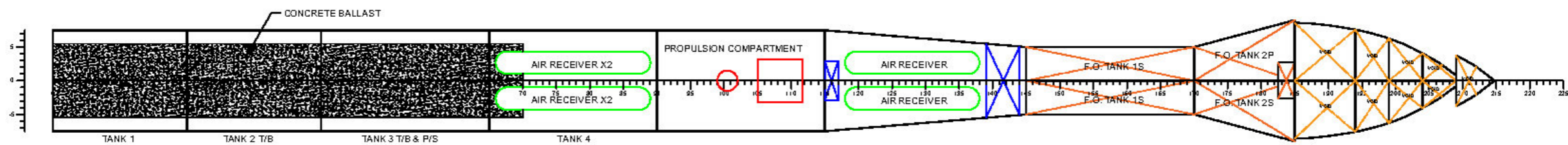
FRONT VIEW




CENTERLINE VIEW



TANK VIEW



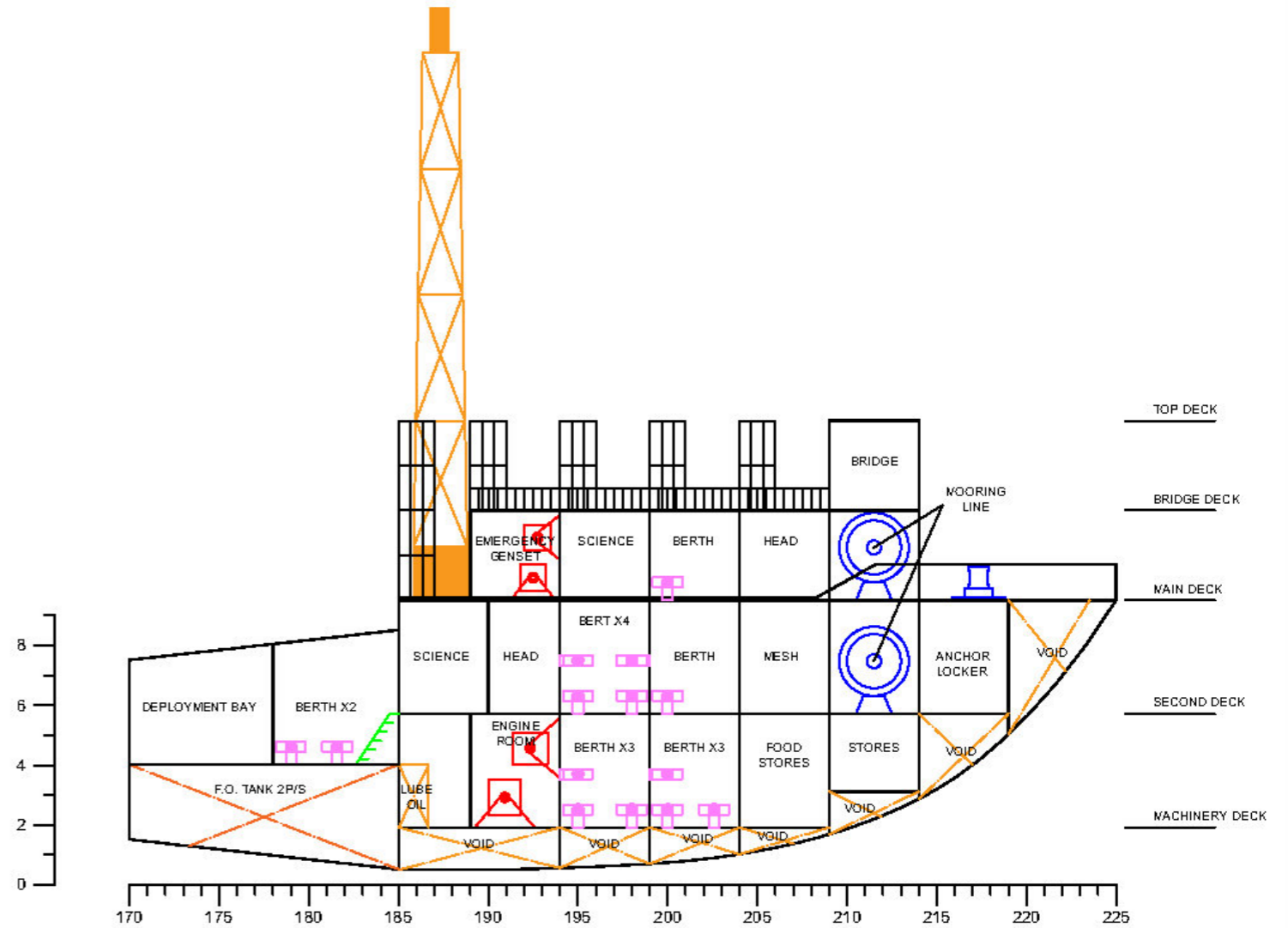
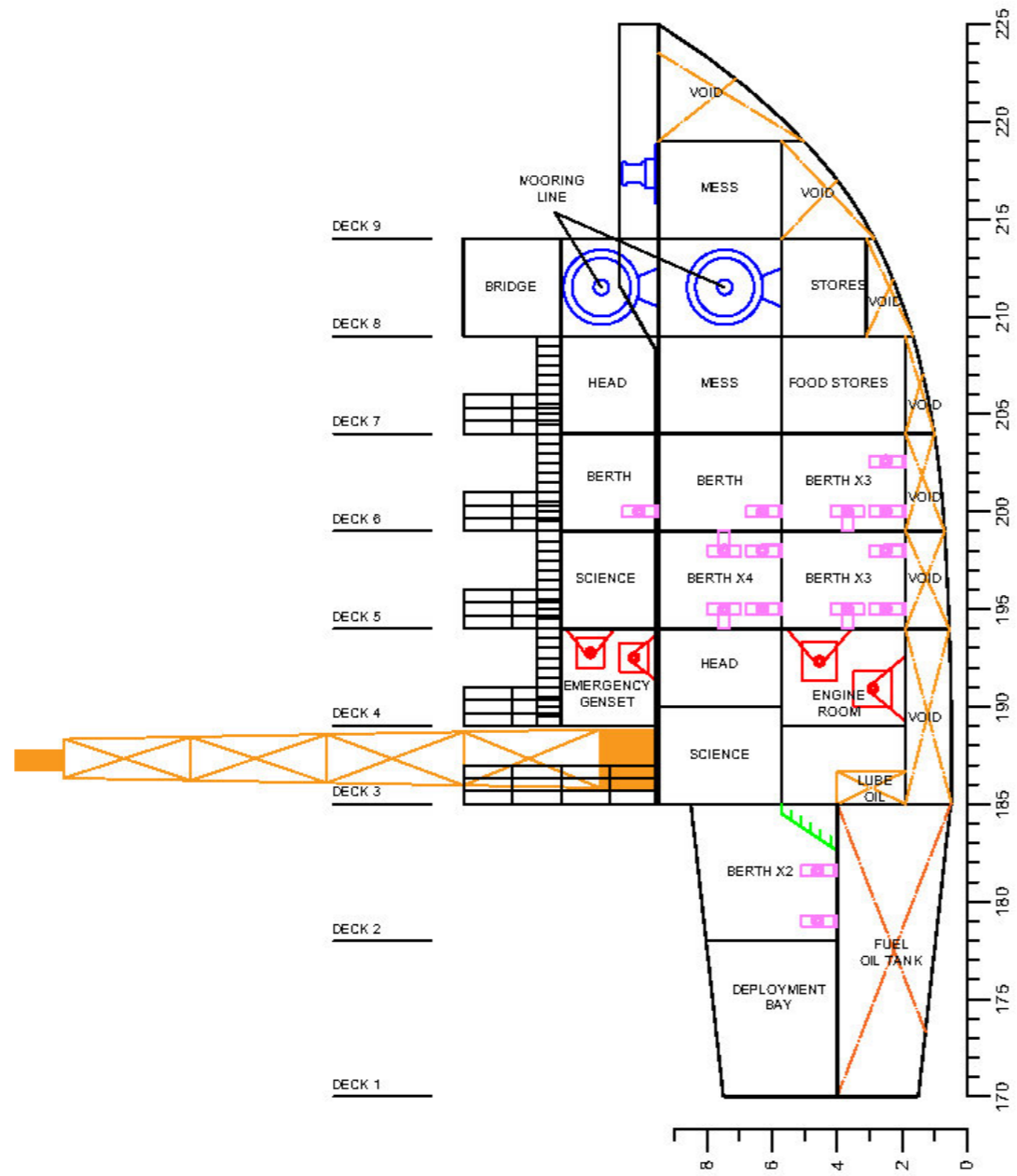
 DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY				
FLIP SHIP				
GENERAL ARRANGEMENT				
Scale	:-	Signature	Date	Remarks
Drawn by	: Muhammed Adhik Arher			04111240000000
Checked by	: Hasanulh, ST, MT			A3


PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

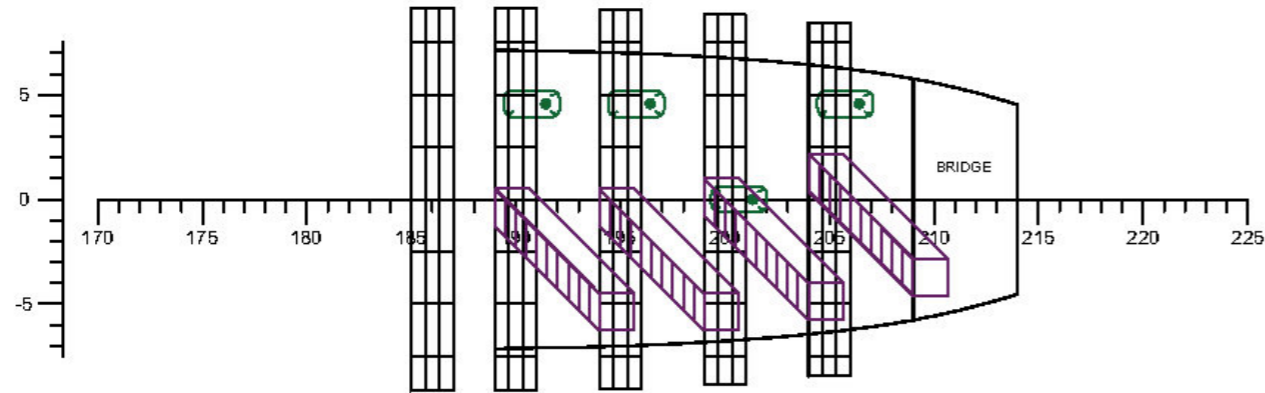
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

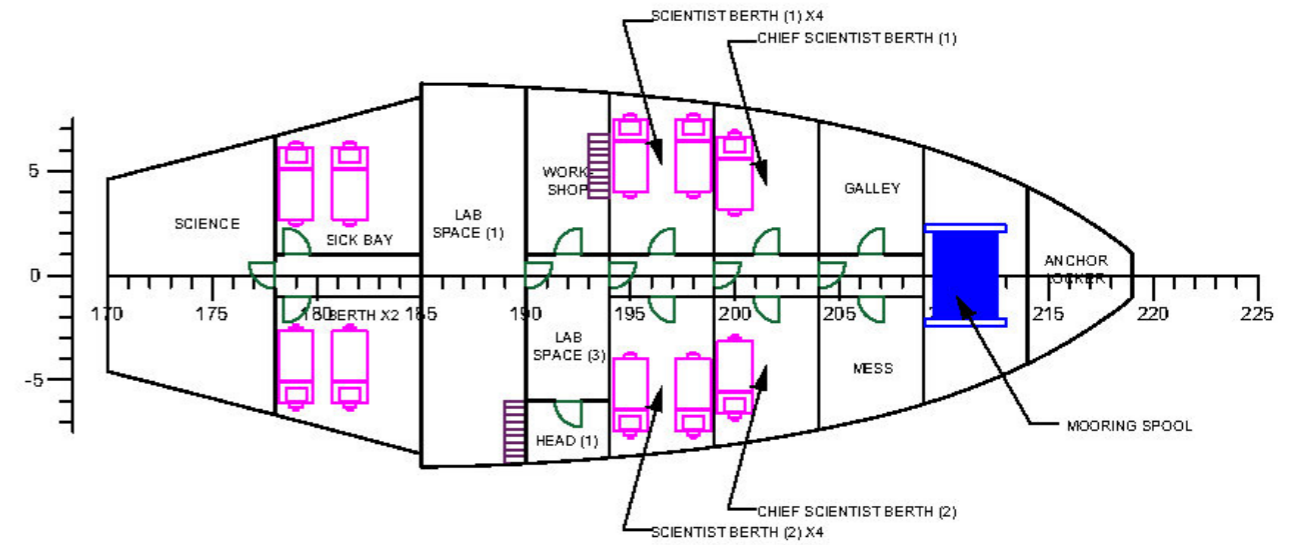


 DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY				
FLIP SHIP				
INBOARD BOW PROFILE				
Scale	:		Signature	Date
Drawn by	:	Muhammad Adnan Arhan		0411121000000000
Checked by	:	Hasanudin, ST, MT.		A3

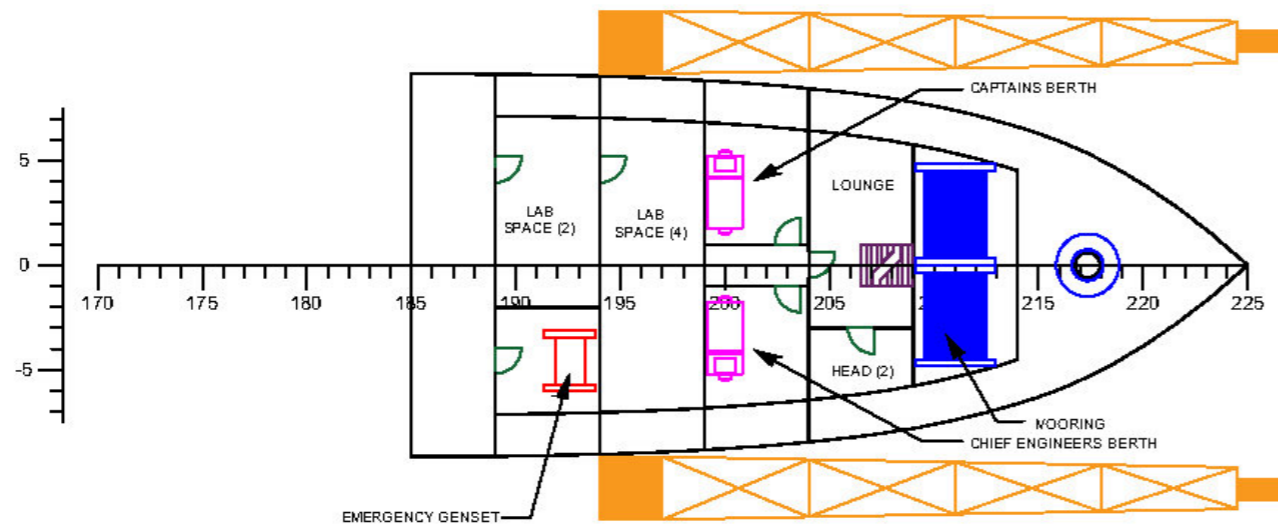
TOP DECK



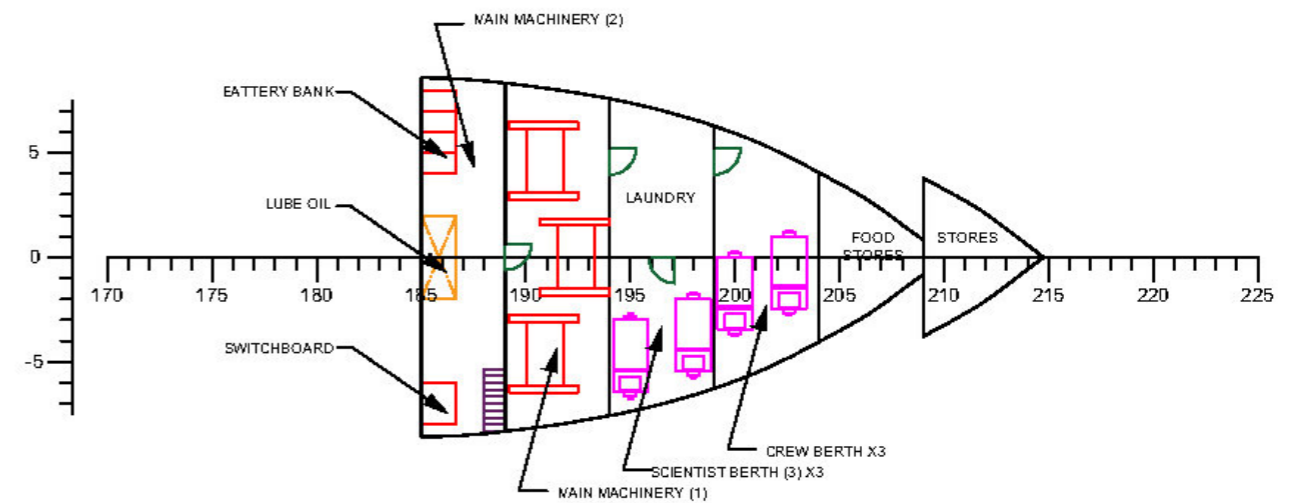
SECOND DECK



MAIN DECK




MACHINERY DECK



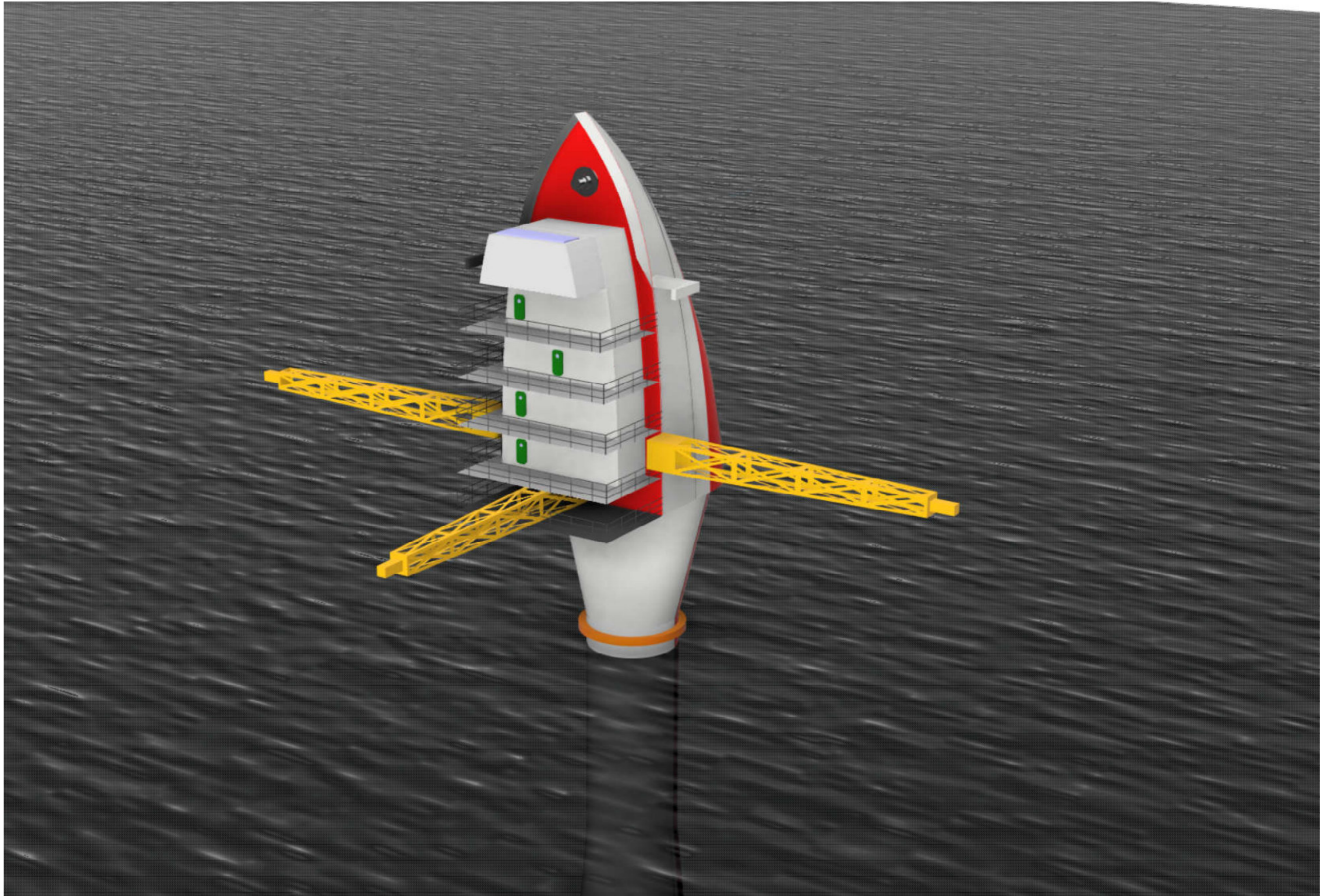
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

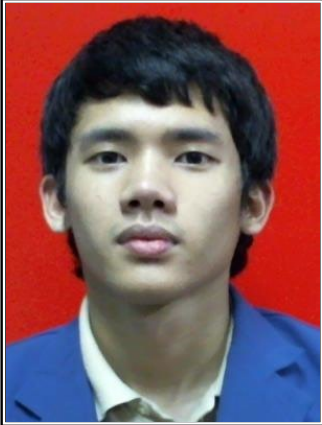
 DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY				
FLIP SHIP				
HORIZONTAL DECK PLAN				
Scale	:-	Signature	Date	Remarks
Drawn by	: Muhammed Adhik Arhan			0111210000066
Checked by	: Hasanudin, ST., MT.			A3

LAMPIRAN D
GAMBAR MODEL TIGA DIMENSI





BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Muhammad Adnin Anhar. Dilahirkan di Lhokseumawe pada 13 Desember 1993 silam, Penulis merupakan anak ke-8 dari 9 bersaudara di keluarga. Penulis tidak menyelesaikan pendidikan TK karena pekerjaan sang Ayah yang mengharuskan keluarga berpindah tempat, memulai pendidikan formal di SD Swasta 2 Yapena, melanjutkan ke SMP Swasta Yapena dan SMAN Modal Bangsa Arun. Setelah lulus SMA, Penulis diterima di Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS pada tahun 2012 melalui jalur kemitraan mandiri.

Di Departemen Teknik Perkapalan Penulis pada awalnya mengambil Program Studi Teknologi dan Manajemen Produksi Kapal namun beralih ke Desain Kapal karena satu dan lain hal. Selama masa studi di ITS, selain kuliah Penulis menjalani dan cukup menikmati kehidupannya jauh dari organisasi-organisasi kemahasiswaan namun pernah menangani kegiatan Semarak Mahasiswa Perkapalan (SAMPAN) yang diselenggarakan departemen beberapa kali, sebagai anggota.

Email: adnin.anhar13@gmail.com / adnin12@mhs.na.its.ac.id