



**TUGAS AKHIR - MN 184802**

**DESAIN *SMALL AUTONOMOUS PASSENGER FERRY* DI  
TELUK BINTUNI**

**Wahyu Rachmatdhani  
NRP 0411154000076**

**Dosen Pembimbing  
Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.**

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



---

**TUGAS AKHIR - MN 184802**

**DESAIN *SMALL AUTONOMOUS PASSENGER FERRY* DI  
TELUK BINTUNI**

**Wahyu Rachmatdhani  
NRP 0411154000076**

**Dosen Pembimbing  
Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.**

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



**FINAL PROJECT - MN 184802**

**DESIGN OF A SMALL AUTONOMOUS PASSENGER FERRY  
IN TELUK BINTUNI**

**Wahyu Rachmatdhani  
NRP 0411154000076**

**Supervisor  
Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.**

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

# LEMBAR PENGESAHAN

## DESAIN *SMALL AUTONOMOUS PASSENGER FERRY* DI TELUK BINTUNI

### 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:

**Wahyu Rachmatdhani**  
NRP 0411154000076

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing

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

Mengetahui,  
Kepala Departemen Teknik Perkapalan



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

SURABAYA, 13 JANUARI 2020

## LEMBAR REVISI

### DESAIN *SMALL AUTONOMOUS PASSENGER FERRY* DI TELUK BINTUNI

#### TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir  
Tanggal 6 Januari 2020

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

Oleh:

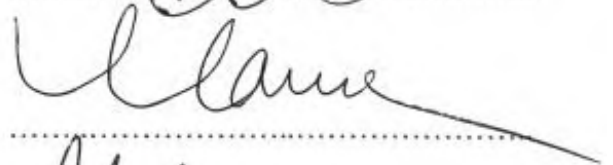
**WAHYU RACHMATDHANI**  
NRP 0411154000076

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

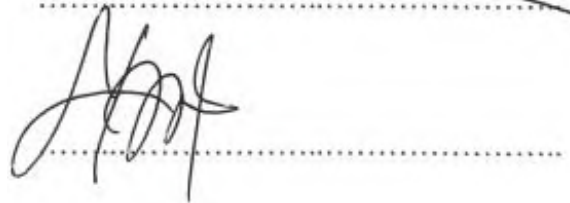
1. Dony Setyawan, S.T., M.Eng.



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

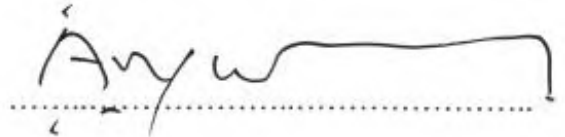


3. Danu Utama, S.T., M.T.



Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

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



SURABAYA, 13 JANUARI 2020

Dipersembahkan kepada kedua orang tua, keluarga, almamater, dan bangsa

## KATA PENGANTAR

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

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

1. Bapak Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing dan Kepala Departemen Teknik Perkapalan ITS atas bimbingan dan motivasinya selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
2. Bapak Totok Yulianto, S.T., M.T. selaku Dosen Wali selama menjalani masa perkuliahan di Departemen Teknik Perkapalan ITS;
3. Keluarga Penulis, Ibu Ririn Suhartiningsih, Bapak Wahyudiono, Wahyu Lufdiansyah, Wahyu Diah Satwika, Mbak Ara, dan Om Agung Sihwahyudi yang selalu memberikan do'a dan dukungan serta motivasi bagi Penulis;
4. Sholichatul Ilmiah, Nur Ahmad Dzikron, Iqbal Permana, Fajar Rahmanul Ichwan, Tyo Dwiki Prasetyo yang senantiasa menemani Penulis selama masa pengerjaan Tugas Akhir ini;
5. Anggota *fearful is real* yang senantiasa menemani Penulis selama masa perkuliahan;
6. Daffa, Ulay, Wikan, dan Cibang yang selalu menemani untuk mengerjakan Tugas Akhir sampai tengah malam di coftof Taman Aapsari.
7. Pratiwi Indy Lestari dan Angga Tyas Pratama yang senantiasa mendengarkan keluh kesah selama pengerjaan Tugas Akhir;
8. Teman-teman seperjuangan bimbingan Tugas Akhir;
9. Segenap keluarga besar P55 Samudraraksa dan UKAFO sebagai tempat pencarian jati diri Penulis selama masa perkuliahan;
10. Dan semua pihak yang telah membantu menyelesaikan Tugas Akhir ini, yang tidak dapat Penulis sebutkan satu persatu.

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

Surabaya, 13 Januari 2020

Wahyu Rachmatdhani

# DESAIN *SMALL AUTONOMOUS PASSENGER FERRY* DI TELUK BINTUNI

Nama Mahasiswa : Wahyu Rachmatdhani  
NRP : 0411154000076  
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan  
Dosen Pembimbing : Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.

## ABSTRAK

Teluk bintuni terdapat pelabuhan babo dan pelabuhan khusus milik Tangguh LNG. Tangguh LNG sedang menambah pekerja yang ditujukan bagi orang asli papua. Feri *autonomous* didesain untuk mengantarkan pekerja ini dari pelabuhan babo ke Tangguh LNG . Feri tidak mengharuskan adanya personil di atas kapal untuk beroperasi, tetapi ada operator yang mengawasi operasional kapal dari daratan (*ground control station*). Ini mengikuti acuan yang telah diberikan oleh Lloyd's Register (2016), AAWA (2016), DNV-GL (2018), dan Maritime UK (2018). Pekerjaan tugas akhir ini mengikuti metodologi *system based ship design* (SBSD) dikombinasikan dengan metode risk based ship design (RBSD). Untuk menerapkan kedua metode secara bersamaan, kedua metode ini sedikit disesuaikan agar sesuai dengan studi desain. *Pre hazard analysis* dilakukan untuk mengetahui keamanan kapal autonomous bila beroperasi, dari hasil analisis didapatkan sebanyak 67 *hazardous event* yang dapat terjadi. Diambil 9 penekanan untuk mendesain kapal ini yaitu, mencegah penumpang menaiki atap feri, mencegah penumpang tergelincir di dermaga, mencegah agar kapal tidak dicuri, mencegah agar penumpang gelap tidak memasuki kapal, meminimalkan konsekuensi dalam kasus penumpang gelap, mencegah hilangnya kontrol navigasi selama operasi, meminimalkan konsekuensi jika kehilangan kontrol navigasi terjadi, mencegah kegagalan sistem *emergency shutdown*, dan mencegah kebakaran di atas kapal. Perlunya dipertimbangkan desain sistem dok untuk dapat bekerja secara autonomous yaitu dengan menggunakan *vacuum mooring*. Agar kapal dapat menghindari tubrukan secara *autonomous* terdapat penambahan sensor berupa kamera dan LIDAR untuk dapat menganalisis keadaan lingkungan sekitar. Desain akhir kapal didapatkan kapal dengan ukuran panjang 26m, lebar 6.5m, dan tinggi 3.8m yang ditenagai dengan *battery* dan digerakan dengan motor listrik.

Kata kunci: *Autonomous*, *Hazard*, Feri, dan Desain.



# **DESIGN OF A SMALL AUTONOMOUS PASSENGER FERRY IN TELUK BINTUNI**

Author : Wahyu Rachmatdhani  
Student Number : 0411154000076  
Department / Faculty : Naval Architecture / Marine Technology  
Supervisor : Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.

## **ABSTRACT**

Teluk Bintuni has a Babo port and a special port owned by Tangguh LNG. Tangguh LNG is adding workers intended for indigenous Papuans. An autonomous ferry is designed to deliver these workers from the Babo port to Tangguh LNG. The ferry does not require personnel on board to operate, but there are operators who oversee ship operations from the mainland (ground control station). This follows the references given by Lloyd's Register (2016), AAWA (2016), DNV-GL (2018) , and Maritime UK (2018). This final project follows the system based ship design (SBSD) methodology combined with the risk based ship design (RBSD) method. To apply both methods simultaneously, the two methods are slightly adjusted to fit the design study. Pre hazard analysis is conducted to determine the safety of autonomous vessels when operating, from the analysis results obtained as many as 67 hazardous events that can occur. 9 stresses were taken to design this ship, prevent passengers from boarding the ferry's roof, prevent passengers from slipping on the dock, prevent the ship from being stolen, prevent illegal passengers from entering the ship, minimize the consequences in the case of stowaways, prevent loss of navigation control during operations, minimize the consequences if a loss of navigation control occurs, prevent system failure emergency shutdown, and prevent fires on the ship. It is necessary to consider the design of the docking system to be able to work autonomously by using vacuum mooring. In order for the ship to avoid collisions autonomously there are additional sensors in the form of cameras and LIDAR to be able to analyze the state of the surrounding environment. The final design of the ship obtained a ship with a length of 26m, width 6.5m, and height 3.8m which is powered by batteries and driven by an electric motor.

Key Words : Autonomous, Hazard, Ferry, and Design

# DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
HALAMAN PERUNTUKAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL .....	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Umum.....	1
1.2. Latar Belakang Masalah.....	1
1.3. Perumusan Masalah.....	4
1.4. Tujuan.....	5
1.5. Batasan Masalah.....	5
1.6. Manfaat.....	5
1.7. Hipotesis.....	5
BAB 2 STUDI LITERATUR.....	7
2.1. Umum.....	7
2.2. Dasar Teori.....	7
2.2.1. <i>Design Methods</i> .....	7
2.2.2. <i>The Generic Design Method</i> .....	7
2.2.3. <i>The Traditional Marine Design Method</i> .....	10
2.2.4. <i>The System Based Ship Design Method</i> .....	11
2.2.5. <i>The Risk Based Ship Design Method</i> .....	12
2.2.6. <i>Risk Assessment</i> .....	15
2.2.7. <i>Autonomy</i> .....	15
2.2.8. Sistem Navigasi .....	23
2.2.9. Passenger Ship.....	23
2.2.10. Kapal Feri .....	26
2.3. Tinjauan Pustaka .....	27
2.3.1. Penggolongan Tipe Kapal Feri .....	27
2.3.2. Hambatan Kapal .....	29
2.3.3. Stabilitas .....	34
2.3.4. <i>Identification of Hazards</i> .....	39
2.3.5. Tingkat Otonomi untuk Fungsi Navigasi .....	41
BAB 3 METODOLOGI .....	43
3.1. Umum.....	43
3.2. Diagram Alir Pembuatan Kapal .....	43
3.3. Proses Pengerjaan.....	44
3.3.1. <i>Mission Statement &amp; Functional Requirement</i> .....	44
3.3.2. <i>Concept Development</i> .....	44
3.3.3. <i>Detail Design</i> .....	45

3.3.4. <i>Verfication of Design</i> .....	45
3.3.5. Diagram Alir Metodologi Tugas Akhir .....	45
BAB 4 KONSEP DESAIN SISTEM <i>AUTONOMOUS</i> .....	49
4.1. Umum.....	49
4.2. Autonomous .....	49
4.3. <i>Remote</i> .....	50
4.3.1. Sistem Autonomous.....	51
4.3.2. Mode Operasional .....	54
4.4. Cara Kapal Mendekati Dermaga dan Berlabuh.....	58
BAB 5 PEMBUATAN DESAIN KAPAL .....	61
5.1. Umum.....	61
5.2. Penentuan Metode Desain .....	61
5.3. Deskripsi Pendekatan Metodologi .....	62
5.4. <i>Mission Statement &amp; Functional Requirement</i> .....	63
5.4.1. <i>Mission Statement &amp; Main Function</i> .....	64
5.4.2. Fungsi Terkait Keselamatan .....	64
5.4.3. <i>Pre Hazard Analysis</i> .....	65
5.4.4. Persyaratan Fungsional Terkait Keselamatan.....	70
5.5. <i>Concept Development</i> .....	71
5.5.1. Analisis Fungsional dan Kemungkinan Solusi.....	71
5.5.2. Penentuan Kapal untuk Berlabuh .....	74
5.5.3. Penentuan Sistem <i>Mooring</i> .....	76
5.5.4. <i>Konsiderasi Autonomous</i> .....	78
5.5.5. Estimasi Area yang Diperlukan di <i>Main Deck</i> .....	80
5.6. <i>Detail Design</i> .....	81
5.6.1. Penentuan Ukuran Utama Kapal .....	82
5.6.2. Pemodelan .....	82
5.6.3. Perhitungan Hambatan Kapal.....	85
5.6.4. Perhitungan Perkiraan Daya Mesin Induk.....	90
5.6.5. Penentuan Motor Listrik .....	92
5.6.6. Penentuan Baterai .....	92
5.6.7. Penentuan <i>Charger</i> .....	94
5.6.8. Perhitungan Berat dan Titik Berat LWT .....	95
5.6.9. Perhitungan berat dan titik berat DWT .....	101
5.6.10. Menggambar Rencana Umum Kapal.....	104
5.6.11. <i>Desain Fire and Safety Plan</i> .....	104
5.6.12. Pemodelan 3D.....	107
5.7. <i>Verification of Design</i> .....	108
5.7.1. Pengecekan Displacement .....	108
5.7.2. Pengecekan Freeboard .....	109
5.7.3. Pengecekan Stabilitas Kapal.....	110
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN .....	115
6.1. Kesimpulan.....	115
6.2. Saran.....	116
DAFTAR PUSTAKA.....	117
LAMPIRAN	
LAMPIRAN 1 <i>PRE HAZARD ANALYSIS</i>	
LAMPIRAN 2 PERHITUNGAN TEKNIS	

LAMPIRAN 3 GAMBAR RENCANA GARIS, RENCANA UMUM, *FIRE & SAFETY PLAN*, DAN MODEL 3D  
LAMPIRAN 4 DIAGRAM  
LAMPIRAN 5 BROSUR  
BIODATA PENULIS

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Kabupaten Teluk Bintuni.....	1
Gambar 1.2 Wilayah LNG Tangguh Port Tampak Satelit .....	2
Gambar 1.3 Pelabuhan Babo Tampak Satelit.....	2
Gambar 1.4 Wilayah Pelabuhan Bintuni Tampak Satelit.....	3
Gambar 1.5 Jalur Pelayaran Pelabuhan Babo Menuju Tangguh LNG.....	4
Gambar 2.1 Lima Fase Desain, Dimodelkan Setelah Tokoh Dalam Endal et al. (2011).....	8
Gambar 2.2 Desain Spiral yang Menggambarkan Proses Desain Generik .....	10
Gambar 2.3 <i>Spiral Design</i> .....	11
Gambar 2.4 <i>System Based Ship Design</i> .....	11
Gambar 2.5 Contoh Ilustrasi <i>Functional Analysis</i> .....	12
Gambar 2.6 <i>Risk Based Design and Inovation</i> .....	13
Gambar 2.7 Kerangka Kerja Tingkat Tinggi Untuk Desain Berbasis Risiko .....	14
Gambar 2.8 <i>Levels of Control</i> .....	21
Gambar 2.9 <i>Cruise Ship Costa Atlantica Delivered in 2000</i> .....	23
Gambar 2.10 <i>Passenger dan Car Ferry Normandie</i> .....	24
Gambar 2.11 <i>Fast Ferry Bonanza Express</i> .....	24
Gambar 2.12 <i>Passenger Ships</i> .....	25
Gambar 2.13 <i>Interior Area Demand</i> .....	25
Gambar 2.14 <i>World Largest Multi-purpose Ferry Skåne</i> .....	26
Gambar 2.15 Jumlah Perjalanan Berbanding Dengan Jarak Perjalanan .....	27
Gambar 2.16 <i>Double-ended Ferry</i> .....	28
Gambar 2.17 <i>Side Loading Ferry</i> .....	29
Gambar 2.18 Pergerakan Gaya Apung dan Berat pada Gangguan Rotasi Kecil.....	35
Gambar 2.19 Kondisi Stabilitas Positif .....	36
Gambar 2.20 Kondisi Stabilitas Netral.....	37
Gambar 2.21 Kondisi Stabilitas Negatif.....	37
Gambar 3.1 Diagram Alir Pembuatan Kapal.....	43
Gambar 3.2 Metodologi Tugas Akhir .....	47
Gambar 4.1 Diagram Sistem <i>Autonomous</i> .....	51
Gambar 4.2 Kondisi Normal Kapal Beroperasi Secara <i>Autonomous</i> .....	55
Gambar 4.3 <i>Ground Control Station</i> Diinformasikan Perencanaanya .....	56
Gambar 4.4 Operator Memberikan Konfirmasi dan Solusi.....	56
Gambar 4.5 Situasi Abnormal Memerlukan Intervensi Operator.....	57
Gambar 4.6 Diagram Kontrol <i>Autonomous</i> .....	58
Gambar 4.7 MoorMaster 200K <sup>12</sup> Specification.....	58
Gambar 4.8 Contoh <i>Automated Mooring Small Ferries</i> yg Diberikan Cavotec .....	59
Gambar 5.1 Kombinasi Metodologi SBSD dan RBSD.....	63
Gambar 5.2 Pilihan Beberapa Solusi Pengembangan Konsep Desain .....	72
Gambar 5.3 Penggambaran <i>End Loading</i> dan <i>Side Loading</i> .....	74
Gambar 5.4 Flap Barrier Gate .....	75
Gambar 5.5 Posisi Tiang Pada Pelabuhan .....	77
Gambar 5.6 Bumper .....	78

Gambar 5.7 Sudut Pandang Sensor Tampak Samping .....	79
Gambar 5.8 Sudut Pandang Sensor Tampak Depan.....	79
Gambar 5.9 Jarak Pandang Sensor Kamera dan LIDAR.....	80
Gambar 5.10 Pengukuran Tubuh Dalam Posisi Berdiri .....	80
Gambar 5.11 Pengukuran Tubuh dalam Posisi Duduk.....	81
Gambar 5.12 Estimasi Area Main Deck.....	81
Gambar 5.13 Penentuan <i>Zeropoint</i> Desain.....	82
Gambar 5.14 Pemilihan <i>Space</i> Antar <i>Station</i> .....	83
Gambar 5.15 Memberikan <i>Grid Spacing</i> Pada Desain.....	83
Gambar 5.16 Desain yang Sudah Diberikan <i>Control Point</i> .....	84
Gambar 5.17 Gambar Rencana Garis .....	84
Gambar 5.18 Torqeedo Deep Blue 100i 900 .....	92
Gambar 5.19 Deep Blue Battery “BMW i3 Series” .....	94
Gambar 5.20 Fast Charger 2900 W .....	94
Gambar 5.21 Gambar Rencana Umum.....	104
Gambar 5.22 Fire and Safety Plan.....	104
Gambar 5.23 3D Kapal.....	107
Gambar 5.24 (a) Bagasi Koper ; (b) Control Room ; (c) Flap Gate Barrier (tampak samping) ; (d) Flap Gate Barrier (Tampak depan) ; (e) Ruangan Penumpang ; (f ) Toilet .....	108

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 NHTSA's <i>Hierarchy of Automation Levels</i> .....	18
Tabel 2.2 <i>Lloyd's registers's Hierarchy of Automation Levels of Ships</i> .....	19
Tabel 2.3 Empat Konsep <i>Autonomous</i> .....	20
Tabel 2.4 <i>Level of Control Definitions</i> .....	21
Tabel 2.5 <i>Classes of MASS</i> .....	22
Tabel 2.6 Koefisien Bentuk <i>Stern</i> .....	32
Tabel 2.7 Lembar Kerja PHA.....	40
Tabel 2.8 Tingkat Otonomi untuk Fungsi Navigasi .....	41
Tabel 5.1 <i>Hazard, Hazardous Event, dan Penyebab</i> pada Kelompok Kapal .....	65
Tabel 5.2 <i>Hazard, Hazardous Event, dan Penyebab</i> pada Kelompok Lambung .....	66
Tabel 5.3 <i>Hazard, Hazardous Event, dan Penyebab</i> pada Kelompok <i>Autonomous System</i> ....	66
Tabel 5.4 <i>Hazard, Hazardous Event, dan Penyebab</i> pada Kelompok Sensor.....	66
Tabel 5.5 <i>Hazard, Hazardous Event, dan Penyebab</i> pada Kelompok <i>Software</i> .....	67
Tabel 5.6 <i>Hazard, Hazardous Event, dan Penyebab</i> pada Kelompok <i>Safety Systems</i> .....	67
Tabel 5.7 <i>Hazard, Hazardous Event, dan Penyebab</i> pada Kelompok <i>Battery</i> .....	67
Tabel 5.8 <i>Hazard, Hazardous Event, dan Penyebab</i> pada Kelompok <i>Charging System</i> .....	68
Tabel 5.9 <i>Hazard, Hazardous Event, dan Penyebab</i> pada Kelompok <i>Weight Distribution</i> .....	68
Tabel 5.10 <i>Hazard, Hazardous Event, dan Penyebab</i> pada Kelompok <i>Fire System</i> .....	68
Tabel 5.11 <i>Hazard, Hazardous Event, dan Penyebab</i> pada Kelompok <i>Superstructure</i> .....	68
Tabel 5.12 <i>Hazard, Hazardous Event, dan Penyebab</i> pada Kelompok <i>Passenger</i> .....	69
Tabel 5.13 <i>Hazard, Hazardous Event, dan Penyebab</i> pada Kelompok <i>Dock</i> .....	69
Tabel 5.14 <i>Hazard, Hazardous Event, dan Penyebab</i> pada Kelompok <i>Dock Mooring</i> .....	70
Tabel 5.15 Tahap Evalausi Pertama .....	73
Tabel 5.16 Tahap Evaluasi Kedua .....	73
Tabel 5.17 Tahap Evaluasi Ketiga.....	74
Tabel 5.18 Referensi Kapal Feri Menggunakan <i>Vacum Mooring</i> .....	77
Tabel 5.19 Penggunaan $C_{Stern}$ .....	86
Tabel 5.20 Harga <i>Effective Form Factor</i> .....	87
Tabel 5.21 Data untuk Perhitungan Daya Mesin Induk .....	91
Tabel 5.22 Spesifikasi Kecepatan dan Jarak Tempuh Mesin .....	92
Tabel 5.23 Spesifikasi Motor Listrik .....	92
Tabel 5.24 Spesifikasi <i>Battery</i> .....	93
Tabel 5.25 Kebutuhan Daya .....	93
Tabel 5.26 Daftar CSO .....	96
Tabel 5.27 Peralatan dan Perlengkapan.....	97
Tabel 5.28 Berat Loading Condition 1 .....	102
Tabel 5.29 Berat Loading Condition 3 .....	103
Tabel 5.30 Berat Loading Condition 4 .....	103
Tabel 5.31 Berat Loading Condition 5 .....	103
Tabel 5.32 Ketentuan Jumlah Minimum .....	105
Tabel 5.33 Perencanaan <i>Lifebuoy</i> .....	105
Tabel 5.34 Hasil Analisis Stabilitas Dengan Tangki Bermuatan 10% .....	112

Tabel 5.35 Hasil Analisis Stabilitas Dengan Tangki Bermuatan 50% .....	113
Tabel 5.36 Hasil Analisis Stabilitas Dengan Tangki Bermuatan Penuh .....	113



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Umum

Pada Bab ini berisikan tentang latar belakang adanya suatu permasalahan yang dijadikan sebagai topik utama dalam pembuatan Tugas Akhir, perumusan masalah dan batasan masalahnya, tujuan yang hendak dicapai, manfaat yang diperoleh, dan hipotesis dari penelitian Tugas Akhir ini. Pembahasan mengenai permasalahan akan dibahas pada sub bab perumusan masalah dan dari permasalahan tersebut diperlukan batasan masalah agar pembahasan tidak menyimpang jauh dari pembahasan utama yang dituliskan dalam sub bab batasan masalah. Sub bab tujuan serta manfaat akan menjelaskan mengenai apa saja yang akan diperoleh dalam pengerjaan Tugas Akhir ini. Sementara, dalam sub bab hipotesis berisi hipotesis dari penelitian yang akan dilaksanakan pada Tugas Akhir ini.

### 1.2. Latar Belakang Masalah

Kabupaten Teluk Bintuni memiliki luas wilayah 18.637 Km<sup>2</sup> atau 19.2% dari luas Provinsi Papua Barat. Secara administratif berdasarkan peraturan daerah (PERDA) Nomor 3 tahun 2007 tentang pembentukan distrik, Kabupaten Teluk Bintuni yang terdiri dari 10 distrik, pada 2007 dimekarkan menjadi 24 distrik. Kabupaten Teluk Bintuni yang terdiri dari 24 Distrik, terdapat 115 Kampung dan 2 Kelurahan yang dapat dilihat pada Gambar 1.1. (sippa. Ciptakarya.pu.go.id)



Gambar 1.1 Kabupaten Teluk Bintuni

Di Bintuni terdapat 3 dermaga laut/sungai yang dimanfaatkan untuk pelayanan penumpang umum yaitu: Pelabuhan Bintuni yang dapat dilihat pada Gambar 1.4, Pelabuhan Babo yang dapat dilihat pada Gambar 1.3, dan Pelabuhan Sumuri-Kelapa Dua. (sippa.ciptakarya.pu.go.id)



Gambar 1.2 Wilayah LNG Tangguh Port Tampak Satelit (googlemap.com)

Terdapat satu pelabuhan khusus milik negara di LNG Tangguh dengan kapasitas yang sangat besar digunakan khusus untuk kepentingan LNG Tangguh yang dapat dilihat pada Gambar 1.2.



Gambar 1.3 Pelabuhan Babo Tampak Satelit (googlemap.com)



Gambar 1.4 Wilayah Pelabuhan Bintuni Tampak Satelit (googlemap.com)

Tangguh mengadakan program pemagangan teknisi Tangguh LNG yang merupakan sebuah program yang bertujuan untuk mempersiapkan pesertanya dengan kemampuan teknis agar dapat menjadi teknisi andal dan siap bekerja baik di BP maupun dalam proyek migas lain. Program ini ditujukan bagi orang asli Papua yang berdomsili di Papua Barat dengan minimal berkependidikan SMU / SMK dan maksimum D4 dengan usia minimal 16 tahun dan maksimal 30 tahun. Program ini merupakan refleksi dari komitmen Tangguh LNG dalam mengembangkan tenaga kerja lokal menuju 85% pekerja asal Papua dan Papua Barat pada tahun 2029. Bersama program ini, Tangguh menciptakan sebuah wadah untuk mempersiapkan talenta lokal untuk Papua Barat yang lebih baik. (BP. 2019)

Dengan adanya program tersebut, Teluk Bintuni dapat mempercepat pertumbuhan industri di daerah, meningkatkan daya saing industri, meningkatkan daya saing investasi. Untuk menunjang semua itu diperlukan sarana transportasi yang memadai, salah satunya melalui transportasi laut. Diperlukanya kendaraan transportasi laut yang dapat mengangkut penumpang untuk menuju daratan yang dipisahkan oleh lautan dengan tepat waktu, dapat bekerja secara terus menerus yang tidak mengandalkan crew kapal, dan aman. Sistem autonomous merupakan salah satu solusi dari permasalahan ini.

Kendali *autopilot* merupakan hal yang sangat lumrah di era teknologi dan komunikasi yang semakin berkembang ini. Tugas manusia semakin terbantu dengan hadirnya teknologi berupa robot. Teknologi ini sudah mulai masuk pada dunia transportasi yang salah satunya adalah kapal tanpa awak. Dengan adanya teknologi robot atau kendali otomatis pada kapal tanpa awak atau yang biasa disebut *Unmanned Surface Vehicle (USV)*, maka kapal tersebut

diharapkan dapat membantu bahkan menggantikan tugas manusia dalam melakukan tugasnya (Damaranda & Aryawan, 2017).

Penelitian tentang kapal tanpa awak kendali *autopilot* sebelumnya sudah pernah dilakukan oleh Ericza Damaranda (2017) untuk menguji sistem kendali tersebut apabila diaplikasikan pada model kapal tanpa awak. Penelitian ini dilanjutkan kembali oleh Muh Hisyam Khoirudin (2019) yang mendapatkan gambar *general arrangement* baru menyesuaikan kebutuhan sistem yang ada di dalam model kapal, yaitu sistem propulsi, sistem auto pilot, dan sistem akusisi data sensor.

Kapal yang akan dikembangkan ini berupa *small autonomous passenger ferry* yang berada di Teluk Bintuni. Dengan adanya 3 dermaga yang dimanfaatkan untuk pelayanan penumpang umum yaitu Dermaga Bintuni, Dermaga Babo, dan Pelabuhan khusus milik LNG Tangguh, kapal ini didesain untuk mengantarkan penumpang dari pelabuhan babo menuju pelabuhan khusus milik negara di LNG Tangguh dengan jarak 44.5 Km yang dapat dilihat pada Gambar 1.5 (googlemap.com)



Gambar 1.5 Jalur Pelayaran Pelabuhan Babo Menuju Tangguh LNG (googlemap.com)

### 1.3. Perumusan Masalah

Permasalahan dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

- 1) Bagaimana cara memilih teori yang relevan untuk mendesain kapal *small autonomous passenger ferry*?
- 2) Bagaimana cara menentukan sistem autonomous pada kapal *passenger ferry*?
- 3) Bagaimana cara menentukan metode desain yang sesuai?
- 4) Bagaimana cara melakukan pengembangan konsep desain kapal?

- 5) Bagaimana cara melakukan penilaian keselamatan untuk meninjau masalah keselamatan?
- 6) Bagaimana cara melakukan desain detail kapal dengan menganalisis dan memverifikasi konsep?

#### **1.4. Tujuan**

Tujuan umum dari penulisan Tugas Akhir ini adalah untuk menentukan desain terbaik untuk sebuah *small autonomous passenger ferry* yang beroperasi di Teluk Bintuni. Sedangkan, tujuan khusus dari penulisan Tugas Akhir ini adalah:

- 1) Menjelaskan teori yang relevan untuk mendesain *small autonomous passenger ferry*.
- 2) Menentukan sistem autonomus pada kapal *passenger ferry*.
- 3) Menentukan metode desain yang sesuai.
- 4) Melakukan pengembangan konsep desain kapal
- 5) Melakukan penilaian keselamatan untuk meninjau masalah keselamatan.
- 6) Melakukan desain detail kapal dengan menganalisis dan memverifikasi konsep.

#### **1.5. Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

- 1) Tidak mendesain program autonomus pada kapal *passenger ferry*.
- 2) Tidak melakukan perhitungan perancangan konstruksi kapal pada kapal *passenger ferry*.
- 3) Kondisi perairan dikondisikan pada keadaan air tenang.
- 4) Perhitungan yang digunakan dalam Tugas Akhir ini merupakan teori pendekatan dengan menggunakan rumus-rumus yang ada.
- 5) Penggunaan Kapal terbatas di Teluk Bintuni.

#### **1.6. Manfaat**

Dari Tugas Akhir ini diharapkan dapat diambil manfaat sebagai berikut:

- 1) Sebagai referensi bagi pelaku usaha pelayaran mengenai pengaplikasian dan penelitian autonomus pada kapal *passenger ferry* di Indonesia.
- 2) Sebagai referensi mendesain kapal *autonomous small passenger ferry* yang dapat dipelajari mahasiswa dengan harapan dapat dikembangkan.

#### **1.7. Hipotesis**

Desain *small autonomous passenger ferry* ini dimungkinkan dapat dikembangkan lebih lanjut untuk mendukung penelitian dan pengembangan tentang kapal tanpa awak di Indonesia.

Halaman ini sengaja dikosongkan

## **BAB 2**

### **STUDI LITERATUR**

#### **2.1. Umum**

Pada Bab ini berisi dasar teori dan tinjauan pustaka yang dijadikan dasar pengerjaan dan referensi pengerjaan Tugas Akhir. Pada sub bab dasar teori berisikan teori tentang *design methods, the generic design method, the traditional marine design method, the system based ship design method, the risk based ship design method, risk assessment, autonomy*, sistem navigasi, sistem autopilot, *passenger ship* dan kapal feri. Sementara, pada sub bab tinjauan pustaka berisikan referensi tentang penggolongan tipe kapal feri, hambatan kapal, stabilitas, *identification of hazards*, dan tingkat otonomi untuk fungsi navigasi.

#### **2.2. Dasar Teori**

Dasar teori berisi uraian singkat tentang landasan teori yang mempunyai keterkaitan langsung dan digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dalam Tugas Akhir ini.

##### **2.2.1. Design Methods**

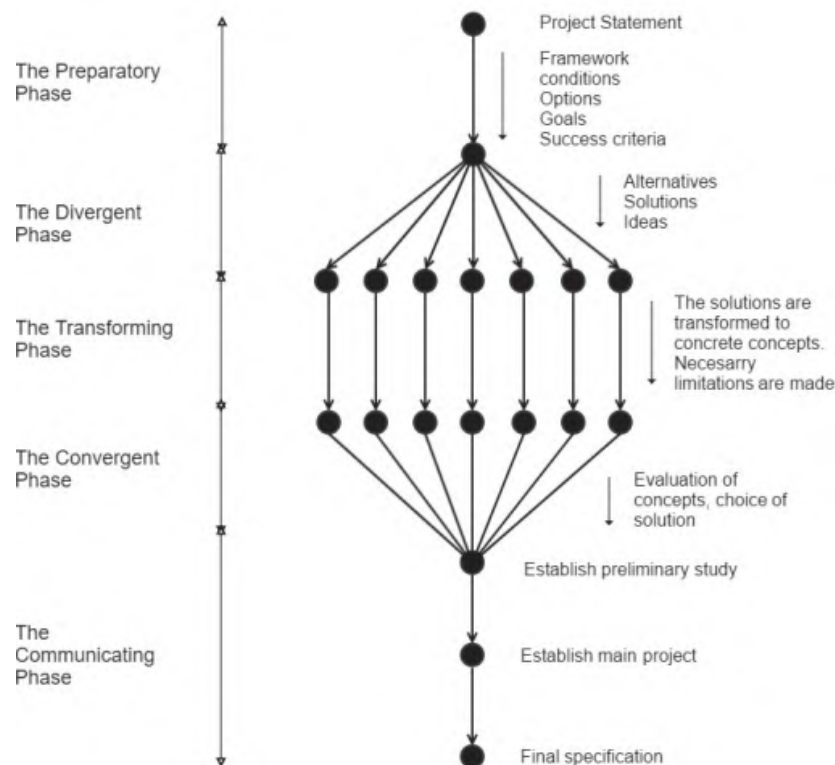
Tujuan dari desain adalah merencanakan pencapaian tujuan tertentu dengan menggunakan jumlah sumber daya yang minimum dalam batas yang diberikan. Endal et al (2011) mendefinisikan desain sebagai perencanaan perusahaan masa depan. Desain adalah proses yang kompleks di mana kreativitas dan analisis diperlukan untuk kesuksesan. Itu tergantung pada intuisi perancang maupun kualitas manusia dimana sedikit pengetahuan yang presisi untuk dapat melakukannya. Dengan alasan ini, pengembangan bidang telah bergerak ke arah metode desain daripada teori. (Havdal, Heggelund and Larssen, 2017)

##### **2.2.2. The Generic Design Method**

Proses desain ditandai dengan ujung terbuka. Tujuannya jelas, tetapi solusi final untuk mencapainya tidak diketahui. Ini membuat ruang bagi para desainer untuk menggunakan kekuatan kreatifitas pribadi mereka. Asumsi yang diperlukan dibuat pada awalnya untuk memungkinkan proses desain dan dievaluasi pada tahap selanjutnya untuk menentukan keberhasilan mereka. Asumsinya jarang benar dan biasanya perlu modifikasi agar lebih sesuai dengan tujuan. Ini merupakan proses berulang untuk meningkatkan asumsi awal ini. Perancang menggunakan wawasan yang didapat dari cacat asumsi pertama untuk meningkatkan solusi

akhir dalam iterasi berikutnya. Solusi yang memenuhi tujuan dan tuntutan awal secara bertahap diperoleh melalui proses ini. Jumlah iterasi yang diperlukan tergantung pada kompleksitas tugas serta kemampuan perancang untuk membuat asumsi yang baik. (Endal et al., 2011)

Ada beberapa definisi proses desain. Struktur umum adalah membagi proses menjadi lima fase. Pekerjaan dimulai pada fase persiapan diikuti oleh fase divergen dan transformasi. Di sini, tujuan dan batasan ditetapkan sebelum solusi yang mungkin disarankan dan diubah menjadi konsep konkret. Selanjutnya, solusi dievaluasi dalam fase konvergen. Beberapa dari mereka dihilangkan. Akhirnya, solusi terbaik disajikan untuk pelanggan dalam fase berkomunikasi. Proses yang lengkap disajikan pada Gambar 2.1. Proses yang sama ini kadang-kadang dijelaskan hanya menggunakan tiga fase. Desain kemudian diperoleh melalui fase konsep, fase pra-proyek, dan fase proyek utama. Fase konsep mencakup tiga fase pertama dari divisi sebelumnya. Fase pra-proyek dimaksudkan untuk mengumpulkan informasi yang lebih terperinci dari konsep yang dipilih pada fase konsep. Informasi terperinci membentuk dasar untuk evaluasi akhir konsep sebelum diselesaikan dalam fase proyek utama. Di sini spesifikasinya ditetapkan. (Erichsen, 1999)



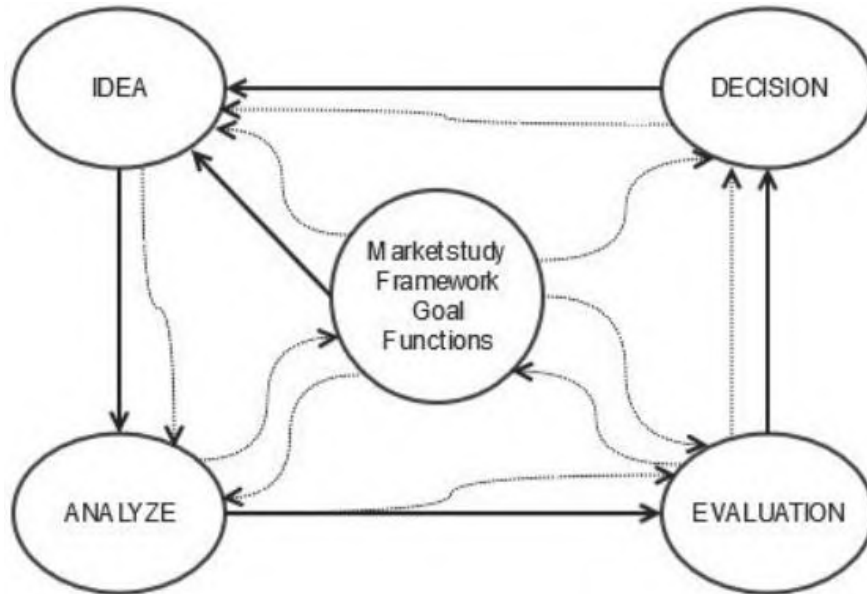
Gambar 2.1 Lima Fase Desain, Dimodelkan Setelah Tokoh Dalam Endal et al. (2011)

Ilustrasi alternatif dari proses desain ditemukan pada Gambar 2.2. Proses mengikuti garis padat pada gambar, dimulai dari tengah. Tugas pertama terdiri dari menemukan semua



informasi latar belakang yang relevan dan mengatur kondisi kerangka kerja. Studi tentang kondisi pasar dan kerangka kerja diperlukan untuk menemukan keterbatasan desain. Sasaran selanjutnya ditentukan dan semua sasaran untuk proyek ditetapkan sesuai dengan ini. Langkah selanjutnya adalah mengembangkan ide untuk konsep yang berbeda. Konsep-konsep dikembangkan ke tingkat detail yang memuaskan, sebelum pindah ke langkah berikutnya. Di sini konsep dianalisis untuk menentukan kegunaan konsepnya. Analisis dapat mencakup perhitungan pada resistensi, stabilitas dan daya penggerak yang diperlukan. Konsep yang tidak memuaskan dibuang. Langkah selanjutnya adalah mengevaluasi konsep yang tersisa. Konsep dapat dievaluasi pada kriteria yang berbeda, seperti kinerja ekonomi kinerja lingkungan, dan kinerja keselamatan. Berdasarkan evaluasi, keputusan harus dibuat tentang konsep apa yang harus dipilih. Keputusan akan dipengaruhi oleh kriteria apa yang diberi penekanan tertinggi. Jika biaya lebih penting daripada kinerja keamanan, konsep yang lebih murah akan dipilih daripada yang lebih aman. Proses menghasilkan penentuan desain akhir. Jika tidak memuaskan, iterasi baru melalui spiral dimulai untuk melakukan perbaikan pada desain. Jika dibandingkan dengan Gambar 2.1, jelas kedua ilustrasi menggambarkan pendekatan yang sama. Pusat spiral desain sama dengan fase divergen dan transformasi dan kotak analisis sama dengan fase konvergen. Akhirnya, kotak evaluasi sama dengan fase berkomunikasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.

Proses desain dalam praktiknya tidak semudah yang dijelaskan dalam gambar. Kondisi kerangka kerja yang diabaikan dapat mengakibatkan biaya besar di kemudian hari dalam proyek. Informasi baru sering ditemukan pada tahap akhir dalam proses dan oleh karena itu lebih cenderung bergerak bolak-balik di antara fase. Sebuah konsep mungkin diambil untuk tahap analisis, di mana ditemukan bahwa itu tidak layak dilakukan ke permukaan kondisi kerangka baru. Proses desain kemudian harus kembali ke fase ide untuk mempertimbangkan desain kendali. Garis putus-putus dalam spiral desain lebih baik menggambarkan bagaimana kemajuan biasanya berlangsung. Informasi baru yang ditemukan di akhir proyek dapat mempengaruhi keputusan sebelumnya, sehingga perlu untuk kembali dan mengubah misalnya kondisi kerangka kerja atau keputusan desain tertentu.

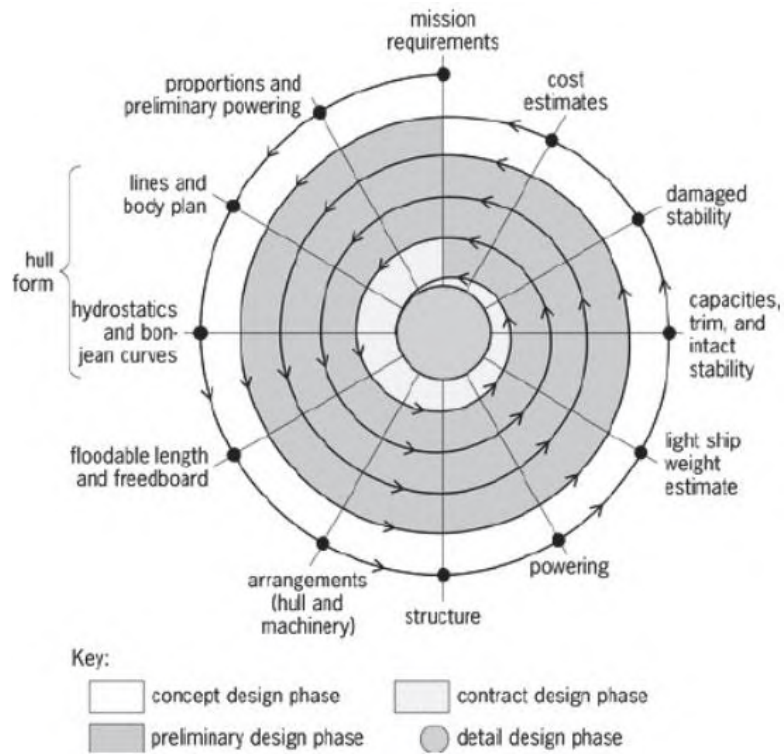


Gambar 2.2 Desain Spiral yang Menggambarkan Proses Desain Generik (Aanondsen, 2017)

### 2.2.3. *The Traditional Marine Design Method*

Proses desain secara tradisional didasarkan pada prinsip yang sama seperti yang dijelaskan dalam bagian sebelumnya, hanya berfokus langsung pada *naval projects*. Dalam *marine design*, prosesnya paling sering digunakan untuk desain kapal. Proses awalnya didasarkan pada orang berpengalaman dengan lautan. Desainer hari ini dapat lebih mengandalkan fondasi ilmiah di perhitungan mereka. Proses desain kelautan tidak secara langsung berlaku untuk sistem lain, meskipun ada kesamaan dengan proses generik. Dalam desain kelautan, keseluruhan sistem lebih menonjol. Perubahan kecil di satu bagian desain mungkin berdampak besar pada beberapa bagian lainnya. (Endal et al., 2011)

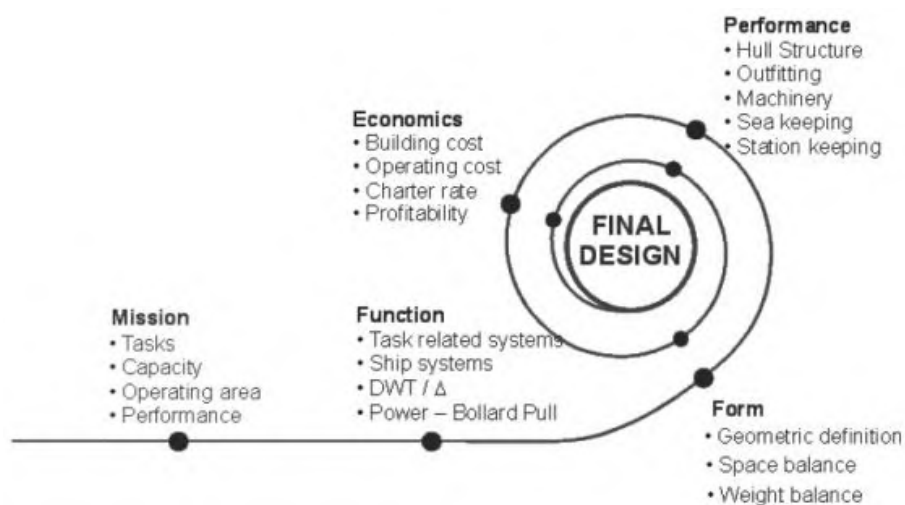
Proses *marine design* sering dideskripsikan dengan spiral desain. Karena kapal adalah sistem yang kompleks, mustahil untuk menentukan semua faktor dan variabel secara bersamaan. Pendekatan desain spiral dimulai dengan mempertimbangkan kapal yang ada mirip dengan yang sedang dirancang. Spiral kemudian memandu desainer melalui proses berulang menentukan variabel yang diperlukan secara tertib, dengan kapal yang ada sebagai dasar (Endal et al., 2011). Ini berfungsi sebagai panduan saat memilih urutan di mana perhitungan akan dilakukan. Urutan perhitungan dan keputusan yang optimal akan mengurangi total beban kerja dan meningkatkan peluang hasil yang baik. Gambar 2.3 menunjukkan contoh klasik desain spiral, seperti yang pertama kali disampaikan oleh Evans (1959).



Gambar 2.3 Spiral Design (Evans, 1959)

#### 2.2.4. The System Based Ship Design Method

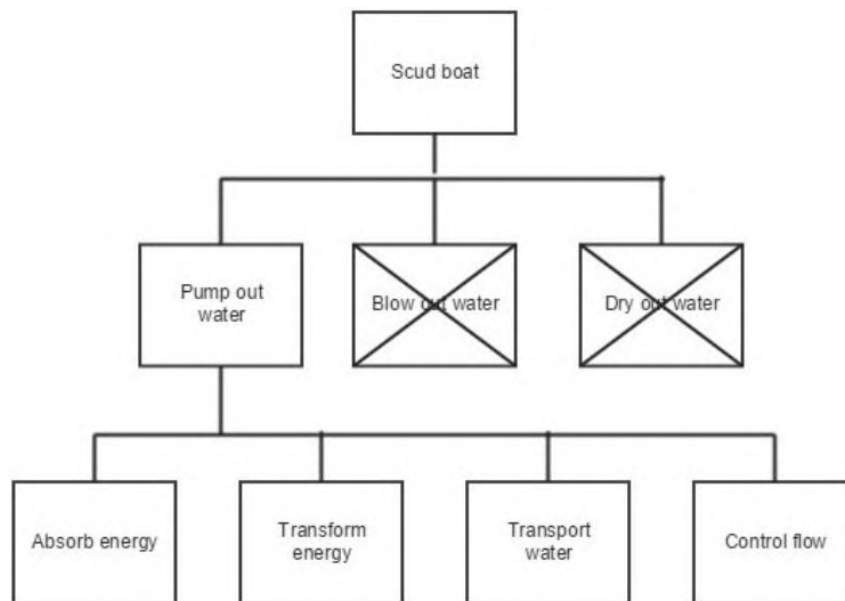
*System Based Ship Design* (SBSD) ditemukan oleh Kai Levander. Ini pertama kali disajikan di *International Marine Design Conference* pada tahun 1991 di Jepang, (Levander, 1991). Pendekatan ini mengurangi jumlah loop yang diperlukan untuk menemukan solusi yang baik, dibandingkan dengan pendekatan *traditional marine design*. Ini membantu meluruskan desain spiral, metode ini dapat dilihat pada Gambar 2.4 (Erikstad dan Levander, 2012).



Gambar 2.4 System Based Ship Design (Dudin & Gaspar, 2016)

Pendekatan SBSD dimulai dengan pernyataan misi untuk kapal. Pernyataan dasar ini untuk mendefinisikan fungsi fungsi kapal yang relevan. Fungsi utama suatu produk ditentukan

dari pernyataan misi untuk produk. Setelah fungsi utama diatur, solusi yang mungkin untuk memenuhi fungsi utama ini dipertimbangkan. Ketika solusi yang tepat dipilih, sub fungsi yang relevan ditentukan. Ini adalah fungsi yang diperlukan untuk solusi akhir untuk beroperasi sesuai keinginan, dan umumnya dikenal sebagai persyaratan fungsional untuk solusi. Jakobsen (1990) menggambarkan pendekatan analisis fungsional ini dalam bukunya “Produktutvikling”. Render dari ilustrasinya disajikan pada Gambar 2.5.



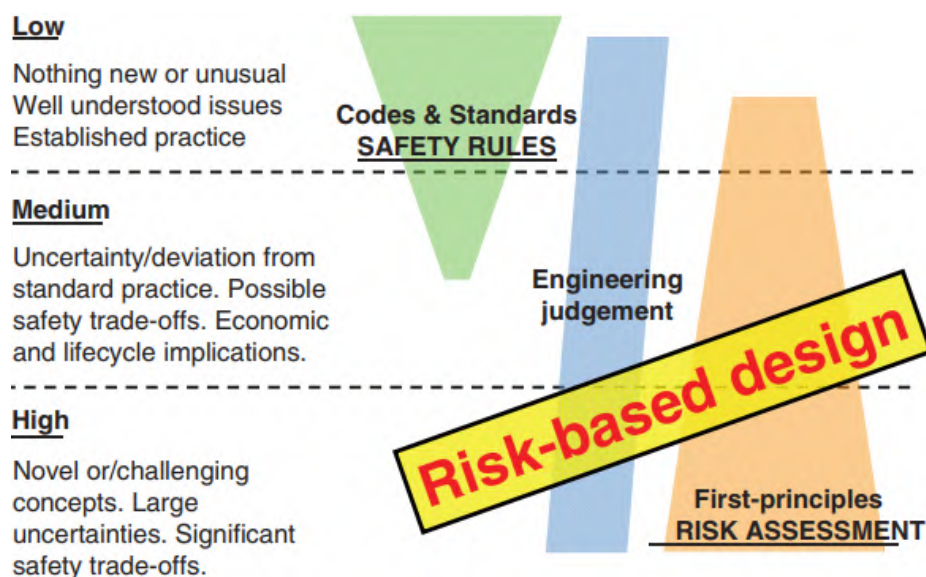
Gambar 2.5 Contoh Ilustrasi *Functional Analysis* (Jakobsen, 1990)

Setelah ditetapkan, persyaratan fungsional diubah lebih lanjut menjadi data input yang relevan untuk proses desain. Input ini terdiri dari permintaan dan preferensi untuk pengoperasian kapal, berdasarkan persyaratan fungsional. Selanjutnya, mereka akan menentukan kapasitas kapa yang diperlukan. Ini dicapai dengan menerapkan input dalam parametrik eksplorasi yang akan membentuk dimensi utama sambil memenuhi persyaratan kapasitas. Setelah dimensi utama ditentukan, kinerja kapal diatur. Ini termasuk kecepatan, daya tahan, dan peralatan keselamatan. Terakhir, biaya bangunan dan operasi ekonomi dihitung (Levander, 2012).

### 2.2.5. *The Risk Based Ship Design Method*

Diskusi baru-baru ini di IMO tentang standar berbasis sasaran telah memunculkan istilah “*Safety-Level*” yang menetapkan tingkat seumur hidup dari “risiko” yang dapat diterima yang terkait dengan konsep kapal tertentu dan dengan demikian menjadi filosofi panduan baru untuk mencapai biaya keselamatan secara efektif. Namun, apa yang disyaratkan ini bukanlah tugas yang kejam; itu tidak lain adalah kemampuan untuk mengukur risiko siklus hidup kapal

dengan mempertimbangkan semua tindakan keselamatan secara “pasif” (desain) dan “aktif” (operasional) dan untuk melakukannya selama tahap desain konsep dengan kendala biaya dan waktu yang sangat ketat. Ini adalah usaha yang sangat besar dan menarik, tetapi manfaatnya akan sangat besar dan karenanya investasi untuk mewujudkan cara yang efisien untuk mengukur keselamatan akan dibenarkan. Gagasan “risiko” biasanya dikaitkan dengan peristiwa yang tidak diinginkan dan operasi pengiriman tidak diragukan lagi “berisiko”; kapal harus dirancang dengan mempertimbangkan hal ini. Untuk menangani keselamatan secara eksplisit, kerangka kerja yang konsisten dan transparan perlu diadopsi untuk ketentuannya. Dalam hal ini, Perhitungan eksplisit dan penggunaan risiko dianggap untuk menyediakan cara yang paling fleksibel untuk membuat kerangka kerja seperti itu. Karenanya pertimbangan keselamatan yang eksplisit setara dengan mengevaluasi risiko selama desain; maka istilah ini dianggap *Risk Based Design* (RBD). Penerapan RBD bias terhadap konsep desain dengan tingkat inovasi yang tinggi (lihat Gambar 2.6). Karena itu, dibutuhkan untuk menggunakan pengetahuan dalam segala bentuknya: praktik terbaik, penilaian teknis, alat dan data yang mendukung; semua bagian dari *quantitative risk analysis* (QRA). (Papanikolaou,2009)



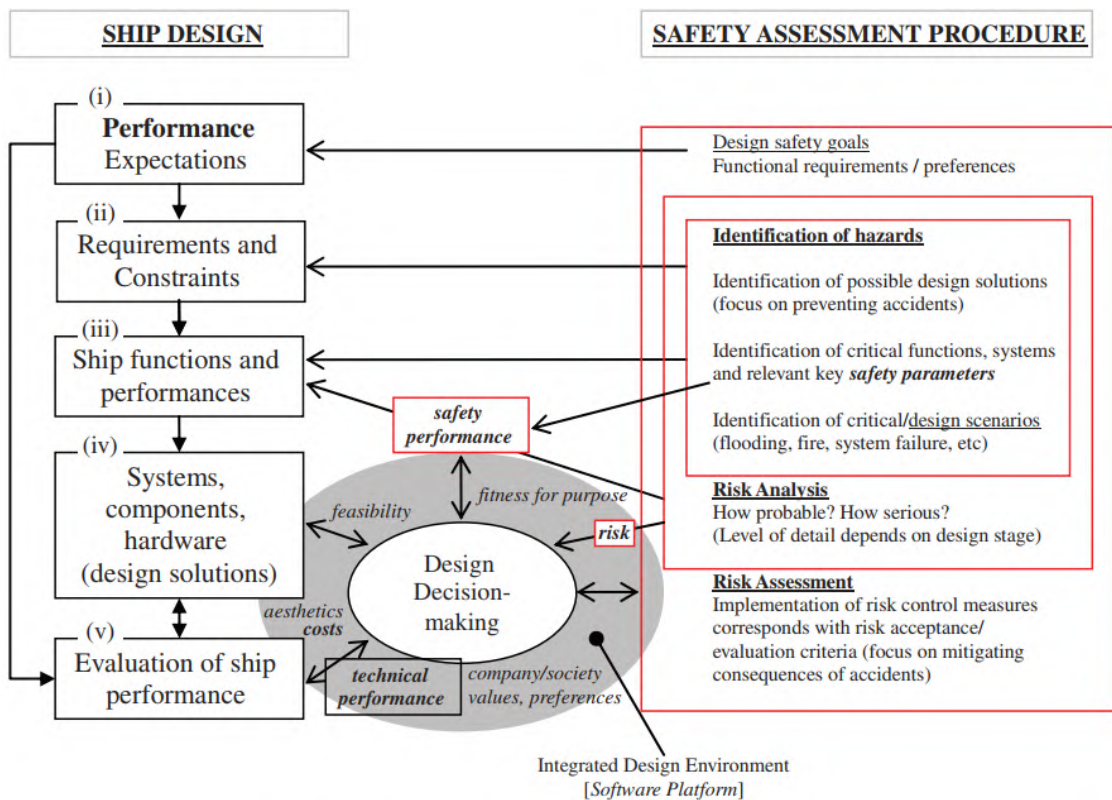
Gambar 2.6 *Risk Based Design and Inovation* (Papanikolaou,2009)

Kemajuan penting yang dapat diatribusikan kepada RBD adalah perlakuan keselamatan yang eksplisit, rasional, dan hemat biaya. Untuk mencapai ini, prinsip-prinsip berikut perlu diikuti:

1. Ukuran keselamatan yang konsisten harus digunakan dan prosedur yang diformalkan dari kuantifikasi yang diadopsi (analisis risiko). Agar ini bisa dilaksanakan, mengingat kompleksitas apa yang merupakan keselamatan, diperlukan fokus yang jelas pada

keselamatan utama (kategori kecelakaan utama). Banyak prosedur formal untuk kuantifikasi risiko, penilaian risiko, dan manajemen risiko ada dalam berbagai konteks (misalnya *forma safety assessment* (FSA) dalam pembuatan aturan, *safety case* untuk desain / solusi operasional tertentu, dll). Sisi kanan Gambar 2.7 Menggambarkan elemen-elemen dari “proses penilaian keselamatan” yang khas. (Papanikolaou,2009)

2. Prosedur tersebut harus diintegrasikan dalam proses desain untuk memungkinkan pertukaran antara keselamatan dan faktor desain lainnya dengan memanfaatkan tumpang tindih antara kinerja, pertimbangan biaya siklus hidup, fungsionalitas dan keselamatan. Antarmuka antara proses desain kapal dan prosedur penilaian keselamatan diilustrasikan pada Gambar 2.7. Akibatnya, Informasi tambahan tentang kinerja keselamatan dan risiko akan tersedia untuk pengambilan keputusan desain dan optimasi desain. (Papanikolaou,2009)



Gambar 2.7 Kerangka Kerja Tingkat Tinggi Untuk Desain Berbasis Risiko (Papanikolaou,2009)

3. Mempertimbangkan tingkat perhitungan yang mungkin diperlukan untuk mengatasi semua masalah keselamatan yang terkait dan efek perubahan desain terkait keselamatan pada fungsionalitas dan kinerja lainnya, diperlukan penanganan yang berbeda; yaitu, penggunaan model parametrik untuk memungkinkan pertukaran melalui tumpang tindih di tingkat parameter dan akses ke alat prinsip pertama yang cepat dan akurat. Proses optimasi desain menjadi kasus khas dengan masalah optimasi multi-objektif dan multi-kriteria. Model desain

kapal yang umum dikelola dengan lingkungan desain yang terpadu (*software*) juga akan diperlukan agar proses tersebut dilakukan secara efisien. (Papanikolaou,2009)

Prinsip-prinsip RBD tersebut tercermin dalam definisi tingkat tinggi yang diumumkan oleh SADEFOR: RBD adalah metodologi formal yang mengintegrasikan penilaian risiko secara sistematis dalam proses desain dengan pencegahan / pengurangan risiko yang tertanam sebagai tujuan desain, bersama dengan tujuan desain “konvensional”. Kunci untuk memahami RBD adalah integrasi penilaian risiko dalam proses desain dan pengambilan keputusan untuk mencapai tujuan desain keseluruhan, tetapi juga sebagai bagian dari iterasi paralel (bersamaan) dalam prosedur penilaian keselamatan untuk memenuhi tujuan / sasaran terkait keselamatan, seperti yang digambarkan oleh kerangka kerja tingkat tinggi pada Gambar 2.7 (Papanikolaou,2009)

#### **2.2.6. Risk Assessment**

Penilaian risiko adalah keseluruhan proses melakukan analisis risiko dan evaluasi risiko. Analisis risiko adalah penggunaan informasi yang tersedia untuk mengidentifikasi bahaya dan memperkirakan risiko yang terkait dengan bahaya individu terkait dengan orang, lingkungan, dan properti. Ini bersifat proaktif karena berurusan dengan potensi kecelakaan dan bukan kecelakaan sebelumnya (Rausand,2013). Evaluasi risiko adalah proses menilai apakah suatu risiko dapat diterima atau tidak. Ini akan melibatkan perbandingan hasil analisis risiko dengan beberapa kriteria penerimaan risiko yang ditetapkan. (Rausand, 2013)

Salah satu pendekatan yang mungkin untuk penilaian risiko adalah *Formal Safety Assessment* (FSA) yang dikembangkan oleh IMO untuk mendukung pengambilan keputusan ketika mengembangkan regulasi. Pedoman IMO untuk FSA disetujui pada tahun 2002 (IMO VEGA, 2002). Pedoman menggambarkan lima langkah FSA secara terperinci:

1. Identifikasi *hazards*
2. Analisis risiko
3. Pilihan pengendalian risiko
4. Analisis manfaat biaya
5. Rekomendasi untuk pengambilan keputusan

#### **2.2.7. Autonomy**

Kata *autonomy* berasal dari kata Yunani *autonomos* yang merupakan kombinasi *autos* yang berarti “diri” dan *nomos* yang berarti “hukum”. Dikombinasikan memiliki arti berupa “memiliki hukumnya sendiri”. Kata *otonomi* digunakan untuk menjelaskan kemerdekaan untuk

negara dan masyarakat dan juga telah diadopsi untuk menjelaskan teknologi yang menghasilkan keputusan dan melakukan tugas tanpa interaksi manusia (Oxford Living Dictionaries, 2017).

Merancang kendaraan otonom memperkenalkan parameter baru dan kendala dalam proses desain. Desain harus dapat bekerja dan merespons dengan benar dalam kerja bersamaan dengan benar dan dengan sistem otonom, itu harus cukup aman dan harus disetujui oleh regulasi. (Havdal, Heggelund and Larssen, 2017)

Istilah *Unmanned Surface Vehicle (USV)* atau *Autonomous Surface Vehicle (ASV)* atau Kapal Tanpa Awak dimaksudkan untuk wahana yang dioperasikan pada permukaan air tanpa awak. USV dikendalikan autopilot dengan memberikan perintah- perintah seperti *waypoint*, melalui *Ground Control Station (GCS)*. USV dapat mengolah data-data pergerakan dan pengamatan lalu mengirimkannya ke GCS secara *real time* melalui sistem komunikasi nirkabel. USV sebenarnya telah diujicobakan sejak Perang Dunia II, namun belum terlalu dikenal karena kapal-kapal pengintai tanpa awak generasi awal seperti OWL Mk II masih diklasifikasikan sebagai *Autonomous Underwater Vehicle (AUV)*. Dilanjutkan tahun 1944, Kanada mengembangkan konsep torpedo COMOX sebelum penyerangan ke Normandia. Setelah Perang Dunia II penggunaan USV menjadi lebih berkembang, di antaranya untuk mengambil sampel air yang terkena radioaktif setelah pemboman Able dan Baker di Atol Bikini tahun 1946. USV juga sangat berguna dalam bidang pengamatan wilayah, pengintaian, dan patroli karena memiliki kemampuan yang lebih baik dibandingkan menggunakan radar, namun lebih murah dibandingkan memperbanyak kapal komersial maupun pesawat terbang serta lebih fleksibel daripada yang dapat dilakukan oleh kapal komersial. (Khoirudin & Aryawan, 2019)

Namun, saat ini penggunaan sistem autonomous tidak terbatas pada kegiatan patroli, melainkan kegiatan apa saja yang dapat membantu kegiatan manusia seperti sarana transportasi Laut. Dengan adanya sistem autonomous, campur tangan manusia dapat diminimalkan sehingga dapat memperkecil resiko yang diakibatkan oleh kesalahan manusia.

Pengembangan *Maritime Autonomous Surface Ships (MASS)* terus berlanjut dengan kecepatan yang sangat signifikan selama beberapa tahun terakhir dengan semakin banyak kapal yang beroperasi sepanjang waktu. Mereka datang dalam berbagai ukuran dan memiliki seperangkat kemampuan operasional yang sangat beragam yang semuanya menempatkan tuntutan unik mereka sendiri pada mereka yang memiliki dan mengoperasikannya dan sisanya dari komunitas Maritim. MASS adalah elemen pengembangan sistem *Robotics and Artificial Intelligence (RAI)* di berbagai sektor transportasi. (Maritime UK, 2018)



Istilah MASS telah diadopsi oleh *Maritime Safety Committee* (MSC) dari *International Maritime Organization* (IMO) untuk latihan pelingkupan mereka yang diterima di MSC 98 pada 13 Juni 2017. Ringkasan Eksekutif pengajuan untuk Latihan Pelingkupan mengakui bahwa penggunaan MASS menciptakan kebutuhan akan kerangka kerja peraturan untuk kapal-kapal semacam itu dan interaksinya serta koeksistensi dengan kapal-kapal berawak. Dokumen ini mengundang komite (*Maritime Safety*) untuk melakukan latihan pelingkupan peraturan untuk menetapkan sejauh mana kebutuhan untuk mengubah kerangka peraturan untuk memungkinkan operasi MASS yang aman, berkelanjutan, dan ramah lingkungan dalam IMO yang ada'. (Maritime UK, 2018)

Beberapa organisasi pada saat ini sedang bekerja dalam mendefinisikan perbedaan tingkat *autonomy*. Kedua Lloyd's *register* dan National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) telah menyatakan definisi *autonomy* dan tingkatan *autonomy* milik mereka. Definisi Lloyd's Register's berlaku untuk kapal, sementara definisi NHTSA adalah umum, tetapi didasarkan pada kendaraan darat. Definisi-definisi ini akan menjadi penting dalam mendefinisikan aturan dan peraturan yang terkait kapal *autonomous*. Kapal yang sepenuhnya *autonomous* tidak akan memiliki kapten atau awak. Ini menyiratkan tantangan terkait dengan keselamatan penumpang, aspek teknis dan kepatuhan terhadap aturan dan peraturan. Saat ini tidak ada aturan yang tersedia yang menentukan persyaratan untuk jenis kapal ini. Otoritas Maritim Norwegia secara aktif terlibat dalam pengembangan peraturan tersebut. (Havdal, Heggelund and Larssen, 2017)

Tidak mudah untuk mendefinisikan apa kendaraan *autonomous* itu dan definisi yang berbeda pun tersedia. United States Department of Transportation mendefinisikan kendaraan otomatis sebagai berikut : Kendaraan otomatis adalah yang paling tidak memiliki beberapa aspek keselamatan-kritis fungsi kontrol (misal, kemudi, *throttle*, atau pengereman) terjadi tanpa input driver langsung. Kendaraan otomatis mungkin *autonomous* (contoh, hanya menggunakan sensor kendaraan) atau dapat dihubungkan (misal, Menggunakan sistem komunikasi seperti teknologi kendaraan yang terhubung, di mana mobil dan infrastruktur pinggir jalan (berkomunikasi secara nirkabel). (United States Department Of Transport, 2017)

Lloyd's Register menggunakan definisi yang sama tentang kendaraan *autonomous* : Kendaraan *autonomous* adalah kendaraan yang dapat menyetir sendiri tanpa pengawasan dan masukan dari manusia. Kendaraan berawak adalah kendaraan yang dikendalikan dari jarak jauh atau mungkin beroperasi secara mandiri. Kendaraan juga dapat beroperasi semi otomatis:

mengambil kendali atas aspek-aspek mereka, sementara pengemudi manusia tetap memegang kendali yang lainnya. (Yeomans, 2014)

Definisi menggunakan kata-kata seperti “*connected*”, “*semi autonomous*”, dan “*controlled remotely*” yang menunjukkan ada perbedaan tingkat *autonomy*. Variasi dalam definisi ini membuatnya perlu untuk menentukan tingkat otonomi untuk membantu memisahkan berbagai jenis kendaraan *autonomous*. NHTSA telah menciptakan hierarki lima tingkat untuk memperjelas *autonomy levels* untuk kendaraan otomatis. Tingkat *autonomy*, menurut definisi mereka diberikan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 NHTSA’s *Hierarchy of Automation Levels* (Anderson et al., 2014)

No	Level	Description
0	<i>No automation</i>	Pengemudi dalam kendali penuh dan satu-satunya dari fungsi utama kendaraan (rem, kemudi, throttle, dan daya) setiap saat, dan sepenuhnya bertanggung jawab untuk memantau jalan dan operasi kendaraan yang aman.
1	<i>Function-specific automation</i>	Automasi pada level ini melibatkan satu atau beberapa fungsi kontrol yang spesifik; jika beberapa fungsi bekerja otomatis, mereka beroperasi secara independen satu sama lain. Pengemudi memiliki kontrol keseluruhan, dan hanya bertanggung jawab untuk operasi yang aman, tetapi dapat memilih untuk menyerahkan otoritas terbatas atas kontrol primer; kendaraan dapat secara otomatis mengambil wewenang terbatas atas kendali primer (seperti pada kontrol stabilitas elektronik) ; atau sistem otomatis dapat memberikan kontrol tambahan untuk membantu pengemudi dalam situasi mengemudi normal atau situasi pengereman yang akan segera terjadi (misal, dukungan rem dinamis dalam keadaan darurat).
2	<i>Combine-function automation</i>	Level ini melibatkan otomatisasi setidaknya dua fungsi kontrol utama yang dirancang untuk bekerja bersama untuk meringankan driver mengendalikan fungsi-fungsi tersebut. Kendaraan di level ini, otomatisasi dapat memanfaatkan otoritas bersama ketika pengemudi memberikan kendali primer aktif dalam situasi tertentu mengemudi yang terbatas. Pengemudi masih bertanggung jawab untuk memantau jalan raya dan operasi yang aman dan diharapkan akan tersedia untuk kontrol setiap saat dan dalam waktu singkat. Sistem dapat melepaskan kendali tanpa peringatan terlebih dahulu dan pengemudi harus siap mengendalikan kendaraan dengan aman.
3	<i>Limited self-driving automation</i>	Kendaraan pada tingkat otomatisasi ini memungkinkan pengemudi untuk menyerahkan kontrol penuh dari semua fungsi penting keselamatan dalam kondisi lalu lintas atau lingkungan tertentu, dan dalam kondisi tersebut sangat bergantung pada kendaraan untuk memantau perubahan dalam kondisi yang memerlukan transisi kembali ke kontrol driver. Sopir diharapkan tersedia sesekali kontrol, tetapi dengan waktu transisi yang cukup nyaman

Tabel 2.1 NHTSA's *Hierarchy of Automation Levels* (Anderson et al., 2014) (Lanjutan)

4	<i>Full self-driving automation</i>	Kendaraan ini dirancang untuk melakukan semua fungsi mengemudi yang kritis terhadap keselamatan dan memantau kondisi jalan raya secara keseluruhan perjalanan. Desain seperti itu mengantisipasi bahwa pengemudi akan menyediakan input tujuan atau navigasi, tetapi tidak diharapkan tersedia untuk kontrol kapan saja selama perjalanan. Ini termasuk kendaraan yang ditempati dan tidak dihuni. Sesuai desain, operasi yang aman sepenuhnya berada pada kendaraan otomatis sistem.
---	-------------------------------------	---

Variasi tingkat dari *no automation*, di mana pengemudi memiliki kontrol penuh, hingga *full self-driving automation*, di mana tidak ada pengemudi atau kru untuk mengontrol fungsi apa pun. Tingkat NHTSA ditujukan untuk mobil. Lloyd's register telah mengembangkan hierarki yang sama, khususnya untuk kapal. Hierarki ini memiliki tujuh level, dan dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 *Lloyd's registers's Hierarchy of Automation Levels of Ships* (Lloyds register, 2016)

No	<i>Level</i>	<i>Description</i>
0	<i>Manual - no autonomous function</i>	Semua tindakan dan pengambilan keputusan dilakukan secara manual.
1	<i>On-ship decision support</i>	Semua tindakan di tingkat kapal diambil oleh operator manusia, tetapi alat pendukung keputusan dapat menyajikan opsi atau sebaliknya memengaruhi tindakan yang dipilih (Misalnya rute perencanaan).
2	<i>On and off-ship decision support</i>	Semua tindakan di tingkat kapal diambil oleh operator manusia di atas kapal, tetapi alat pendukung keputusan dapat hadir dalam opsi atau memengaruhi tindakan yang dipilih. Data dapat disediakan oleh sistem di dalam atau di luar kapal.
3	<i>Active' human in the loop</i>	Keputusan dan tindakan di tingkat kapal dilakukan secara mandiri dengan pengawasan manusia. Keputusan berdampak tinggi diimplementasikan dengan cara operator manusia aktif untuk menengahi dan menumpangnya. Data dapat disediakan oleh sistem di dalam atau di luar kapal.
4	<i>Human on the loop - operator/supervisor</i>	Keputusan dan tindakan dilakukan secara autonomous bersama pengawasan manusia. Keputusan dengan dampak tinggi diterapkan dengan cara memberi operator manusia kesempatan untuk menengahi dan menumpangnya.
5	<i>Fully autonomous</i>	Operasi yang tidak diawasi atau jarang diawasi di mana keputusan dibuat dan ditindaklanjuti oleh sistem, yaitu dampaknya pada tingkat total kapal.
6	<i>Fully autonomous</i>	Operasi tanpa pengawasan di mana keputusan dibuat dan ditindaklanjuti oleh sistem, yaitu dampaknya adalah pada tingkat total kapal.

Kapal lebih kompleks daripada kendaraan darat dan hirarki dari Lloyd's Register agak lebih detail. Sementara kendaraan darat dapat dijaga oleh satu orang, sebuah kapal seringkali

membutuhkan seluruh kru. Kapal juga memiliki lebih banyak sistem yang harus dijalankan untuk berfungsi karenanya banyak peluang untuk mengotomatisasi sistem tertentu yang ada. Sementara hirarki NHTSA fokus pada kemampuan mobil untuk mengatur lalu lintas dengan sendirinya, Lloyd's Register lebih fokus pada kapal untuk dapat melakukan seluruh operasi pada kapal tersebut sendiri.

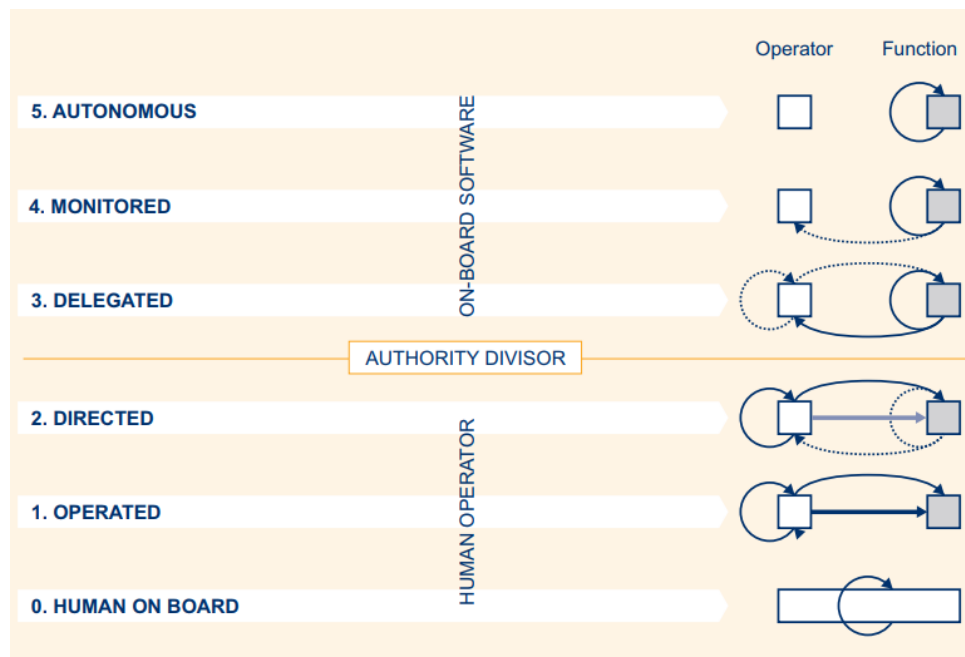
Di sisi lain DNVGL mengembangkan empat konsep yang dituliskan dalam guideline mereka. Guidline ini berisikan empat konsep yang ditunjukkan dalam Tabel 2.3

Tabel 2.3 Empat Konsep *Autonomous* (Vartdal and Jørgensen, 2018)

No.	Nama	Deskripsi
1	<i>Decision Supported Navigational Watch</i>	Konsep ini didasarkan pada sistem pendukung keputusan yang ditingkatkan yang mendukung petugas di kapal yang bertanggung jawab atas pengawasan navigasi dalam melakukan tugas untuk fungsi navigasi. Insentif untuk konsep semacam itu mungkin untuk mencakup tugas-tugas yang secara konvensional dilakukan oleh kru dengan teknologi canggih (misal melihat-lihat), atau mungkin dengan tujuan untuk meningkatkan keselamatan dan memfasilitasi petugas dalam melakukan fungsi navigasi.
2	<i>Remote Navigational Watch</i>	Konsep ini didasarkan pada tugas, kewajiban, dan tanggung jawab petugas yang bertanggung jawab atas pengamatan navigasi yang dicakup oleh personel di pusat kendali jarak jauh di luar kapal. Konsep ini mengasumsikan bahwa tidak ada kru yang tersedia di kapal untuk mendukung personel jarak jauh dalam melakukan fungsi navigasi dan fungsi komunikasi radio sebagaimana didefinisikan dalam konvensi internasional tentang Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers (STCW) code.
3	<i>Remote Engineering Watch Assisted by Personnel on Board</i>	Konsep ini didasarkan pada tugas, tugas dan tanggung jawab seorang petugas yang bertanggung jawab atas pengawasan teknis yang ditanggung oleh personel di pusat kendali jarak jauh di luar kapal. Untuk Konsep ini, diasumsikan bahwa kru tersedia di kapal untuk melakukan tugas-tugas tertentu dan membantu personel jarak jauh sesuai kebutuhan.
4	<i>Remote Engineering Watch</i>	Konsep ini didasarkan pada tugas, kewajiban, dan tanggung jawab seorang petugas yang bertanggung jawab atas pengawasan teknis yang ditanggung oleh personel di pusat kendali jarak jauh di luar kapal. Konsep ini mengasumsikan bahwa tidak ada kru yang tersedia di kapal untuk mendukung personel jarak jauh dalam melakukan fungsi rekayasa kelautan.

Maritime UK mengatakan sejumlah sistem untuk mengategorikan tingkat kontrol yang berlaku untuk kapal tanpa awak telah dikembagkan, terutama oleh *European Defence Agency's*

*Safety and Regulations for European Unmanned Maritime Systems (SARUMS) group.*  
 Pengkategorian yang dilakukan Maritimi UK dapat dilihat pada Gambar 2.8 dan Tabel 2.4.



Gambar 2.8 Levels of Control (Maritime UK, 2018)

Tabel 2.4 Level of Control Definitions (Maritime UK, 2018)

Level	Nama	Deskripsi
0	Manned	Kapal yang dikendalikan oleh operator di atas kapal
1	<i>Operated</i>	Di bawah kendali yang dioperasikan, semua fungsi kognitif dikendalikan oleh operator manusia. Operator memiliki kontak langsung dengan kapal tanpa awak melalui mis., continuous radio (R/C) dan / atau kabel (mis., UUV dan ROV yang tertambat). Operator membuat semua keputusan, mengarahkan dan mengendalikan semua fungsi kendaraan dan misi.
2	<i>Directed</i>	Di bawah kendali operator dengan beberapa tingkat penalaran dan kemampuan untuk merespons yang diimplementasikan ke dalam kapal tanpa awak. Mungkin merasakan lingkungan, melaporkan keadaanya dan menyarankan tindakan yang mungkin kepada operator, seperti meminta operator untuk memberikan informasi atau keputusan. Namun, wewenang untuk mengampil keputusan ada pada operator. Kapal tanpa awak akan bertindak hanya jika diperintahkan dan / atau diizinkan untuk melakukannya.
3	<i>Delegated</i>	Kapal tanpa awak sekarang berwenang untuk menjalankan beberapa fungsi. Menganalisis lingkungan, melaporkan keadaanya dan mendefinisikan tindakan dan melaporkan rencananya. Operator memiliki opsi untuk menolak rencana (veto) yang dinyatakan oleh kapal tanpa awak dan pengambilan keputusan dibagi antara operator dan kapal tanpa awak.

Tabel 2.4 *Level of Control Definitions* (Maritime UK, 2018) (Lanjutan)

4	<i>Monitored</i>	Kapal Tanpa awak akan menganalisis lingkungan dan melaporkan kondisinya. Kapal tanpa awak mendefinisikan tindakan, memutuskan, bertindak dan melaporkan tindakanya. Operator dapat memantau kejadian
5	<i>Autonomous</i>	Kapal tanpa awak akan menganalisis lingkungan, menentukan tindakan yang mungkin, memutuskan dan bertindak. Kapal tanpa awak diberikan tingkat maksimum kemandirian dan penentuan nasib sendiri dalam konteks kemampuan dan keterbatasan sistem. Fungsi Otonom dipanggil oleh sistem onboard pada kesempatan yang diputuskan sama, tanpa memberi tahu unit atau operator eksternal.

Dalam praktiknya, level kontrol mungkin berbeda untuk fungsi yang berbeda di atas kapal yang sama (mis. Kapal yang bernavigasi di bawah LoC4, juga dapat menggunakan muatan yang dikendalikan di LoC2). LoC yang diterapkan pada kapal juga dapat berubah

*Maritime UK* mengidentifikasi beberapa kelas MASS berdasarkan tujuan penggunaan, ukuran, kecepatan dan potensi bahaya untuk pengiriman lainnya. Maksud dari kelas kelas ini adalah untuk membedakan MASS yang secara inheren tidak mungkin menyebabkan bahaya bagi sebagian besar pengguna laut lainnya, berdasarkan ukuran dan kecepatan mereka, dari kelas MASS yang menurut sifat ukuran dan kecepatannya, cenderung menimbulkan bahaya setara dengan yang ditimbulkan oleh kapal berawak untuk pengguna lainnya. Kelas-kelas ini terutama berasal dari kategori COLREGS atau konvensi Load Line dan sengaja dipilih untuk mempertahankan kesamaan persyaratan dengan instrumen tersebut jika memungkinkan.

Kelas-kelas tersebut juga mencerminkan tingkat kesadaran situasional yang dapat disediakan, mengingat ukuran dan kendala payload. Kelas MASS ditunjukkan pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 *Classes of MASS* (Maritime UK, 2018)

<i>Class of MASS</i>	<i>Characteristic</i>	<i>Notes</i>
<i>Ultra-light</i>	<i>Length overall &lt;7m and maximum speed &lt;4kts</i>	*Derived from MCA High-Speed Craft Code  Where moulded displacement, in m <sup>3</sup> , of the craft corresponding to the design waterline
<i>Light</i>	<i>Length overall ≥7m to &lt;12m and maximum speed 7kts</i>	
<i>Small</i>	<i>Length overall ≥ 12m to &lt; 24m</i>	
<i>Large</i>	<i>Length ≥24m (and 100GT)</i>	
<i>High-Speed</i>	<i>Operating speed V is not less than v=7.19 Displacement x 1/6 knots</i>	

### 2.2.8. Sistem Navigasi

Navigasi adalah ilmu pengetahuan dalam menentukan posisi kapal di perairan dengan mengemudikan (*steering*) kapal secara aman dari suatu tempat ke tempat lain. Sistem navigasi biasanya terdiri dari beberapa perangkat digital maupun analog, untuk yang analog biasanya dilengkapi dengan kompas analog yang dapat mengetahui arah mata angin yang berguna sebagai acuan arah kapal, untuk perangkat digital sudah terdapat GPS atau *Global Positioning System* yaitu sebuah perangkat yang dapat menerima lokasi keberadaan kapal dengan mengacu pada satelit yang bergerak mengitari bumi. GPS menerima data yang dikirim dari satelit berupa data NMEA 0183. NMEA (*National Marine Electronics Association*) adalah standar yang digunakan dalam pengiriman data GPS yang berupa protokol data, garis lintang, garis bujur, ketinggian, dan waktu. Kompas digital juga tergolong perangkat digital dimana pemakaiannya harus diintegrasikan kembali pada sebuah sistem sehingga pembacaan arah mata angin dapat dilakukan dan dapat mengetahui arah kapal (Sulistiyani, 2017).

### 2.2.9. Passenger Ship

Konvensi IMO SOLAS (*Safety of Life at Sea*) mendefinisikan kapal penumpang sebagai kapal yang membawa lebih dari 12 penumpang. Penumpang adalah semua orang di atas kapal selain anggota kru terlepas dari apakah mereka membayar biaya pelayaran laut atau tidak. Regulasi dan persyaratan *classification society* untuk desain kapal penumpang dan konstruksi tergantung pada ukuran kapal, jumlah penumpang, area operasi dan jarak rute. (Lamb, 2003)

*Passenger Ships* dapat dibagi menjadi tiga tipe:

1. Kapal pesiar terkait dengan kegiatan rekreasi. Perjalanan berlangsung beberapa hari dan biasanya kapal kembali ke pelabuhan keberangkatan. Gambar 2.9 Menggambarkan tipikal kapal pesiar. (Lamb, 2003)



Gambar 2.9 Cruise Ship Costa Atlantica Delivered in 2000 (Lamb, 2003)

2. Feri berlayar dengan rute pendek mengangkut penumpang dan kendaraan. Perjalanan berlangsung selama beberapa jam atau paling lama untuk satu malam. Feri yang berpergian dengan rute semalam dapat memiliki area penumpang yang besar, dengan kabin, restoran, dan lounge. Gambar 2.10 Menggambarkan tipikal kapal *passenger* dan *car ferry*. (Lamb, 2003)



Gambar 2.10 *Passenger* dan *Car Ferry Normandie* (Lamb, 2003)

3. *Fast Ferries* beroperasi pada rute pendek dan menggunakan kecepatan tinggi (dapat dilihat pada Gambar 2.11) untuk mengurangi waktu transit. Perjalanan biasanya berlangsung kurang dari 4 jam. Untuk mencapai kecepatan tinggi, feri ini harus ringan dan memiliki mesin yang sangat kuat. IMO telah mengembangkan peraturan baru yaitu *The Code OF Safety for High Speed Craft*. (Lamb, 2003)



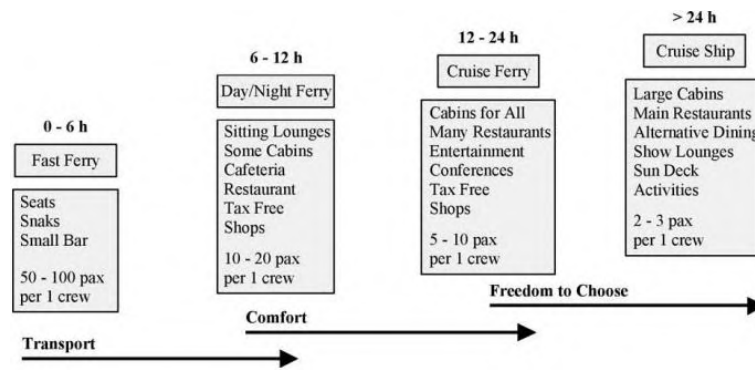
Gambar 2.11 *Fast Ferry Bonanza Express* (Lamb, 2003)

### **Misi Kapal Penumpang**

Kapasitas penumpang dan layanan di atas kapal adalah persyaratan paling penting untuk desain. Kenyamanan dan layanan yang dibutuhkan bervariasi secara signifikan dengan

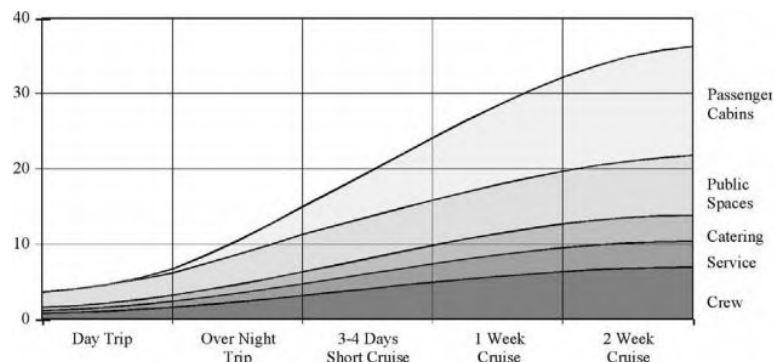


lamanya perjalanan. Ruang penumpang dan fungsi layanan penumpang yang biasanya diperlukan dalam feri dan kapal pesiar dapat didaftar berdasarkan lamanya perjalanan (Gambar 2.12). Pada rute pendek tidak diperlukan kabin, hanya area tempat duduk. Ketika waktu yang dihabiskan di atas kapal meningkat, para penumpang menginginkan lebih banyak ruang dan layanan lebih baik. Di banyak rute internasional, belanja bebas pajak disediakan di atas kapal, karena hal itu memberi operator kemungkinan yang baik untuk meningkatkan pendapatan. Pada perjalanan yang berlangsung lebih dari 12 jam, kabin harus tersedia untuk semua penumpang. Di kapal pesiar, santapan dan hiburan yang baik adalah atraksi utama. (Lamb, 2003)



Gambar 2.12 Passenger Ships (Lamb, 2003)

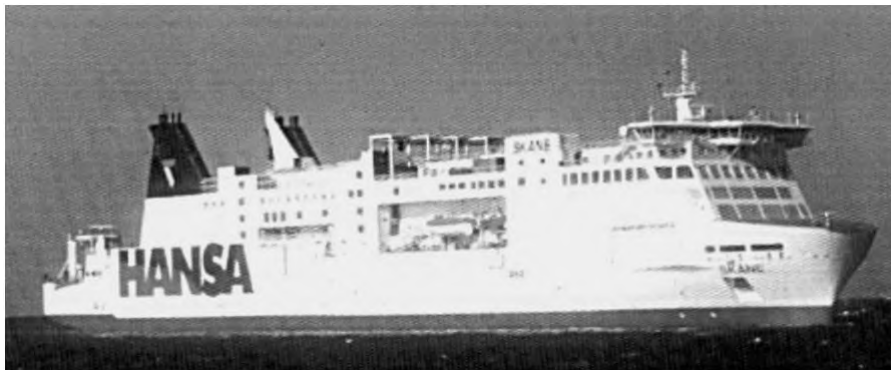
Bobot mati (DWT) di kapal penumpang termasuk bobot penumpang dan kru, dan bagasi mereka, *provisions*, air bersih, bahan bakar dan minyak pelumas. Bobot mati (DWT) bagaimanapun bukan indikator yang baik dari kapasitas kapal penumpang. Bobot kapal (LWT) termasuk berat lambung struktural, mesin, kabin penumpang, dapur, ruang penyimpanan, kantor, dan semua ruang awak. Bahkan muatan di kapal penumpang dapat digambarkan sebagai hotel yang lengkap. Area geladak dan volume internal yang diperlukan untuk hotel ini adalah faktor utama dalam desain kapal penumpang. Kabin, mess, dan ruang siang hari juga harus disediakan untuk dek dan kru mesin dan untuk personel hotel. Rincian distribusi area interior ditunjukkan pada Gambar 2.13. (Lamb, 2003)



Gambar 2.13 Interior Area Demand (Lamb, 2003)

### 2.2.10. Kapal Feri

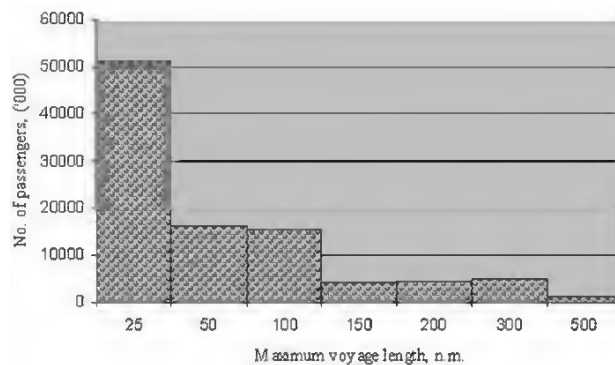
Peran Feri adalah transportasi yang rutin dan berkesinambungan untuk mengantar orang, bagasi, kendaraan, atau kereta api yang terkait. Ini adalah peran transportasi meskipun peluang hiburan dan belanja dapat menjadi bagian dari alat pemasaran. Muatan feri berkisar dari hanya penumpang sampai mengangkut penumpang, mobil, truk, jalur, dan kereta api yang menyertainya. Gambar 2.14 menunjukkan feri konvensional multi-tujuan (penumpang, kendaraan, dan kereta api) seperti yang bisa terjadi di Laut Baltik. Beberapa feri hanya mengoperasikan layanan malam hari dengan akomodasi penumpang / awak penuh; yang lain mengoperasikan layanan 24 jam terus menerus dengan fasilitas tempat tidur yang terbatas. Mayoritas feri beroperasi sebagai feri harian tanpa akomodasi untuk penumpang. Feri bepergian di perairan terlindung, di laut terbuka dan dalam kondisi ber-es. Kondisi keamanan mereka tunduk pada IMO *safety of life at sea (SOLAS) code* atau IMO terbaru, *high speed crafts (HSSC) code*, dan di Eropa Utara dengan perjanjian Stockholm untuk air di dek kendaraan. (Lamb, 2003)



Gambar 2.14 *World Largest Multi-purpose Ferry Skåne* (Lamb, 2003)

Desain feri yang sukses fokus pada perputaran penumpang, kendaraan, catering, dan limbah yang efisien. Feri dirancang untuk rute tertentu di mana ada investasi dalam infrastruktur jalan landai, dan fasilitas catering serta pembuangan limbah yang disesuaikan catering serta pembuangan limbah yang disesuaikan akan memungkinkan perputaran tercepat, lebih sedikit tekanan untuk kru dan pemanfaatan sumber daya yang maksimum. Seringkali sebuah feri menyediakan pemberhentian peristirahatan sembari mengangkut penumpang ke depan. Sebagian besar rute feri cukup pendek. Dari 100 juta perjalanan yang ada, lebih dari 50% menempuh rute kurang dari 25 mil laut dan lebih dari 80% kurang dari 100 mil laut (Gambar 2.15). Mayoritas feri yang mengangkut mobil beroperasi pada layanan *point-to-point* dengan beberapa rute segitiga pada layanan Baltik dan Mediterania. (Lamb, 2003)

Untuk memfasilitasi transportasi ini, pentingnya aliran tidak dapat ditaksir terlalu tinggi. Tujuan dari operator feri yang sukses adalah untuk memberikan pengalaman perjalanan yang mulus. Kendaraan membutuhkan akses mudah ke geladak kendaraan, yang pada gilirannya menuntut kemampuan penanganan kendaraan yang unik. Jalur landai, dek platform hoistable, dan lift kendaraan mungkin diperlukan. Layanan catering hours dioperasikan secara non-stop sementara pembuangan limbah, pengisian ulang, pembersihan harus dilakukan selama berbalik arah.



Gambar 2.15 Jumlah Perjalanan Berbanding Dengan Jarak Perjalanan (Lamb, 2003)

### 2.3. Tinjauan Pustaka

Tinjauan Pustaka berisi referensi dan/atau hasil penelitian terdahulu yang relevan yang digunakan untuk menguraikan teori, temuan, dan bahan penelitian atau desain lain yang diarahkan untuk menyusun kerangka pemikiran atau konsep yang akan digunakan dalam penelitian.

#### 2.3.1. Penggolongan Tipe Kapal Feri

Secara umum penggolongan tipe kapal feri didasarkan menurut cara pemuatannya, hal ini dilakukan karena proses pemuatan kapal feri erat kaitannya dengan beberapa aspek yang perlu diperhatikan dalam pemilihan kapal ferry yang sesuai dengan kondisi daerah operasi maupun dalam perancangan kapal feri itu sendiri. (Nugroho and Kurniawati, 2014)

Beberapa aspek yang berpengaruh yaitu cara pemuatan kapal feri berhubungan dengan pemilihan sistem propulsi yang akan dipakai, deras tidaknya arus pada daerah sandar, jarak bentang penyeberangan, ramai tidaknya lalu lintas pelayaran pada daerah itu maupun kondisi perairan setempat. Untuk lebih jelas dalam penggolongan tipe kapal ferry maka akan diuraikan secara terinci di bawah ini :

1. Kapal Feri dengan pemuatan dari ujung-ujung (End Loading)

Kapal feri dengan pemuatan ujung-ujung kapal (Gambar 2.16) biasanya dioperasikan pada daerah-daerah dengan kondisi sebagai berikut:

- Jarak bentang penyeberangan yang tidak begitu jauh sehingga jika feri tersebut telah sampai kapal tidak perlu berputar kembali sehingga untuk praktisnya feri tersebut direncanakan memuat dari ujung kapal dan dapat berlayar dengan salah satu ujungnya di depan secara bergantian. (Nugroho and Kurniawati, 2014)
- Kecepatan arus pada daerah kapal feri akan bersandar tidak begitu deras dan juga lalu lintas pelayaran pada tempat itu tidak terlalu ramai sehingga apabila kapal tersebut bersandar dengan ujung-ujungnya tidak akan mengganggu lalu lintas pelayaran. (Nugroho and Kurniawati, 2014)
- Untuk daerah penyeberangan yang tidak begitu deras, feri yang digunakan biasanya berbentuk ponton dengan pemuatan dari ujung depan atau dari ujung belakang kapal feri tersebut. Dimana kapal-kapal tersebut mempunyai bentuk ujung depan dan ujung belakang yang sama dan kapal ini dapat berlayar dengan ujung-ujung secara bergantian. (Nugroho and Kurniawati, 2014)
- Untuk jarak bentang penyeberangan yang cukup jauh dengan arusnya tidak begitu deras, lebih sering dipakai kapal berbentuk kapal biasa dimana bentuk ujung depan dan ujung belakang tidak sama sehingga kapal tersebut berlayar dengan ujung depan maupun ujung belakang. (Nugroho and Kurniawati, 2014)



Gambar 2.16 *Double-ended Ferry* (Nugroho and Kurniawati, 2014)

## 2. Kapal Feri Dengan Pemuatan di Samping Kapal (Side Loading)

Kapal feri dengan pemuatan side loading (Gambar 2.17) biasanya beroperasi pada daerah-daerah yang memiliki kondisi sebagai berikut:

- Jarak bentang penyeberangan relative jauh sehingga seandainya feri tersebut harus berputar hal ini tidak seperti tipe end loading. (Nugroho and Kurniawati, 2014)

- Kondisi pada daerah tersebut tidak memungkinkan kapal merapat ke dermaga dari ujung kapalnya, hal ini dapat disebabkan karena ramainya lalu lintas pelayaran ataupun karena derasny arus. (Nugroho and Kurniawati, 2014)



Gambar 2.17 *Side Loading Ferry* (Nugroho and Kurniawati, 2014)

### 2.3.2. Hambatan Kapal

Tahanan kapal merupakan ilmu yang mempelajari reaksi fluida akibat gerakan kapal yang melalui fluida tersebut. Dalam istilah *hidrodinamika* kapal, tahanan/*resistance/drag* adalah besarnya gaya fluida yang bekerja pada kapal sedemikian rupa sehingga melawan gerakan kapal tersebut. Tahanan tersebut sama dengan komponen gaya yang bekerja sejajar dengan sumbu gerakan kecepatan kapal. (Abrar, Nasirudin, & Utama, 2019)

Sebuah kapal dibedakan dari struktur engineering lainnya adalah ia harus bisa bergerak secara efisien melewati air dengan external aissitance minimum. Tugas dari naval architect adalah untuk memastikan bahwa bentuk kapal dan susunan propulsi harus paling efisien dalam ranah hidrodinamik yang tentunya masih di dalam batas permintaan desain (SNAME, 1988b). Kapal yang dibangun harus bisa berlayar pada kecepatan yang diinginkan dengan minimum power, dan yang menjadi permasalahan adalah mendapatkan kombinasi terbaik dari tahanan kecil dan efisiensi propulsi yang tinggi. (Abrar, Nasirudin, & Utama, 2019)

Hambatan kapal pada kecepatan yang diberikan adalah gaya yang dibutuhkan untuk menarik kapal di perairan tenang pada kecepatan tersebut dengan berasumsi dengan tidak adanya gangguan. Jika kapal tersebut tidak memiliki appendages, maka ini disebut hambatan bare-hull. Daya yang dibutuhkan untuk melewati hambatan ini disebut *effetive power* yang memiliki persamaan

$$P_E = R_T \times V \quad ( 2.1 )$$

Di mana

$P_E = \text{effective power (kW)}$

$R_T = \text{total resistance (kN)}$

$V = \text{kecepatan (knot)}$

Total hambatan ini terdiri dari beberapa komponen yang disebabkan oleh beberapa faktor dan yang saling berinteraksi dengan yang lainnya dengan cara yang rumit. Untuk mempermudah, hal ini biasanya dianggap sebagai total hambatan pada air tenang yang terdiri dari empat komponen utama yang berbeda (SNAME, 1988b)

- Hambatan gesek (*frictional resistance*)

Dikarenakan oleh pergerakan lambung kapal melewati fluida *viscous*. Kekasaran pada lambung kapal berpengaruh pada hambatan gesek. Apa pun bentuk dari kekasaran pada permukaan lambung akan meningkatkan hambatan gesek secara signifikan, dan selanjutnya korosi dan *fouling* akan menyebabkan hambatan lebih besar lagi. Hambatan gesek merupakan komponen terbesar dari total hambatan sebuah kapal

- *Wave making resistance*

*Wave making resistance* pada kapal adalah gaya *fore* dan *aft* pada kapal karena tekanan fluida yang bekerja secara normal pada semua bagian lambung, seperti halnya hambatan gesek adalah akibat dari gaya fluida tangensial.

Karena energi yang harus disediakan secara terus menerus oleh kapal ke sistem gelombang yang dibuat pada permukaan air. Dalam kasus badan kapal yang tenggelam, bergerak secara horizontal dengan kecepatan tetap, di bawah permukaan air tidak ada gelombang yang terbentuk, tetapi tekanan normal akan bervariasi sepanjang badan kapal. Dalam fluida *nonviscous*, gaya *fore* dan *aft* karena variasi ini akan menjadi nol.

- *Eddy resistance*

Gesekan turbulen yang ada di sekitar kapal terdiri dari banyak *eddy*, jadi sebenarnya segala bentuk hambatan gesekan disebabkan oleh *eddy-making*. Namun istilah *eddy resistance* biasanya digunakan untuk tahanan disebabkan oleh formasi *eddy* atau aliran *streamline* yang dikacaukan yang disebabkan oleh perubahan bentuk, *appendages* atau proyeksi lainnya secara tiba-tiba, dan tidak termasuk gesekan kulit tangensial.

- Hambatan udara (*air resistance*)

Hambatan udara terjadi pada bagian lambung kapal yang berada di atas permukaan air dan *superstructure* karena pergerakan kapal melewati udara.

Hambatan oleh *wave making resistance* dan *Eddy resistance* sering kali diperhitungkan secara bersamaan dan disebut dengan *residuary resistance*. Pentingnya komponen yang berbeda tergantung pada kondisi tertentu dari sebuah desain dan kebanyakan keahlian dari *naval architects* bergantung pada kemampuan mereka untuk memilih bentuk dan proporsi lambung yang akan menghasilkan kombinasi yang mengarah pada total *power* minimum yang sesuai dengan batasan desain lainnya. (Abrar, Nasirudin, & Utama, 2019)

Untuk menghitung hambatan kapal, digunakan metode Holtrop. Di dalam metode ini, Holtrop membagi hambatan total menjadi beberapa komponen hambatan. Komponen tersebut yaitu *viscous resistance* (hambatan kekentalan), *appendages resistance* (hambatan karena bentuk kapal), dan *wave making resistance* (hambatan gelombang karena gerak kapal). (Abrar, Nasirudin, & Utama, 2019)

a. *viscous resistance*

Dalam metode Holtrop *viscous resistance* dihitung dengan menggunakan persamaan

$$R_v = \frac{1}{2} \rho V^2 C_{FO} (1 + k_1) S \quad (2.2)$$

Di mana

$$\rho = \text{mass density salt water (1025 kg/m}^3\text{)}$$

$$V = \text{service speed [m/s}^2\text{]}$$

$C_{FO}$  = hambatan gesek berdasarkan ITTC-1957 garis gesekan berdasarkan persamaan

$$C_{FO} = \frac{0,075}{(\log Rn - 2)^2} \quad (2.3)$$

$$Rn = \text{Reynold Number}$$

$$= \frac{V \cdot Lwl}{\nu}$$

$$\nu = \text{kinematic viscosity}$$

$$= 1,18831 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$k_1 = \text{form factor of bare hull}$$

$$1 + k_1 = 0,93 + 0,487 \cdot c \left(\frac{B}{L}\right)^{1,0681} \cdot \left(\frac{T}{L}\right)^{0,4611} \cdot \left(\frac{L}{L_R}\right)^{0,1216} \cdot \left(\frac{L^3}{V}\right) \cdot 0,3649 \cdot (1 - C_p)^{-0,6042}$$

$$c = 1 + 0,011 C_{stem}$$

Tabel 2.6 Koefisien Bentuk *Stern*

Choice No.	C <sub>stern</sub>	Used For
1	-25	Pram with Gondola
2	-10	V – Shaped sections
3	0	Normal section shape
4	10	U – shaped section with Hogner stern

L<sub>R</sub> = length of run

$$\frac{L_R}{L} = 1 - C_P + \frac{0,06 C_P LCB}{(4C_P - 1)} \quad (2.4)$$

LCB = longitudinal center of buoyancy as percentage of L

L = length of water line ( Lwl ) and all of coefficient base on Lwl [m]

T = average moulded draft [m]

B = moulded breadth [m]

b. *Appendages resistance*

Hambatan yang disebabkan oleh *appendages* juga dianalisis dan hasilnya ditampilkan dalam bentuk *effective form factor*, termasuk di dalamnya efek dari *appendages*.

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

Di mana

$k_2$  = effective form factor of appendages

$S_{app}$  = total wetted surface of appendages

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

*effective form factor* digunakan dalam bersama dengan bentuk persamaan yang dimodifikasi

$$R_V = \frac{1}{2} \rho V^2 C_{FO} S_{tot} (1 + k) \quad (2.6)$$

Nilai efektif dari  $k_2$  ketika ada lebih dari satu *appendage* dihitung dengan menggunakan persamaan

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

Di mana  $S_i$  dan  $(1 + k_2)_i$  adalah *watted area* dan *factor appendage* dari *appendage* ke- $i$



c. *Wave-making resistance*

Untuk perhitungan *wave-making resistance* digunakan persamaan yang diambil dari Havelock (1913) dan kemudian persamaan tersebut disederhanakan menjadi:

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

Untuk kecepatan pelayaran yang rendah ( $F_n \leq 0.4$ ) koefisien berikut diberikan

$$C_1 = 2223105 C_4^{3,7861} (T/B)^{1,0796} (90 - i_E)^{-1,3757}$$

keterangan :

$$\begin{aligned} C_4 &= 0,2296 \cdot ((B/Lwl)^{0,3333}) && \text{untuk } (B/Lwl \leq 0,11) \\ C_4 &= B/Lwl && \text{untuk } (0,11 \leq B/Lwl \leq 0,25) \\ C_4 &= 0,5 - 0,0625 \cdot (Lwl/B) && \text{untuk } (B/Lwl > 0,25) \\ d &= -0,9 \end{aligned}$$

$i_E$  = half angle of entrance at the load waterline

$$= 125,67 \frac{B}{L} - 162,25 C_p^2 + 234,32 C_p^3 + 0,1551 \left( LCB + \frac{6,8(T_a - T_f)}{T} \right)^3$$

$T_a$  = moulded draft at AP [m]

$T_f$  = moulded draft at FP [m]

$T_a = T_f = T$

$$m_1 = (0,01404 L/T) - (1,7525 \Delta^{1/3}/L) - (4,7932 B/L) - C_5$$

keterangan :

$$\begin{aligned} C_5 &= 8,0798 \cdot C_p - 13,8673 \cdot C_p^2 - 6,9844 \cdot C_p^3 && [\text{untuk } C_p \leq 0,8] \\ C_5 &= 1,7301 - 0,7067 \cdot C_p && [\text{untuk } C_p \geq 0,8] \end{aligned}$$

$$m_2 = C_6 \times 0,4 e^{-0,034 F_n^{-329}}$$

keterangan :

$$\begin{aligned} C_6 &= -1,69385 && [\text{untuk } L^3 / \nabla \leq 512] \\ C_6 &= -1,69385 + (Lwl / \nabla^{1/3} - 8) / 2,36 && [\text{untuk } 512 \leq Lwl^3 / \nabla \leq 1727] \\ C_6 &= 0 && [\text{untuk } Lwl^3 / \nabla \geq 1727] \end{aligned}$$

$$\lambda = 1,446 C_p - 0,03 L/B \quad [\text{untuk } L / B \leq 12]$$

$$\lambda = 1,446 C_p - 0,36 \quad [\text{untuk } Lwl / B \geq 12]$$

$$C_2 = e^{-1,89 \frac{A_{BT} \gamma_B}{BT(\gamma_B + i)}}$$

$C_2 = 1$ , tidak ada *bulb*

keterangan :

$\gamma_B$  = effective bulb radius

$$= 0,56A_{BT}^{0,5}$$

$i$  = effective submergence of the bulb

$$= T_f - h_B - 0,4464\gamma_B$$

$T_f$  = moulded draft at FP = T

$h_B$  = height of the centroid of the area ABT above base line

$$= 85\% \frac{D}{2}$$

$$C_3 = 1 - 0,8 A_T / (B \cdot T \cdot C_M)$$

keterangan :

$A_T$  = immersed area of the transom at zero speed = 0

#### d. Model Ship Correlation allowance

Untuk menghitung model *ship correlation allowance* diberikan rumus sebagai berikut :

$$C_A = 0,006(L_{WL} + 100)^{-0,16} - 0,00205$$

$$C_A = 0,006(L_{WL} + 100)^{-0,16} - 0,00205 + 0,003(L_{WL}/7,5)^{0,5} \cdot C_b^{0,4}(0,04 - T_f) \quad [\text{untuk } T_f/L_{WL} < 0,04]$$

Setelah semua komponen diketahui hambatan total dapat dihitung menggunakan persamaan:

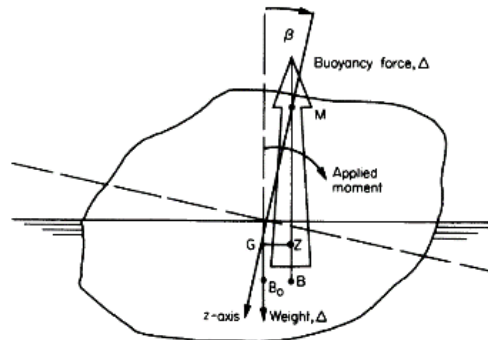
$$R_T = \frac{1}{2} \rho V^2 S_{tot} (C_F(1 + k) + C_A) + \frac{R_w}{W} W$$

### 2.3.3. Stabilitas

Tidak hanya harus memberikan daya apung yang memadai untuk memberikan dukungan bagi kapal dan isinya, tetapi kapal juga harus bisa dipastikan agar dapat mengapung dengan benar dan tetap tegak ketika dimuat dengan penumpang dan kargo. Stabilitas dapat diartikan sebagai kemampuan kapal untuk kembali ke keadaan semula setelah dikenai oleh gaya luar. (Abrar, Nasirudin, & Utama, 2019)

Dalam keadaan setimbang, pusat daya apung,  $B_0$ , dan pusat gravitasi,  $G$ , harus terletak pada garis vertikal yang sama. Jika kapal mengalami gangguan dalam rotasi, dengan putarannya melalui sudut yang kecil  $\beta$  pada perpindahan konstan, pusat daya apung akan bergerak ke posisi baru,  $B$ . Pada gambar 2.19, sudut yang diberikan disebabkan oleh momen terhadap  $G$ , tetapi

dalam kondisi sebenarnya bahwa kondisi *displacement* konstan memerlukan pergerakan dari G secara translasi juga. (Rawson & Tupper, 2001)



Gambar 2.18 Pergerakan Gaya Apung dan Berat pada Gangguan Rotasi Kecil (Rawson & Tupper, 2001)

Berat dan gaya apung terus bekerja secara vertikal setelah terjadi rotasi tetapi kedua gaya tersebut sekarang dipisahkan sehingga kapal dipengaruhi oleh momen  $\Delta GZ$  di mana Z adalah basis normal dari G ke garis aksi gaya apung. Seperti yang terlihat pada Gambar 2.18, momen ini cenderung untuk mengembalikan kapal ke posisi semula. Hal ini disebut momen penegak dan GZ disebut lengan penegak.

Cara lain untuk mendefinisikan garis aksi gaya apung adalah dengan menggunakan titik potongnya, M, terhadap sumbu z atau titik G seperti terlihat pada gambar di atas. Karena sudut  $\beta$  terus berkurang tanpa tahu batasannya titik M menjadi batas posisi yang disebut metasenter.

Komponen stabilitas terdiri dari GZ, KG dan GM. Dalam perhitungan stabilitas, yang paling penting adalah mencari harga lengan dinamis (GZ). Titik-titik penting dalam stabilitas kapal antara lain

- a. KM (Tinggi Titik Metasentrik di Atas Lunas)

KM adalah jarak tegak dari lunas kapal sampai ke titik M, atau jumlah jarak dari lunas ke titik apung (KB) dan jarak titik apung ke metasentrik (BM), sehingga KM dapat dicari dengan rumus  $KM=KB+BM$

- b. KB (Tinggi Titik Apung dari Lunas)

Merupakan letak titik apung dari lunas, namun titik apung dari kapal tidak selalu tetap melainkan berpindah-pindah tergantung dengan kondisi kapal tersebut. Perubahan bisa terjadi karena perbedaan sarat kapal, kondisi kapal trim atau oleng.

- c. BM (Jarak Titik Apung ke Metasentrik)

Jika kapal mendapat kemiringan dengan sudut yang kecil maka titik apung kapal pun akan berpindah. Titik apung yang baru ditarik garis lurus tegak lurus dengan permukaan

air dan titik apung awal sebelum kapal mendapat kemiringan ditarik garis lurus sejajar *centerline* maka kedua garis ini akan bertemu. Pertemuan dua garis ini merupakan titik metasenter. BM adalah jarak antara titik apung dengan titik metasenter.

d. KG (Tinggi Titik Berat dari Lunas)

Posisi dari titik berat sebuah kapal bias didapat dengan cara menghitung atau ditentukan dengan percobaan. Berat dan titik berat kapal yang belum diluncurkan diperhitungkan dengan estimasi berat, di mana penjumlahan dari berat dan momen dari berbagai item yang membangun kapal.

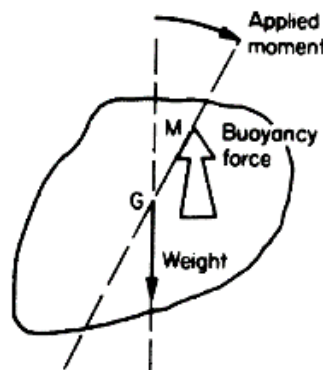
e. GM (Tinggi Metasentrik)

Tinggi metasenter atau *metacentric high* (GM) merupakan jarak antara titik G dengan titik M.

Suatu benda dikatakan dalam keadaan setimbang apabila resultan dari gaya-gaya dan resultan momen gaya yang bekerja pada benda tersebut adalah nol. Pada prinsipnya kesetimbangan ada tiga yaitu (SNAME, 1988a):

a. Stabilitas Positif (*Stable Equilibrium*)

Jika benda apung berada pada kondisi awal yang setimbang diberi gaya luar yang menyebabkan perubahan kemiringan atau oleng. Ketika gaya luar dihilangkan dan benda kembali ke posisi semula maka ini disebut stabilitas positif. Stabilitas positif juga dapat dilihat ketika titik metasentrik M berada di atas titik G (Gambar 2.19).

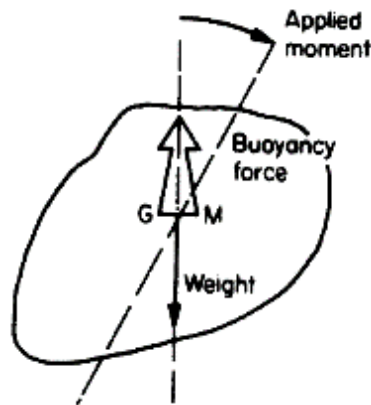


Gambar 2.19 Kondisi Stabilitas Positif (Rawson & Tupper, 2001)

b. Stabilitas netral (*Neutral Equilibrium*)

Sama seperti sebelumnya, ketika benda apung mendapat gaya luar sehingga benda apung miring atau oleng, namun setelah gaya luar tersebut dihilangkan benda tersebut sama kondisinya dengan saat diberi gaya. Kondisi ini disebut stabilitas netral. Stabilitas

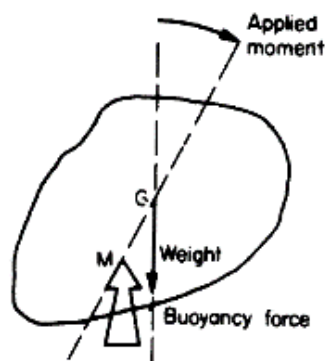
netral di mana titik G benda apung berhimpit dengan titik M (Gambar 2.20) sehingga momen penegak kapal sama dengan nol.



Gambar 2.20 Kondisi Stabilitas Netral (Rawson & Tupper, 2001)

c. Stabilitas Negatif (*Unstable Equilibrium*)

Ketika benda apung yang diberi gaya luar terus bergerak ke arah gaya yang diberikan, misal, kapal yang miring atau oleng oleh gaya luar akan terus bergerak miring walaupun gaya luar tersebut telah dihilangkan. Stabilitas negatif juga dapat dilihat ketika titik metasentrik M berada di bawah titik G (Gambar 2.21).



Gambar 2.21 Kondisi Stabilitas Negatif (Rawson & Tupper, 2001)

Pengecekan stabilitas kapal untuk mengetahui kondisi stabilitas kapal dalam keadaan baik haruslah memenuhi kriteria yang diatur oleh IMO (*International Maritime Organization*) dalam *intac Stability (IS) code* Reg. III/3.1. Kriteria tersebut antara lain sebagai berikut :

a.  $e_{0.30} \geq 0,055 \text{ m.rad}$

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

b.  $e_{0,40} \geq 0,09 \text{ m.rad}$

Luas area di bawah kurva lengan pengembali (kurva GZ) antara sudut  $0^\circ - 40^\circ$  tidak boleh kurang dari 0,090 m.rad atau 5,157 m.deg.

c.  $e_{30,40} \geq 0,03 \text{ m.rad}$

Luas area di bawah kurva lengan pengembali (kurva GZ) antara sudut  $30^\circ - 40^\circ$  atau antara sudut *downflooding* ( $\theta_f$ ) dan  $30^\circ$  jika nilai GZ maksimum tidak mencapai  $40^\circ$ , tidak boleh kurang dari 0,030 m.rad atau 1,719 m.deg.

d.  $h_{30} \geq 0,2 \text{ m}$

Lengan pengembali GZ pada sudut boleh sama dengan atau lebih dari  $30^\circ$  minimal 0,200m.

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

Lengan pengembali maksimum terjadi pada kondisi oleng sebaiknya mencapai  $30^\circ$  atau lebih, tetapi tidak kurang dari  $25^\circ$

f.  $GM_0 \geq 0,15 \text{ m}$

Tinggi titik *metacenter* awal ( $GM_0$ ) tidak boleh kurang dari 0,15m.

g. Untuk kapal penumpang, sudut oleng pada perhitungan kondisi penumpang berkelompok pada satu sisi kapal tidak boleh lebih dari  $10^\circ$ . Berat standar setiap penumpang adalah 75 kg, atau boleh kurang tetapi tidak boleh kurang dari 6 kg.

h. Untuk kapal penumpang, sudut oleng pada perhitungan kondisi kapal berbelok (*turning*) tidak boleh lebih dari  $10^\circ$ . Dihitung dengan persamaan :

$$M_R = 0,196 \frac{V_o \Delta}{L} (\text{KG} - d/2)$$

Di mana

$M_R$  = *heeling moment in kNm*

$V_o$  = *service speed in m/s*

$L$  = *length of ship in waterline in m*

$\Delta$  = *displacement in ton*

$d$  = *mean draught in m*

$\text{KG}$  = *heigh of centre of gravity above baseline in m*

Namun karena kapal yang digunakan dalam tugas akhir ini merupakan kapal kecil di bawah 24 meter dengan geladak terbuka dan dibangun dengan cara tradisional sehingga tidak bisa mengikuti kriteria dari IMO. Untuk itu dicari regulasi yang meliputi untuk kapal kecil dengan geladak terbuka. Digunakan *US Coast Guard Review of Stability for Small Passenger Vessel* dengan ketentuan

1. Modifikasi untuk kriteria cuaca: 46 CFR 170.170
  - a. Sudut T harus lebih kecil dari 14 derajat atau sudut yang diukur hingga seperempat dari *freeboard*. *Freeboard* diukur ke *gunwale*;
  - b. Sesuai dengan 46 CFR 170.173 (d), perhitungan harus menggunakan asumsi bebas dari *trim*. Oleh karena itu, titik *downflooding* untuk segala kondisi pemuatan dapat bergeser secara longitudinal
2. Modifikasi kriteria kemiringan penumpang: 46 CFR 171.050  
Sudut T harus lebih kecil dari 14 derajat atau sudut yang diukur hingga setengah dari *freeboard*. *Freeboard* diukur ke *gunwale*.
3. Klarifikasi untuk *drainage* geladak cuaca: 46 CFR 178 subpart D
  - a. Regulasi ini tidak berlaku untuk kapal terbuka, namun sistem untuk pengeringan diperlukan dan untuk kepuasan OCMI
  - b. Geladak harus dikeringkan melalui bilga

#### **2.3.4. Identification of Hazards**

Ada banyak metode yang dikembangkan untuk identifikasi bahaya. *Pre hazard analysis* (PHA) akan digunakan dan karenanya dijelaskan secara rinci di sini. PHA dikembangkan oleh Angkatan Darat AS. Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi bahaya pada awal proses desain dan memberikan gambaran umum di mana bahaya terbesar dalam sistem atau proses dapat ditemukan. Hal ini sesuai dengan langkah satu dari FSA. Metode PHA umumnya dibagi menjadi tujuh langkah:

1. Merencanakan dan mempersiapkan
2. Identifikasi bahaya dan kejadian berbahaya
3. Tentukan frekuensinya
4. Tentukan Konsekuensinya
5. Sarankan langkah-langkah pengurangan risiko
6. Nilai risiko
7. Laporkan analisisnya

Pada Langkah pertama semua pekerjaan dasar analisis dilakukan. Ini termasuk mendefinisikan format lembar kerja PHA, tingkat risiko yang dapat diterima, dan pendekatan untuk mengukur risiko. Sistem yang akan dipelajari dan batasan-batasannya juga ditentukan, bersama dengan konteks analisis. Bagian terakhir dari langkah ini adalah mengumpulkan semua informasi yang diperlukan untuk analisis. Seperti PHA biasanya digunakan di awal fase desain,

informasi tersedia mungkin terbatas. Sistem dapat dipecah menjadi beberapa subsistem atau fungsi untuk lebih mudah mengidentifikasi bahaya yang terhubung ke sistem. (Havdal, Heggelund and Larssen, 2017)

Langkah kedua terdiri dari bagian utama PHA, membuat daftar potensi bahaya. Di sini sistem yang didefinisikan pada langkah sebelumnya digunakan untuk mengidentifikasi elemen dan situasi berbahaya, dan mengumpulkan dalam daftar. Bahaya dapat ditimbulkan oleh satu elemen atau situasi, atau mengikuti interaksi yang tidak diinginkan dari berbagai elemen dan situasi. Informasi yang termasuk dalam daftar bahaya dapat bervariasi. Untuk membantu mengidentifikasi bahaya, daftar bahaya secara umum dapat digunakan sebagai panduan. (Havdal, Heggelund and Larssen, 2017)

Langkah tiga dan empat digunakan untuk menentukan frekuensi dan konsekuensi dari berbagai bahaya yang ditemukan. Kedua langkah ini dapat dilakukan secara terpisah, tetapi mungkin lebih mudah dilakukan secara paralel. Ketika frekuensi dan konsekuensi ditetapkan, dimungkinkan untuk menghitung *risk priority number* (RPN). Ini digunakan untuk menentukan apakah bahaya dapat diterima atau tidak. (Havdal, Heggelund and Larssen, 2017)

Pada langkah lima, langkah-langkah pengurangan risiko untuk bahaya harus dipertimbangkan dan dicatat. Ini dapat mencakup peningkatan langkah-langkah yang sudah ada atau saran langkah-langkah pengurangan risiko baru. Langkah ini bukan tujuan terpenting PHA, tetapi dapat membantu dalam pekerjaan lebih lanjut dengan hasil PHA. (Havdal, Heggelund and Larssen, 2017)

Langkah keenam menilai hasil PHA. Untuk menilai risiko evaluasi harus dilakukan. Pendekatan yang umum adalah menggunakan prinsip ALARP. ALARP adalah kependekan dari “*as low as reasonably practicable*”. Prinsip ALARP pertama kali diperkenalkan dalam “kerangka tolerabilitas risiko” untuk stasiun nuklir Inggris (Rausand, 2013). Prinsip Alarp membagi risiko menjadi tiga tingkatan: tingkat yang tidak dapat diterima, tingkat ALARP, dan tingkat yang dapat diterima secara luas. (Havdal, Heggelund and Larssen, 2017)

Langkah Terakhir menyangkut mengumpulkan hasil dan kesimpulan dari PHA, dan melaporkannya secara jelas dan tertib. Ini biasanya dilakukan dalam lembar kerja PHA. Tabel 2.7 menunjukkan contoh apa yang bisa direpresentasikan dalam lembar kerja PHA. (Havdal, Heggelund and Larssen, 2017)

Tabel 2.7 Lembar Kerja PHA (Havdal, Heggelund and Larssen, 2017)

System element	Hazard	Hazardous event	Cause	Cons.	Risk			Risk Reducing Measures
					Freq.	Cons.	RPN	



### 2.3.5. Tingkat Otonomi untuk Fungsi Navigasi

Berdasarkan persyaratan operasional dan bahaya terhadap navigasi yang ditetapkan sebagai bagian dari CONOPS / HAZID, seseorang dapat mendefinisikan fungsi navigasi atau tugas yang dimaksudkan untuk dicakup oleh sistem otonom dan yang akan ditanggung oleh operator manusia. Selain itu, lokasi operator manusia dapat ditentukan; yaitu jika berapa di kapal atau jarak jauh. Ini harus berakhir di infrastruktur *auto remote* yang secara total akan memberikan tingkat keamanan yang sama atau lebih baik daripada kapal tradisional. Karena mungkin ada beragam kemampuan bagi sistem untuk mematuhi fungsi otonom yang akan mencakup semua fungsi navigasi, campuran tugas dengan manusia dan sistem yang dioperasikan diasumsikan. (Vartdal and Jørgensen, 2018) Penjelasan lebih detail dapat dilihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Tingkat Otonomi untuk Fungsi Navigasi (Vartdal and Jørgensen, 2018)

Autonomy level	Deskripsi Tingkat Otonomi
M	Fungsi yang dioperasikan secara manual
DS	Sistem mendukung fungsi keputusan
DSE	Keputusan sistem didukung fungsi dengan kemampuan eksekusi sistem kondisional (manusia dalam loop, diperlukan pengecekan oleh manusia sebelum dieksekusi)
SC	Fungsi yang dikontrol sistem (sistem akan menjalankan operasi, tetapi manusia dapat mengabaikan tindakan. Kadang-kadang disebut sebagai manusia di loop)
A	Fungsi otonom (sistem akan menjalankan fungsi tersebut, biasanya tanpa kemungkinan manusia melakukan intervensi pada level fungsional).

Seperti yang dijelaskan di atas, suatu fungsi dapat dicakup oleh berbagai tingkat otonomi; oleh karena itu perlu untuk menjabarkan tingkat otonomi lebih jauh ke bawah. Di bawah ini adalah metode yang dapat digunakan untuk memperjelas bagian mana dari fungsi yang dimaksudkan untuk diselesaikan oleh manusia dan yang harus diselesaikan oleh suatu sistem. (Vartdal and Jørgensen, 2018)

Awalnya kontrol fungsi dapat dibagi menjadi empat bagian utama, yaitu:

1. *Detection*:

Perolehan informasi yang relevan untuk pengendalian suatu fungsi. Informasi tersebut mungkin didasarkan pada sensor dan / atau persepsi manusia.

2. *Analysis*:

Interpretasi informasi yang diperoleh ke dalam pemahaman situasional yang relevan untuk pengendalian fungsi.

3. *Planning:*

Penentuan perubahan yang diperlukan dalam parameter kontrol untuk menjaga kinerja fungsi dalam frame yang berlaku.

4. *Action:*

Mengefektifkan perubahan yang direncanakan dari parameter kontrol, biasanya melalui aktuator yang dioperasikan melalui sistem kontrol. Namun, ini dianggap sebagai sistem konvensional berdasarkan teknologi yang ada sehingga pedoman ini tidak memberikan panduan lebih lanjut untuk ini.

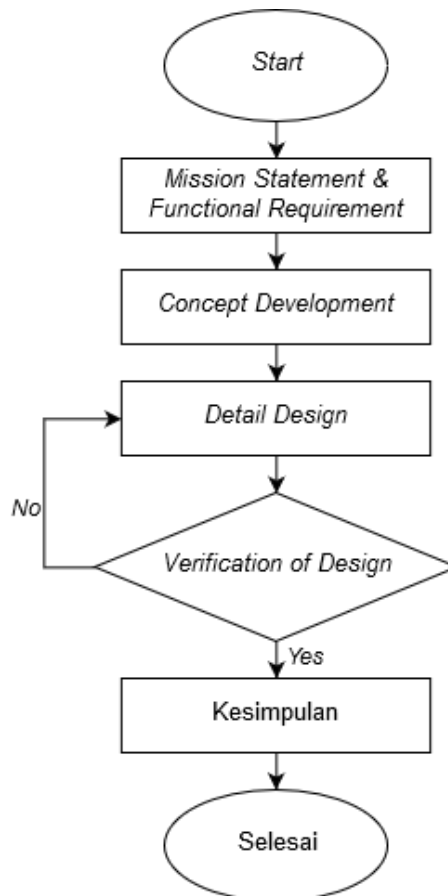
## BAB 3 METODOLOGI

### 3.1. Umum

Pada Bab ini akan dijelaskan mengenai urutan pengerjaan dari Tugas Akhir ini meliputi diagram alir dari pengerjaan, proses dan urutan pengerjaan.

### 3.2. Diagram Alir Pembuatan Kapal

Berikut ini adalah diagram alir pembuatan kapal yang dapat dilihat pada Gambar 3.1 proses ini dimulai dengan *mission statement and fuctional requirements*, yang dilanjutkan dengan membuat *concept design*, kemudian proses pembuatan *detail design* dan langkah terakhir dilakukanya *verification of design*.



Gambar 3.1 Diagram Alir Pembuatan Kapal

### **3.3. Proses Pengerjaan**

Proses pengerjaan Tugas Akhir ini terdiri dari *mission statement & functional requirement, concept development, detail design, dan verification of design.*

#### **3.3.1. Mission Statement & Functional Requirement**

Pada tahap awal ini akan membahas pernyataan misi dan penentuan semua persyaratan fungsional yang relevan untuk produk desain akhir. Sebagaimana diilustrasikan dan dijelaskan dalam bab sebelumnya, metodologi SBSD dan RBSD akan secara bersamaan menetapkan persyaratan. Persyaratan fungsional umum akan ditentukan terlebih dahulu, berdasarkan pada pernyataan misi untuk proyek. Setelah itu, persyaratan umum yang berkaitan dengan keselamatan akan ditetapkan, sebelum memeriksa persyaratan fungsional terkait keselamatan yang mendukungnya. Ini akan ditentukan dengan menggunakan beberapa tahap dari FSA.

Pada tahap ini ada beberapa langkah yang dilakukan yaitu:

1. Mendefinisikan *Mission Statement* dan Fungsi Utama
2. Mendefinisikan Fungsi Terkait Keamanan
3. Mengidentifikasi *Hazard*
4. Melakukan Pemilihan Fungsi Terkait Keselamatan

#### **3.3.2. Concept Development**

Pada sub bab ini akan membahas pekerjaan terkait dengan mentransformasikan persyaratan fungsional ke dalam bentuk fisik desain. Pengembangan konsep dimulai melalui melakukan studi literatur dan melakukan diskusi dengan dosen pembimbing. Tujuannya adalah untuk menemukan semua solusi yang mungkin memenuhi fungsi utama. Evaluasi solusi akan dilakukan dengan menggunakan berbagai metode pemeringkatan, membatasi ruang desain. Konsep awal ditentukan melalui *brainstorming*, sebelum bentuk lambung dipertimbangkan. Selanjutnya, docking akan dievaluasi dan solusi tambatan ditentukan sebelum pertimbangan yang berkaitan dengan keselamatan dan desain dibahas. Terakhir, tata letak dok diatur dan area serta volume yang diperlukan di atas kapal akan diselidiki. Hasilnya akan digunakan untuk mengisi keperluan dari SBSD dan menentukan *displacement* awal kapal.

Pada tahap ini ada beberapa langkah yang dilakukan yaitu:

1. Analisis fungsional dan kemungkinan solusi
2. Estimasi area yang dibutuhkan pada *main deck*
3. Menentukan bentuk lambung
4. Menentukan cara kapal berlabuh ke dock

5. Menentukan sistem tambatan
6. Pertimbangan otonomi

### **3.3.3. Detail Design**

Pada sub-bab ini akan membahas proses pengambilan keputusan di mana desain akhir ditentukan. Proses ini diilustrasikan menggunakan spiral desain dalam deskripsi pendekatan metodis. Bentuk lambung akan dirancang bersama dengan superstruktur. Selanjutnya, ruang yang dibutuhkan di kapal akan dievaluasi kembali untuk memastikan bahwa modifikasi yang diperlukan dilakukan pada lambung. Akhirnya, pengaturan peralatan dan perlengkapan akan ditetapkan

Pada tahap ini ada beberapa langkah yang dilakukan yaitu:

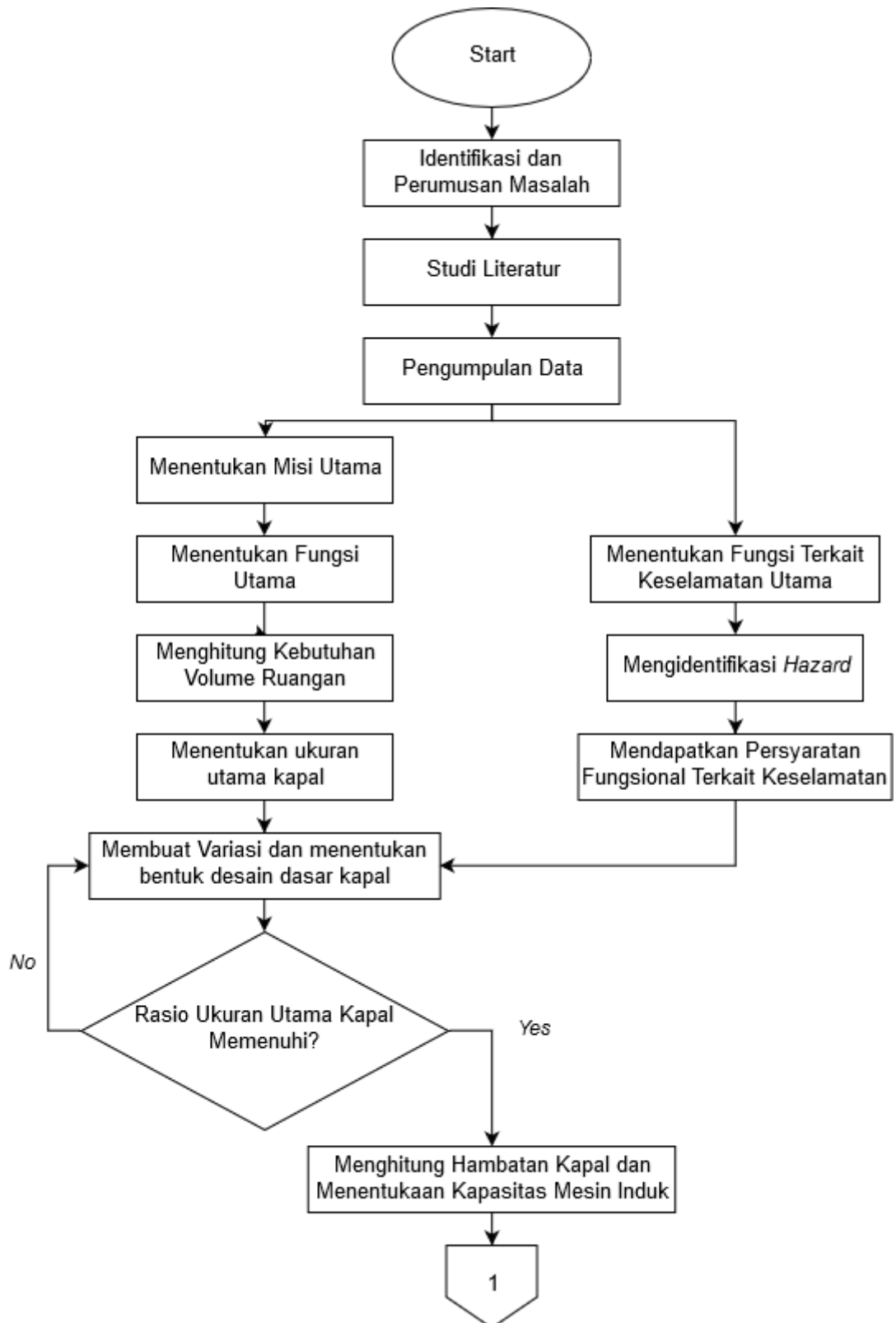
1. Menentukan *main dimension*
2. Membuat model lambung
3. Membuat Lines Plan
4. Menghitung LWT dan DWT
5. Menghitung hambatan kapal
6. Menentukan kebutuhan tenaga mesin dan kelistrikan
7. Menentukan *general arrangement*
8. Pemodelan 3D

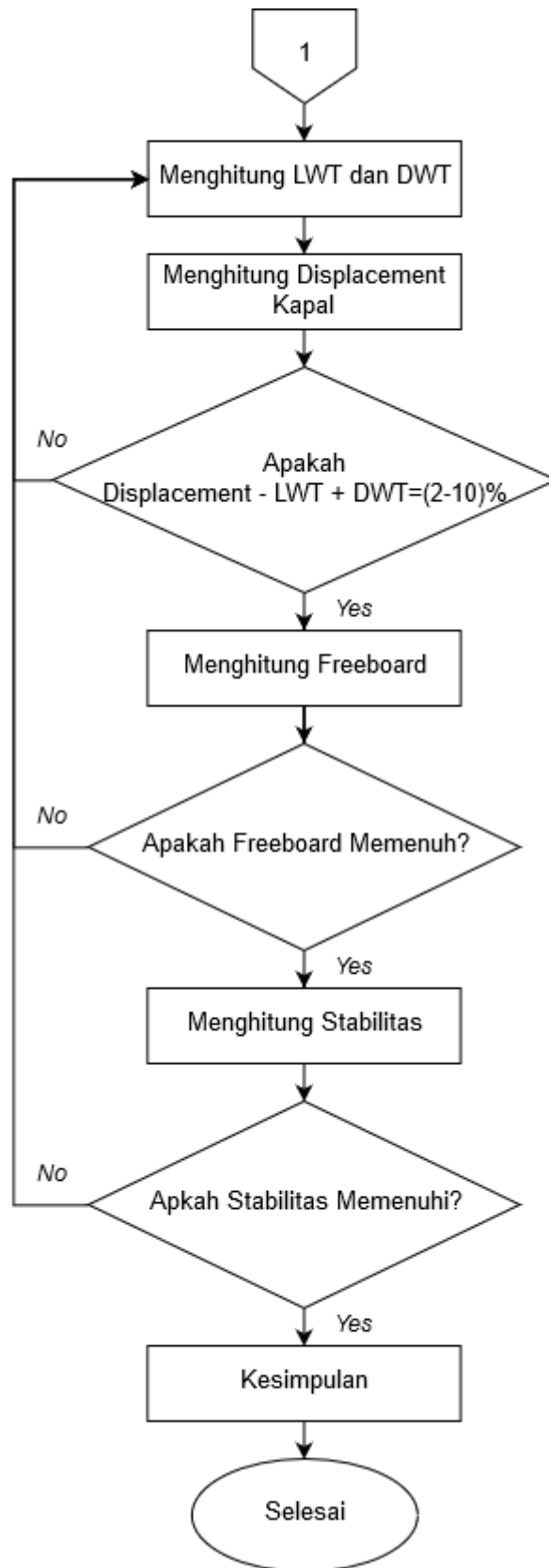
### **3.3.4. Verification of Design**

Pada sub bab ini menyajikan evaluasi yang digunakan untuk menentukan desain akhir. Ini akan membahas pengecekan perhitungan displacement, freeboard, dan stabilitas kapal.

### **3.3.5. Diagram Alir Metodologi Tugas Akhir**

Setelah pembahasan tentang cara pembuatan kapal di atas dapat disimpulkan bahwa pengerjaan Tugas Akhir ini akan dimulai dengan identifikasi masalah, dilanjutkan dengan studi literatur untuk mendapatkan teori-teori yang relevan untuk pengerjaan tugas akhir ini, dan dilanjutkan dengan pengumpulan data agar dapat membuat desain sesuai dengan kebutuhan dari kondisi masalah yang ada. Pengerjaan ini akan mengikuti mengikuti diagram alir metodologi yang ditunjukkan pada Gambar 3.2.





Gambar 3.2 Metodologi Tugas Akhir

Halaman ini sengaja dikosongkan



## **BAB 4**

### **KONSEP DESAIN SISTEM *AUTONOMOUS***

#### **4.1. Umum**

Pada bab ini akan dibahas bagaimana kapal dapat berjalan secara *autonomous* dan pengembangan desainya. Pada bab ini akan terdapat sub bab yang membahas *autonomous*, *remote*, dan cara kapal mendekati deramaga dan berlabuh.

#### **4.2. Autonomous**

Pada bab II sudah dijelaskan beberapa definisi dan tingkatan *autonomous* yang diberikan oleh beberapa pihak. National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) telah memberikan definisi *autonomous* yang ditujukan untuk kendaraan darat pada tahun 2014. Perkembangan *autonomous* mulai menjalar pada kapal. Lloyd's register mengeluarkan *guidance document* dengan judul *Cyber-enabled ships, Shipright procedure – autonomous ships* pada bulan July tahun 2016, Class DNV GL mengeluarkan *Class Guidlne* dengan judul *Autonomous and Remotely Operated Ships* pada bulan September tahun 2018, dan Maritime UK mengeluarkan *Maritime Autonomous Surface Ships UK Code of Practice* pada bulan November tahun 2018.

Penulis memilih *Maritime Autonomous Surface Ships UK Code of Practice* sebagai teori yang relevan dan didukung oleh *Class Guideline* dari DNV GL untuk mendesain *small autonomous passenger ferry*, pemilihan ini didasarkan oleh tahun keluarnya code dan class guideline tersebut yaitu tahun 2018 ini menandakan *Code* dan *Class Guideline* tersebut memiliki materi yang paling baru. Di sisi lain, *Maritime Autonomous Surface Ships UK Code of practice* dikembangkan oleh beberapa organisasi dan salah satunya Rolls Royce yang sudah berhasil menguji kapal *autonomous* mereka.

*Maritime Autonomous Surface Ships UK Code of Practice* dan *Class Guideline – Autonomous and Remotely Operated Ships* telah mendefinisikan tingkatan *autonomous*, dapat dilihat pada Tabel 2.3 dan Tabel 2.4. Penulis memilih tingkatan *autonomous*, *Remote Engineering Watch* oleh DNV GL dan *Delegated* oleh Maritime UK.

##### **1. Remote Engineering Watch, DNV GL**

Konsep ini didasarkan pada tugas, tugas dan tanggung jawab petugas yang bertanggung jawab atas pengawasan teknis yang ditanggung oleh personel di pusat

kendali jarak jauh di luar kapal. Konsep ini mengasumsikan bahwa tidak ada kru yang tersedia di kapal untuk mendukung personel jarak jauh dalam melakukan fungsi *marine engineering*.

## 2. Delegated, Maritime UK

Kapal tanpa awak sekarang berwenang untuk menjalankan beberapa fungsi. Mungkin merasakan lingkungan, melaporkan keadaanya dan mendefinisikan tindakan dan melaporkan rencananya. Operator memiliki opsi untuk menolak rencana (veto) yang dinyatakan oleh kapal tanpa awak dan pengambilan keputusan dibagi antara operator dan kapal tanpa awak.

Dari kedua definisi diatas penulis menyimpulkan bahwa kapal pada tugas akhir ini tidak memiliki crew di atas kapal melainkan operator yang mengawasi dari ground control station untuk menjaga kapal dapat beroperasi dengan baik, operator ini dinamakan *MASS Watch Officer* oleh Maritime UK.

### 4.3. *Remote*

Ada hal-hal tertentu yang terkait dengan operasi *remote control* yang harus diperhitungkan oleh operator saat merencanakan pelayaran atau misi untuk kapal. Kapal *autonomous* akan menggunakan campuran berbagai sistem komunikasi satelit dan darat untuk memberikan kemampuan mengoperasikan kapal *autonomous*. Namun, beberapa mode kendali jarak jauh atau pengawasan jarak jauh mungkin memerlukan latensi dan bandwidth yang melebihi kemampuan sistem satelit dalam kondisi cuaca buruk. Operator harus memastikan bahwa ada konektivitas yang memadai untuk misi yang diminta. Bahkan jika transfer data kapal *autonomous* memiliki prioritas tertinggi dalam jaringan ini, operator harus meninjau kondisi lalu lintas dan cuaca untuk memutuskan apa yang menjadi prioritas utama dalam operasi.

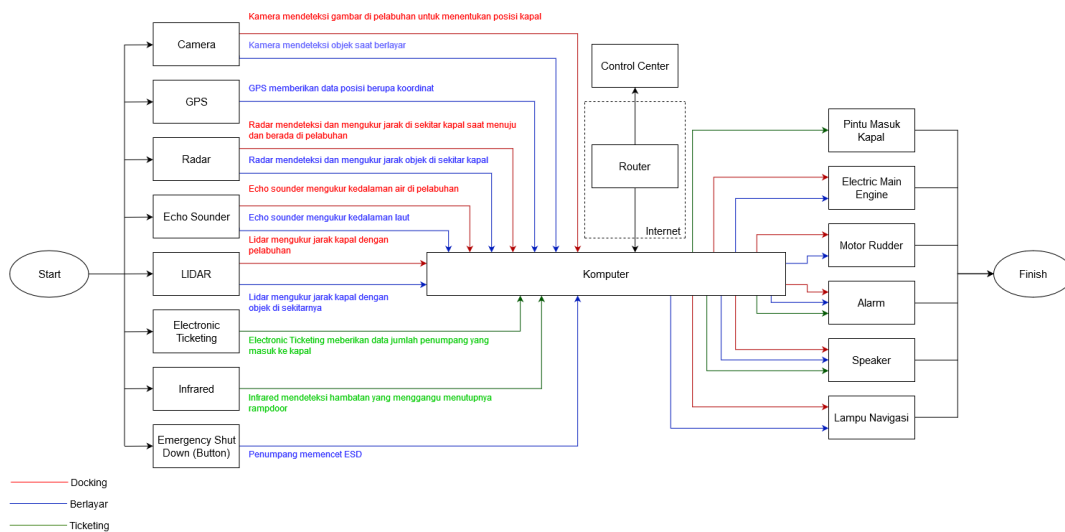
Dari sudut pandang perencanaan pelayaran, ini berarti menentukan bagian mana yang harus dioperasikan dalam kendali jarak jauh dan yang dijalankan secara mandiri, operator harus mendefinisikan strategi navigasi lebih lanjut bersama dengan strategi cadangan. Urutan strategi cadangan dilaksanakan hanya jika kapal mengalami pengurangan konektivitas yang tidak terduga bersamaan dengan tantangan operasional yang biasanya memerlukan intervensi operator.

Strategi cadangan dapat mencakup: meminta operator untuk mengambil kendali manual (jika gagal), memperlambat dan melanjutkan mengikuti titik lewat (jika gagal), menghentikan

kapal (jika gagal), menavigasi ke waypoint sebelumnya (jika gagal), menavigasikan kembali ke lokasi aman yang telah ditetapkan.

#### 4.3.1. Sistem Autonomus

Dalam tugas akhir ini menulis membuat sistem *autonomous* yang diterapkan pada kapal *small passenger ferry*. Sistem *autonomous* terdapat 3 jenis perangkat yaitu sensor, *processor*, dan aktuator. Gambar 4.1 merupakan diagram sistem *autonomus* yang dibuat oleh penulis



Gambar 4.1 Diagram Sistem *Autonomus*

Perangkat sensor yang berada di diagram sistem *autonomus* ini ialah, kamera, GPS, radar, echo sounder, lidar, electronic ticketing, infrared, dan emergency shut down (Button). Perangkat *processor* yang dibutuhkan oleh kapal *autonomus* ini adalah komputer yang berada di kapal dan komputer yang berada di *control center*. Dan aktuator yang menjalankan perintah dari *processor* ini adalah pintu masuk kapal, electric main engine, motor rudder, alarm, speaker, dan lampu navigasi.

Sensor digunakan untuk pendeteksian pada saat melakukan pelayaran, *docking*, dan *ticketing*. Beberapa sensor ini mempunyai peranya masing-masing yaitu:

1. Kamera

Kamera menjadi pilihan alami untuk melakukan pengecekan situasi. Mereka dapat memberikan resolusi spasial yang sangat tinggi dengan informasi warna untuk identifikasi objek. Resolusi spasial yang tinggi memungkinkan untuk mengenali objek dan hambatan, baik oleh operator atau melalui algoritma analisis otomatis, dan informasi warna dapat digunakan untuk membantu pemisahan (segmentasi) objek yang relevan.

2. *Global Positioning System (GPS)*

GPS digunakan untuk menentukan letak kapal dengan bantuan penyelarasan (synchronization) sinyal satelit. Sinyal ini diterima oleh alat penerima dan digunakan untuk menentukan letak (berupa koordinat), kecepatan, arah, dan waktu.

3. *Radio Detection and Ranging (Radar)*

Radar digunakan untuk mendeteksi dan mengukur jarak suatu objek di sekeliling kapal. Radar dapat memberikan petunjuk adanya kapal, pelampung, kedudukan pantai dan objek lain disekeliling kapal. Radar dapat membantu menghindari atau mencegah terjadinya tabrakan di laut. Radar akan sangat berguna pada saat cuaca buruk, keadaan berkabut dan berlayar di malam hari terutama apabila petunjuk pelayaran seperti lampu suar, pelampung, bukit, atau bangunan secara visual tidak dapat diamati.

4. Lidar

Lidar digunakan untuk mendeteksi dan mengukur jarak suatu objek di sekeliling kapal dengan sangat akurat. Data yang diberikan lidar dapat memberikan detail 3D di daerah sekeliling kapal. Lidar dapat berkerja di keadaan gelap dan memungkinkan dapat bekerja baik di cuaca yang buruk.

5. *Echo Sounder*

*Echo Sounder* digunakan untuk menentukan kedalaman suatu perairan dan mengetahui bentuk dasar suatu perairan. Ini membantu kapal untuk menentukan jalur aman yang dilewati oleh kapal. Echo sounder digunakan juga untuk mengetahui ketinggian kapal saat melakukan penambatan di pelabuhan.

6. Electronic Ticketing (e-Ticketing)

e-Ticketing digunakan untuk mengurangi penumpukan antrian pembelian tiket karcis, mengurangi kompleksitas pembuatan tiket, mengurangi potensi penumpang gelap dan pemalsuan tiket, dapat mendata profiling penumpang yang naik ke kapal, dan menggantikan manusia untuk melakukan pengawasan dan pengecekan tiket penumpang.

7. Infrared

Infrared digunakan untuk pengawasan saat orang masuk ke kapal melalui platform pengecekan e-ticketing yang berupa pagar otomatis. Infrared difungsikan untuk mengawasi orang yang menghalangi kerja pagar untuk menutup jalan masuk dan

keluar kapal. Sehingga tidak ada orang yang terluka saat berhenti menghalangi jalan masuk.

#### 8. Emergency Shut Down (Button)

Emergency Shut Down dapat dipakai bila keselamatan penumpang dalam bahaya dan keselamatan kapal terancam. Hasil dari *pre hazard analysis* menyimpulkan kapal dapat dicuri, kapal di sabotase, kapal terbakar, kapal tertubruk & grounding dan lain-lain. Saat penumpang memencet emergency shut down kapal tidak akan langsung mati melainkan informasi ini akan langsung disampaikan ke operator yang berada di ground control station untuk mengkonfirmasi informasi dan merencanakan tindakan apa yang perlu dilakukan dan sinyal tanda bahaya akan disiarkan ke BASARNAS dan kapal lain di lingkungan itu untuk meminta pertolongan. Operator akan mengambil alih kapal untuk mengarahkan kapal ke tempat yang sudah ditetapkan yang dianggap aman. Setelah kapal sampai menuju lokasi kapal akan di matikan dan menunggu pertolongan untuk datang

*Processor* berupa komputer akan memproses data yang diterima dari masukkan yang berasal dari sensor. Bagian yang paling intensif secara komputasi sensor adalah analisis data yang disediakan oleh kamera. Bagian penting dari pemrosesan data gambar, adalah segmentasi dari input data. Kamera video beresolusi tinggi menyediakan sejumlah data yang besar, sebagian besar tidak relevan untuk proses deteksi objek dan pemahaman konten gambar. Oleh karena itu, langkah pertama dalam proses analisis gambar adalah untuk mengelompokkan data input yang mentah, yaitu untuk menghapus semua informasi yang tidak relevan dengan tugas tertentu dari fitur dan objek yang harus dideteksi. Pada pengurangan jumlah data gambar, algoritma analisis yang lebih kompleks kemudian dapat diterapkan untuk pelacakan objek spasial dan temporal dan klasifikasi objek.

Data yang sudah diproses oleh komputer yang berada di kapal akan dikirimkan ke ground control station untuk operator tindak lanjut lebih lanjut. Data ini dikirimkan menggunakan jaringan internet yang harus memiliki kestabilan yang baik.

Aktuator selanjutnya akan menindak lanjut perintah yang diberikan oleh komputer yang prosesnya melalui pantauan oleh operator yang berada di darat. Aktuator ini memiliki fungsinya masing-masing yaitu:

##### 1. Pintu Masuk Kapal

*Pintu masuk kapal* berfungsi untuk menjembatani penumpang yang berada di pelabuhan untuk menaiki kapal. Pintu ini terintegrasi dengan sensor infrared dan

electronic ticketing yang berfungsi untuk pengontrolan penumpang yang menaiki kapal.

2. *Auxiliary Main Engine*

Kapal ini menggunakan *auxiliary main engine* yang bertujuan untuk dapat mengintegrasikan dengan sistem yang lainnya. *Auxiliary main engine* milik torqeedo dapat dikontrol melalui komputer yang berada di kapal dan software yang disediakan oleh torqeedo. Software ini yang menjembatani operator yang berada di daratan untuk dapat mengawasi dan mengontrol kinerja mesin di kapal

3. *Motor Rudder*

*Motor Rudder* berfungsi untuk menggerakkan rudder yang berada di kapal. Motor rudder akan terintegrasi dengan seluruh sensor yang digunakan, motor rudder harus dapat merespons dengan waktu yang tepat agar dapat melakukan manuver kapal dengan tepat waktu.

4. Alarm

Alarm berfungsi untuk memberitahukan apabila terjadi bahaya dan kerusakan ataupun kejadian yang tidak diharapkan pada jaringan melalui sinyal sehingga memberikan peringatan secara jelas agar dapat diantisipasi.

5. *Public Address System*

Speaker berfungsi untuk menyiarkan pengumuman dan memberikan laporan. Perangkat ini juga dapat berfungsi sebagai sistem peringatan darurat. Sistem Public Address ini pun dapat berfungsi untuk menginstruksikan penumpang kemana harus pergi dan bagaimana untuk bertindak.

6. Lampu Navigasi

Lampu navigasi ini berfungsi untuk memberikan informasi pada kapal lain yang berada di sekitar kapal ini beroperasi, mencakup cara mendahului kapal lain, ketika berpapasan dengan kapal lain, ketika berada pada daerah dengan jarak pandang terbatas, dan cara-cara pemberian jalan untuk kapal lain.

#### **4.3.2. Mode Operasional**

Dalam mode *autonomous* normal, kapal menjalankan misi yang direncanakan (mis. navigasi ke *waypoint* berikutnya) sesuai dengan rencana yang ditentukan. Dalam mode ini transfer data antara kapal dan operator diminimalkan dan hanya terbatas pada data status yang relevan seperti lokasi kapal, pos, kecepatan, ETA ke titik arah berikutnya (atau area pengawasan yang dekat) dan informasi utama dari sistem kesadaran situasional (sensor) juga sebagai sistem

kritikal kapal. Sementara kebutuhan interaksi antara kapal dan operator minimal dalam kondisi normal yang dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Kondisi Normal Kapal Beroperasi Secara Autonomous (Jokioinen, 2016)

Informasi tambahan akan diberikan secara otomatis dalam kasus sistem kesadaran situasional dan ambang batas pengambilan keputusan sisten navigasi *autonomous* terlampaui dan pemberitahuan diberikan ke operator, konfirmasi atau intervensi diperlukan. Ini berarti bahwa tingkat *autonomous* disesuaikan secara dinamis jika pelaksanaan misi tidak berjalan sesuai dengan rencana asli dan sistem navigasi *autonomous* melihat bahwa penyesuaian diperlukan.

Tingkat interaksi operator yang berbeda akan diminta tergantung pada skenario operasional. Misalnya jika kapal menyimpang dari jalur yang direncanakan antara dua *wapoints*, tetapi dalam batas yang ditentukan, sistem navigasi *autonomous* hanya memberi tahu operator tentang penghindaran yang direncanakan dan memberikan operator kemungkinan untuk memveto untuk waktu yang terbatas. Salah satu contoh penghindaran seperti itu bisa mengambil tindakan otomatis untuk menghindari kapal lain dengan sedikit mengubah tujuan atau kecepatan. Operator dapat memilih untuk menggunakan radio VHF untuk berkomunikasi dengan kapal lain dan mengkonfirmasi bahwa tindakan yang diambil oleh kapal aman untuk kedua belah pihak, dan jika diperlukan modifikasi, operator dapat mengambil kapal dalam kontrol manual (Gambar 4.3).



Gambar 4.3 *Ground Control Station* Diinformasikan Perencanaannya (Jokioinen, 2016)

Kasus yang lebih rumit yang memerlukan pengambilan keputusan pengguna adalah ketika kapal di jalur sedemikian rupa sehingga *waypoint* yang lengkap harus direncanakan ulang (mis. penghindaran atau penggantian dari jalur yang direncanakan tidak cukup untuk menyelesaikan tantangan navigasi). Untuk memastikan bahwa perubahan pada rencana dibuat dengan cara yang aman, konfirmasi dari operator akan diminta seperti pada Gambar 4.4. Sistem navigasi otonom akan menawarkan satu atau lebih alternatif bagaimana *waypoint* dapat dimodifikasi, tetapi operator akhirnya akan membuat keputusan bagaimana melanjutkan perjalanan.



Gambar 4.4 Operator Memberikan Konfirmasi dan Solusi (Jokioinen, 2016)

Dapat juga diperkirakan bahwa akan ada skenario yang kompleks di mana perencanaan jalur sistem navigasi *autonomous* dan algoritma tidak dapat memecahkan situasi dengan jelas. Contoh dari hal ini bisa jika objek terdeteksi sangat banyak dan algoritma perencanaan jalur



tidak mampu mengidentifikasi mereka dan dengan demikian sistem tidak dapat menentukan bagaimana navigasi harus dilanjutkan. Dalam skenario seperti ini kapal akan mengirim pesan “pan-pan” kepada operator yang mengindikasikan bahwa ia membutuhkan bantuan. Kapal telah menetapkan serangkaian strategi cadangan yang akan mulai dijalankan dalam urutan yang direncanakan jika respons pengguna tidak diterima, dan dalam “pan-pan” -tergantung pada urgensi, eksekusi strategi fallback otomatis juga dapat segera dimulai, seperti pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Situasi Abnormal Memerlukan Intervensi Operator (Jokioinen, 2016)

Pada dasarnya kontrol suatu fungsi dapat dibagi menjadi empat bagian utama dengan penggambaran lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 4.6

1. *Detection*

Perolehan informasi yang relevan untuk pengendalian suatu fungsi. Informasi tersebut mungkin didasarkan pada sensor dan / atau persepsi manusia.

2. *Analysis*

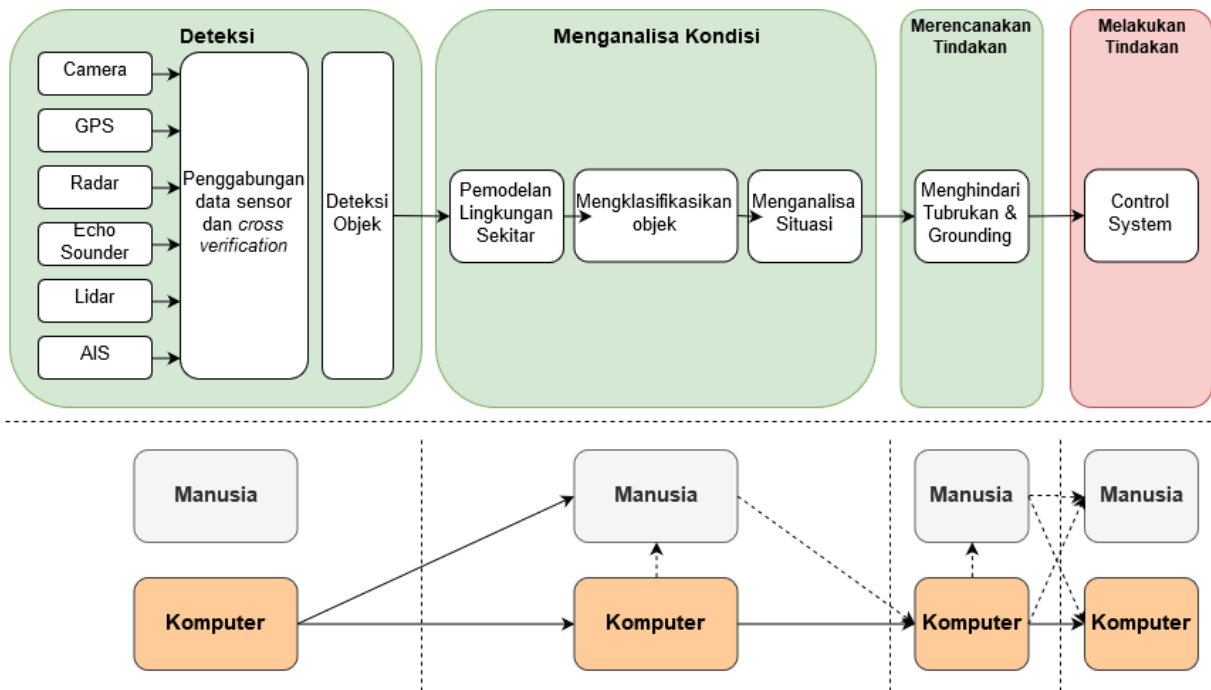
Interpretasi informasi yang diperoleh ke dalam pemahaman situasional yang relevan untuk pengendalian fungsi.

3. *Planning*

Penentuan perubahan yang diperlukan dalam parameter kontrol untuk menjaga kinerja fungsi dalam frame yang berlaku.

4. *Action*

Mengefektifkan perubahan yang direncanakan dari parameter kontrol, biasanya melalui aktuator yang dioperasikan melalui sistem kontrol.

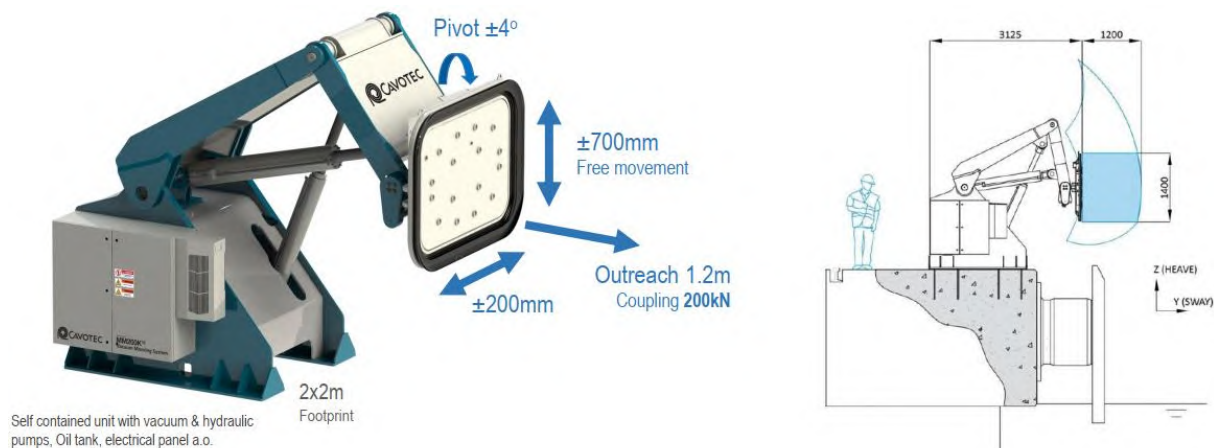


Gambar 4.6 Diagram Kontrol Autonomus

#### 4.4. Cara Kapal Mendekati Dermaga dan Berlabuh

Ketika kapal mendekati pelabuhan dengan jarak sejauh 2000 meter, operator mengambil alih kapal dengan kendali jarak jauh untuk memposisikan kapal ke pelabuhan. Kapal mengurangi kecepatan secara perlahan dan menjajarkan kapal dengan mooring system yang berada di pelabuhan.

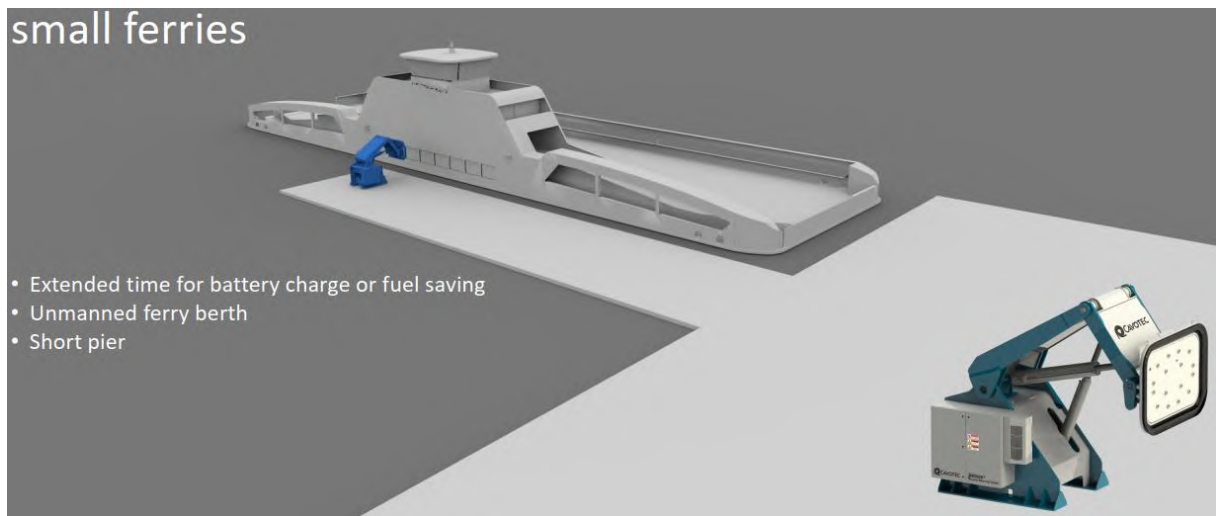
Mooring system yang dipakai adalah MoorMaster milik Cavotec. MoorMaster™ adalah teknologi mooring otomatis berbasis vakum yang menghilangkan kebutuhan akan jalur tambat konvensional yang digambarkan pada Gambar 4.7 dan Gambar 4.8 . Unit MoorMaster™ dirancang untuk menahan kapal pada jarak tertentu dari fender. Selain itu, unit-unit hanya menempel pada tubuh paralel kapal yang memberikan kemungkinan berlabuh.



Gambar 4.7 MoorMaster 200K<sup>12</sup> Specification (Mooring, 2018)

MoorMaster™ mempunyai beberapa fitur yang mendukung sistem otomasi dari kapal ini yaitu:

- Kapal ditambatkan dengan satu operator yang menggunakan sistem remote control (radio dan / atau Wi-Fi)
- Kapal dapat diposisikan ulang tanpa perlu menghidupkan mesin kapal dan tanpa pilot atau kapal tunda
- Sarat air dan variasi pasang surut dikelola secara otomatis tanpa keterlibatan manusia.



Gambar 4.8 Contoh *Automated Mooring Small Ferries* yg Diberikan Cavotec (Mooring, 2018)

Penempatan MoorMaster ini akan disejajarkan dengan paralel middle body kapal. Untuk memastikan kapal sejajar dengan mooring system ini akan dipasangkan kamera di posisi mooring system, ini bertujuan untuk operator mengetahui posisi kapal. Apa yang terekam oleh kamera ini akan dilihat oleh operator yang mengendalikan kapal. Pada badan kapal akan diberikan tanda untuk mengetahui posisi *mount mooring system* ini akan menempel.

Ketika kapal bermanuver keluar dari area pelabuhan yang padat, operator dapat memiliki kendali jarak jauh untuk menghindari adanya tabrakan dengan kapal lain atau pengawasan yang didukung oleh sistem sensor yang ada di atas kapal.

Halaman ini sengaja dikosongkan

## **BAB 5**

### **PEMBUATAN DESAIN KAPAL**

#### **5.1. Umum**

Pada sub bab ini akan membahas tentang pembuatan desain dengan pendekatan SBSD dan RBSD yang akan dijelaskan dalam sub bab *mission statement & main functional requirement, concept development, detail design, dan verification of design.*

#### **5.2. Penentuan Metode Desain**

Pada sub bab II.2 sudah dijelaskan beberapa metodologi desain berbeda yang relevan untuk penelitian ini. Ini termasuk metode *Traditional Marine Design*, SBSD, dan RBSD. Pendekatan desain secara tradisional dimulai dengan melihat kapal yang sudah ada dengan jenis yang sama dengan kapal yang akan dirancang. Pendekatannya adalah bergerak dari misi ke bentuk. Jika tujuannya adalah merancang kapal yang mirip dengan kapal lain yang ada, metodologi ini mungkin tepat. Tantangan menggunakan metode ini adalah bahwa desain yang digunakan sebagai dasar mungkin memiliki kecacatan. Desainer kemudian akan mengambil risiko membawa kekuarangan atau kelemahan ke dalam desain baru jika ini tidak ditemukan. Metodologi SBSD tidak menggunakan kapal yang ada sebagai dasar untuk desainnya. Metode ini dimulai dengan menentukan fungsi yang relevan untuk produk. Menggunakan pendekatan ini akan meningkatkan peluang untuk inovasi dan solusi baru, karena memungkinkan perancang untuk melihat beberapa alternatif. Lebih jauh, perancang dapat fokus pada alternatif yang baik. Metodologi bergeradi dari misi melalui fungsi ke bentuk. Dengan menggunakan metodologi ini, perancang tidak dapat bersandar pada desain sebelumnya. Oleh karena itu, tantangannya adalah untuk tidak membuat kesalahan perhitungan dan memasukkannya ke dalam desain.

Metodologi RBSD sebenarnya bukan metodologi desain yang lengkap karena hanya menetapkan pendekatan sampai tahap pengembangan konsep. Tujuan metodologi ini adalah untuk menentukan persyaratan fungsional yang relevan terkait keselamatan, untuk membuktikan bahwa solusi baru setidaknya seaman yang disyaratkan oleh peraturan yang ada, meskipun tidak memenuhinya. Dengan cara ini, metode ini memungkinkan inovasi dan pengembangan.

Sistem Autonomous yang mengontrol kapal belum dikembangkan secara umum dan kemungkinan akan menetapkan beberapa persyaratan fungsional untuk desain yang belum ada di kapal yang ada. Oleh karena itu, RBSD akan menjadi bagian dari metodologi yang diterapkan dalam penelitian ini. Lebih lanjut, tidak ada kapal pembanding yang tersedia, membuat pendekatan desain secara tradisional tidak cocok untuk pembuatan kapal ini. Metodologi SBSB akan menjadi alternatif terbaik karena akan menjadi kebutuhan untuk menentukan area dan volume yang diperlukan di *deck* sebelum merancang lambung dan *superstructure*. Ini karena tidak ada indikasi yang valid pada ruang yang dibutuhkan. Metode SBSB juga sangat cocok untuk integrasi dengan metodologi RBSD karena kedua metode ini fokus pada perancangan dari fungsi ke bentuk. Ketika menerapkan dua metode dalam tesis ini, analisis fungsional akan menjadi prioritas pada tingkat yang lebih tinggi daripada apa yang lainnya. Ini karena pengembangan desain baru memberikan hasil terbaik jika fungsionalitas produk digunakan sebagai dasar.

Berdasarkan pemikiran ini, disimpulkan bahwa pendekatan desain terbaik adalah dengan menggunakan metode SBSB dengan masukan dari RBSD.

### **5.3. Deskripsi Pendekatan Metodologi**

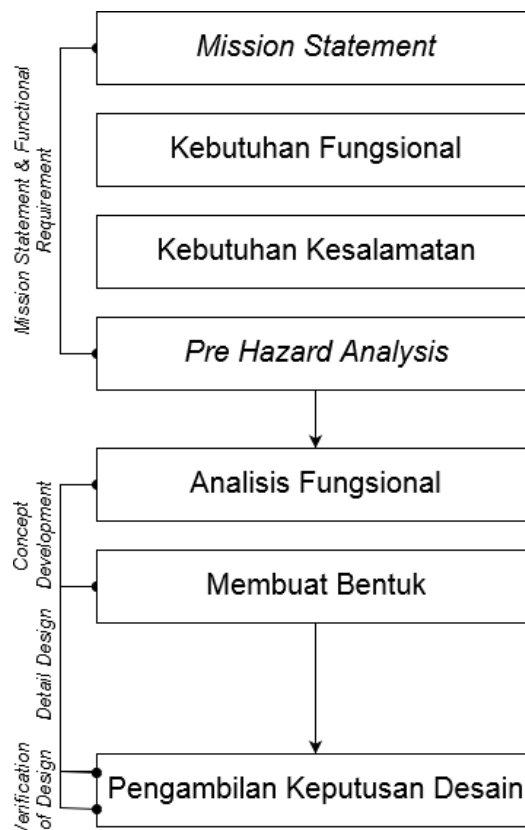
Pekerjaan mengikuti metodologi SBSB yang dikombinasikan dengan metode RBSD. Untuk menerapkan kedua metode secara bersamaan dalam penelitian ini, kedua metode tersebut harus dimodifikasi agar sesuai dengan kebutuhan.

Desain dimulai dengan pernyataan misi, seperti normalnya menggunakan metode SBSB. Ini termasuk menyatakan tugas utama dalam payaran. Setelah itu, fungsi-fungsi utama yang relevan ditetapkan mempertimbangkan apa yang berhubungan langsung dengan pelaksanaan tugas utamanya. Metodologi RBSD di sini digunakan untuk memasukkan fungsi utama terkait keselamatan. Ini akan mirip dengan fungsi utama di metode desain secara tradisional, tetapi hanya fokus pada keselamatan operasional.

Untuk menentukan fungsi terkait keselamatan, Beberapa tahap dari FSA akan dilakukan. Penilaian ini akan mencakup identifikasi bahaya dan identifikasi skenario. Penilaian risiko akan menghasilkan persyaratan fungsional terkait keselamatan yang diperlukan untuk memenuhi fungsi terkait keselamatan.

Setelah semua persyaratan fungsional yang relevan ditetapkan, pengembangan konsep dapat dimulai. Perbanyak literatur, perbanyak pengetahuan tentang teknologi terbaru, dan mencatat semua solusi yang mungkin dapat diterapkan. Alternatif akan terus dievaluasi terhadap

kondisi kerangka kerja yang relevan, alternatif yang tidak relevan akan dikeluarkan sehingga membatasi solusi akhir selama proses desain. Pengembangan konsep akan dilakukan sebelum menentukan area dan volume yang diperlukan di atas kapal. Setelah penentuan volume. Setelah penentuan area, bentuk lambung dan bangunan atas akan dirancang sebelum desain lengkap dievaluasi. Bobot kapal akan terus diestimasi berdasarkan informasi yang tersedia. Langkah berikutnya dari metode RBSD akan menggunakan persyaratan fungsional terkait keselamatan sebagai seperangkat ekstra parameter keputusan dalam proses desain. Konsep dan desain akhir akan dievaluasi tidak hanya pada kinerja teknis, tetapi juga pada kinerja keselamatan. Ini akan dirancang agar sesuai dengan kondisi eksternal dan batasan yang ada. Metode evaluasi yang akan diterapkan meliputi perhitungan trim, freeboard, dan stabilitas. Gambar 5.1 menggambarkan pendekatan metode yang diterapkan dalam penelitian ini.



Gambar 5.1 Kombinasi Metodologi SBSD dan RBSD

#### 5.4. *Mission Statement & Functional Requirement*

Pada sub bab ini akan membahas pernyataan misi dan penentuan semua persyaratan fungsional yang relevan untuk desain akhir. Sebagaimana diilustrasikan dan dijelaskan dalam bab sebelumnya, metodologi SBSD dan RBSD akan secara bersama menetapkan persyaratan ini. Persyaratan fungsional umum akan ditentukan terlebih dahulu, berdasarkan pada

pernyataan misi untuk tugas kapal. Setelah itu, persyaratan umum yang berkaitan dengan keselamatan akan ditetapkan, sebelum memeriksa persyaratan fungsional terkait keselamatan yang mendukungnya

#### **5.4.1. Mission Statement & Main Function**

Tugas utama dalam penelitian ini adalah merancang kapal autonomous untuk mengangkut orang dari pelabuhan babo ke terminal Tangguh LNG di Teluk Bintuni. Ini mencerminkan apa yang menjadi fokus dari proses desain dan aspek apa yang menjadi bagian wajib dari hasilnya. Beberapa persyaratan fungsional untuk produk yang dihasilkan berdasarkan interview yang dilakukan dengan bapak Budiharjo, pegawai Tangguh LNG, didapatkan persyaratan fungsional untuk penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kapal dapat mengantarkan penumpang sebanyak 40 orang
2. Jadwal pergantian *crew* dilakukan per 3 minggu sampai dengan 4 minggu, atau lebih
3. Kapal dapat membawa koper dan tas yang berisi pakaian dan *snack*
4. Kapal dapat mencapai kecepatan maksimum sebesar 16 knots untuk mencapai destinasi dengan waktu satu jam dua puluh menit.
5. Kapal dapat bernavigasi secara *autonomous* dengan bantuan satu operator di pelabuhan
6. Kapal dapat berlabuh secara *autonomous* dengan bantuan satu operator di pelabuhan

#### **5.4.2. Fungsi Terkait Keselamatan**

Fokus utama ketika menentukan fungsi keselamatan adalah keselamatan dan kenyamanan penumpang. Fokus utama adaah pada feri itu sendiri, dermaga dan area di sekitar feri juga dipertimbangkan, tetapi dengan sedikit penekanan. Aspek operasional feri dianggap lebih relevan daripada keselamatan terkait bangunan. Ini karena desain dan operasi adalah fokus utama penelitian ini. Daftar fungsi terkait keselamatan disajikan di bawah ini.

1. Dapat menghindari kecelakaan grounding dan tubrukan yang menyebabkan kehilangan kendali kapal
2. Dapat menghindari kehilangan nyawa manusia yang berhubungan dengan kecelakaan kapal
3. Dapat menghindari kehilangan nyawa manusia yang berhubungan dengan kecelakaan saat berlabuh
4. Dapat membatasi jumlah penumpang secara otomatis tanpa bantuan manusia



### 5.4.3. Pre Hazard Analysis

Identifikasi bahaya dilakukan dengan menggunakan metode PHA. Langkah selanjutnya adalah indentifikasi *hazards* dan *hazardous event*. Tiga kategori *hazards* dipertimbangkan: bahaya eksternal, bahaya fungsional, dan bahaya sistem. Beberapa referensi digunakan untuk membuat *pre hazard analysis* ini, yaitu *class guideline DNVGL-CG-0264 “Autonomous and Remotely Operator”*, Advance Autonomous Waterborne Application (AAWA) *“Remote and Autonomous Ships – The Next Steps”*, dan Maritime UK *“Maritime Autonomous Surface Ships UK Code of Practice”*.

Dalam mengidentifikasi hazard akan dibuat pengelompokan untuk memudahkan menganalisa hazard apa yang memungkinkan. Pengelompokan ini ialah hazards terhadap kapal, lambung, sistem *autonomous*, sensor, *software*, *safety systems*, *battery*, sistem pengecasan, distribusi berat, *fire system*, *superstructure*, penumpang, *dock*, dan *moorind system* di *dock*. Tabel 5.1, sampai Tabel 5.14 di bawah ini merupakan daftar “hazard - hazardous event - penyebab” yang memungkinkan terhadap pengelompokan yang sudah disebutkan.

Tabel 5.1 Hazard, Hazardous Event, dan Penyebab pada Kelompok Kapal

Hazard/threat	Id	Hazardous Event (what, where, when)	Cause (triggering event)
Hujan	1	Lantai licin	Hujan di atas deck
Material mudah terbakar	2	Api	Ignition
Terorisme/Sabotase	3	Ledakan	Serangan Teroris
	4	Ferry menghilang dari lokasi	Dicuri
	5	Api	orang membakar kapal
Penglihatan buruk dan/atau cuaca	6	Kehilangan kontrol dalam navigasi	Badai
	7	Ferry tidak dapat beroperasi	
	8	Kehilangan kontrol dalam navigasi	Arus
	9	Ferry tidak dapat beroperasi	
	10	Kehilangan kontrol dalam navigasi	Gelombang
	11	Ferry tidak dapat beroperasi	
	12	Kehilangan kontrol dalam navigasi	Angin
13	Ferry tidak dapat beroperasi		

Tabel 5.2 *Hazard, Hazardous Event, dan Penyebab* pada Kelompok Lambung

Hazard/threat	Id	Hazardous Event (what, where, when)	Cause (triggering event)
Tabrakan dengan kapal	14	Lobang pada lambung - Air masuk	Tabrakan yang diakibatkan gagalnya sistem navigasi
			Tabrakan yang diakibatkan gagalnya sistem navigasi pada saat bertemunya kapal
	15	Getaran yang besar	Tabrakan yang disebabkan gagalnya sistem navigasi pada kapal
			Tabrakan yang diakibatkan gagalnya sistem navigasi pada saat bertemunya kapal
Tabrakan dengan objek lain	16	Getaran yang besar	Tabrakan yang disebabkan gagalnya sistem navigasi pada kapal
Tabrakan dengan dock	17	Lobang pada lambung - Air masuk	Tabrakan yang disebabkan gagalnya sistem navigasi pada kapal

Tabel 5.3 *Hazard, Hazardous Event, dan Penyebab* pada Kelompok *Autonomous System*

Hazard/threat	Id	Hazardous Event (what, where, when)	Cause (triggering event)
Interaction damage	18	Collision	Komunikasi eror antara sensor dan sistem
	19	Ferry tidak beroperasi	Komunikasi eror antara sensor dan sistem
Sabotase	20	Kapal kehilangan kontrol navigasi	Cyber threat/hacking

Tabel 5.4 *Hazard, Hazardous Event, dan Penyebab* pada Kelompok Sensor

Hazard/threat	Id	Hazardous Event (what, where, when)	Cause (triggering event)
Kegagalan Sistem	21	Kapal kehilangan kontrol navigasi	Kegagalan sensor
Tersambar Petir	22	Kehilangan kontrol navigasi	Kerusakan pada satu atau lebih pada sensor
Penglihatan Buruk	23	Kehilangan kontrol navigasi	Kabut - sensor tidak dapat berfungsi
	24	Ferry tidak dapat beroperasi	Kabut - sensor tidak dapat berfungsi
Interaction failure	25	Berhenti dikarenakan oleh burung atau objek lainnya	Sensor menyalahartikan
Sabotase	26	Navigational error - Drifting	kegagalan komunikasi antara sensor - kerusakan pada sensor

Tabel 5.5 *Hazard, Hazardous Event, dan Penyebab pada Kelompok Software*

Hazard/threat	Id	Hazardous Event (what, where, when)	Cause (triggering event)
Kegagalan Elctrical	27	Navigational error - Kegagalan Software	Short circuit terhadap hardware
Interaction failure	28	Kegagalan komunikasi	Kegagalan antara software/hardware

Tabel 5.6 *Hazard, Hazardous Event, dan Penyebab pada Kelompok Safety Systems*

Hazard/threat	Id	Hazardous Event (what, where, when)	Cause (triggering event)
System failure	29	Gagal dalam menyelamatkan orang saat over board	Kegagalan emergency stop
Desain emergency shut down (ESD) yang buruk	30	Lobang pada lambung - Air masuk	Collision-Penumpang tidak dapat menekan emergency stop

Tabel 5.7 *Hazard, Hazardous Event, dan Penyebab pada Kelompok Battery*

Hazard/threat	Id	Hazardous Event (what, where, when)	Cause (triggering event)
Thermal	31	Tubrukan	Baterai habis selama perjalanan karena efisiensi yang lebih rendah - Suhu rendah
	32	Tubrukan	Baterai berhenti memberikan tenaga selama perjalanan dikarenakan overheating
	33	Baterai terbakar	Overheating
Electrical hazard	34	Orang Tersetrum	Pelepasan listrik statis
Material berbahaya	35	Material beracun di air	Kerusakan pada baterai
	36	Gas beracun bocor	Kerusakan pada baterai
Material berbahaya	37	Baterai terbakar	Gas keluar dari baterai terbakar
Rusak akibat pemakaian terus menerus	38	Tubrukan	Kapasitas baterai berkurang dikarenakan penuaan, tidak nampak - power shutdown

Tabel 5.8 *Hazard, Hazardous Event, dan Penyebab pada Kelompok Charging System*

Hazard/threat	Id	Hazardous Event (what, where, when)	Cause (triggering event)
Kegagalan Sistem	39	Terdeteksi kecacatan dalam sistem pengisian	Kerusakan pada sistem pengisian - system failure
	40	Tidak terdeteksi kecacatan dalam sistem pengisian - power shutdown	Kerusakan pada sistem pengisian - system failure
Thermal	41	Kapasitas pengisian rendah	Baterai habis sebelum waktunya dikarenakan efisiensi yang rendah - Low temperatures
	42	Kapasitas pengisian rendah	Baterai habis sebelum waktunya dikarenakan overheating
	43	Baterai terbakar	Overheating

Tabel 5.9 *Hazard, Hazardous Event, dan Penyebab pada Kelompok Weight Distribution*

Hazard/threat	Id	Hazardous Event (what, where, when)	Cause (triggering event)
Stabilitas	44	Vessel heels	Terlalu banyak berat yang tidak terdistribusi merata pada kapal - Gagal dalam registrasi penumpang
	45	Vessel capsized	Terlalu banyak berat yang tidak terdistribusi merata pada kapal - Gagal dalam registrasi penumpang
	46	Dock heels	Terlalu berat diatas deck yang tidak terdistribusi merata

Tabel 5.10 *Hazard, Hazardous Event, dan Penyebab pada Kelompok Fire System*

Hazard/threat	Id	Hazardous Event (what, where, when)	Cause (triggering event)
Electrical hazard	47	Fire system tidak merespon terhadap api	Short circuit
Sabotase	48	Fire system tidak merespon terhadap api	kerusakan pada fire system

Tabel 5.11 *Hazard, Hazardous Event, dan Penyebab pada Kelompok Superstructure*

Hazard/threat	Id	Hazardous Event (what, where, when)	Cause (triggering event)
Degradasi	49	Penumpang jatuh ke air	Kaca pecah

Tabel 5.12 Hazard, Hazardous Event, dan Penyebab pada Kelompok *Passenger*

Hazard/threat	Id	Hazardous Event (what, where, when)	Cause (triggering event)
Petir	50	Menyerang penumpang	Penumpang berdiri di ruang terbuka
Emergency functions	51	Penumpang panik	Tidak dapat berkomunikasi dengan daratan saat merasa tidak aman
Bad ergonomics	52	Penumpang merasa tidak nyaman	Posisi yang tidak sehat dikarenakan tidak nyamannya tempat duduk
Pencahayaan Buruk	53	Penumpang merasa tidak nyaman	Pandangan yang buruk untuk penumpang dan kamera pengintai
Objek / kapal bertemu	54	Quick stop	Emergency stop menyala
Forces	55	Quick acceleration/stop	Kegagalan dalam kontrol sistem autonomous
Safety culture	56	Dangerous situation - Penumpang lainnya tidak merasa aman	Penumpang tidak mengikuti instruksi
	57	Penumpang merasa tidak aman	Antrian - tertekan saat keluar dermaga
	58	Penumpang tanpa lifewests dalam situasi bahaya	Not enough lifewests
Human behaviour	59	Penumpang panik dan terganggu	Penumpang berkelahi di atas kapal
	60	Penumpang mencoba melompat naik saat kapal akan berangkat	Penumpang tertinggal kapal
	61	Penumpang jatuh ke air	Memanjat atap

Tabel 5.13 Hazard, Hazardous Event, dan Penyebab pada Kelompok *Dock*

Hazard/threat	Id	Hazardous Event (what, where, when)	Cause (triggering event)
Gempa	62	Kerusakan pada dock, gangway, elevator	Getaran yang besar
Banjir	63	Kerusakan pada dock, gangway, elevator	Cuaca ekstrim - dock banjir
Hujan	64	Slippery dock	Hujan pada dock/gangway
System failure	65	Tida dapat menerima penumpang	kegagalan dalam elevator atau gangway

Tabel 5.14 Hazard, Hazardous Event, dan Penyebab pada Kelompok Dock Mooring

Hazard/threat	Id	Hazardous Event (what, where, when)	Cause (triggering event)
Fatigue	67	Hanyut dari dermaga	Mooring runtuh - lepas dari dock

Setelah membuat daftar hazard apa saja yang dapat terjadi, langkah berikutnya adalah menentukan konsekuensi apa yang perlu diketahui. Tabel secara lengkap akan menyediakan informasi tentang *hazard*, *hazardous Event*, *consequence*, *cause*, dan *risk reducing*, untuk mengetahui secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 1 Di bawah ini akan dituliskan konsekuensi apa yang mungkin dapat terjadi.

- |  |  |
|--|--|
| 1. Penumpang meninggal                   | 14. <i>Delay</i>                           |
| 2. Penumpang terluka                     | 15. Heels – Penumpang terluka              |
| 3. Penumpang berhenti menggunakan ferry  | 16. Tenggelam                              |
| 4. Penumpang bingung                     | 17. Kerusakan pada perlengkapan di onboard |
| 5. Penumpang panik                       | 18. Kerusakan pada <i>dock</i>             |
| 6. Penumpang jatuh ke air                | 19. Kehilangan Dock                        |
| 7. Kerusakan pada kapal                  | 20. Berhenti untuk melakukan reparasi      |
| 8. Kehilangan kapal                      | 21. <i>Navigational error</i>              |
| 9. Penumpang tidak puas                  | 22. Lingkungan Tercemar                    |
| 10. <i>Ferry out of service</i>          | 23. Hilangnya peralatan pengisian daya     |
| 11. Tubrukan dengan daratan atau objek   | 24. No Firefightning                       |
| 12. Tubrukan – Kerusakan pada sekitarnya |  |
| 13. Berhenti                             |  |

#### 5.4.4. Persyaratan Fungsional Terkait Keselamatan

Persyaratan fungsional terkait keselamatan yang dihasilkan dari skenario dalam penilaian risiko akan sangat penting untuk dapat memenuhi fungsi keselamatan umum. Mereka berfungsi sebagai seperangkat ekstra parameter keputusan saat menentukan desain akhir. Konsep feri yang dikembangkan dalam pekerjaan lebih lanjut harus memenuhi semua persyaratan yang relevan untuk melakukan sebagaimana yang dimaksud. Persyaratan fungsional terkait keselamatan disajikan dalam daftar di bawah ini.

1. Mencegah penumpang menaiki atap feri
2. Mencegah penumpang tergelincir di dermaga
3. Mencegah agar kapal tidak dicuri

4. Mencegah agar penumpang gelap tidak masuk kapal
5. Meminimalkan konsekuensi dalam kasus penumpang gelap
6. Mencegah hilangnya kontrol navigasi selama operasi
7. Meminimalkan konsekuensi jika kehilangan kontrol navigasi terjadi
8. Mencegah kegagalan sistem *emergency shutdown* (kegagalan untuk menggunakan dan kegagalan teknis)
9. Mencegah kebakaran di atas kapal
10. Meminimalkan konsekuensi dari kebakaran di kapal
11. Mencegah kekurangan life jackets di kapal
12. Mencegah kegagalan dalam pendaftaran penumpang yang memasuki feri

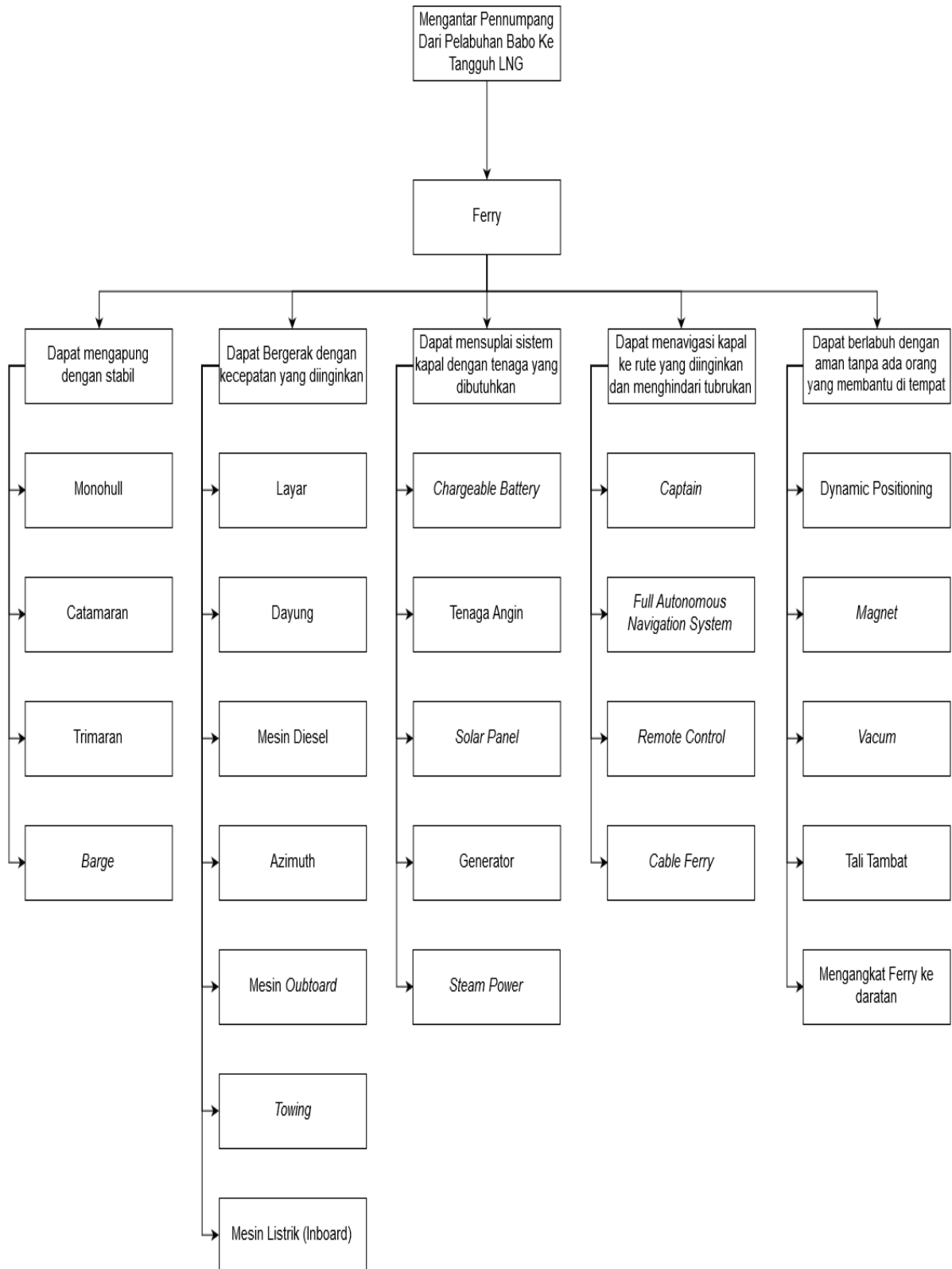
### **5.5. Concept Development**

Sub bab ini akan membahas pekerjaan yang berkaitan dengan mentransformasikan persyaratan fungsional ke dalam bentuk fisik desain. Pengembangan konsep dimulai dengan berdiskusi dengan dosen pembimbing. Tujuannya adalah untuk menemukan semua solusi yang mungkin memenuhi fungsi utama. Konsep awal ditetapkan melalui pengumpulan data sebelum bentuk lambung dipertimbangkan. Selanjutnya docking akan dievaluasi dan solusi untuk mooring ditentukan. Terakhir, tata letak dok diatur dan area serta volume yang diperlukan di atas kapal akan diselidiki menggunakan penggambaran general arrangement secara kasar terlebih dahulu.

#### **5.5.1. Analisis Fungsional dan Kemungkinan Solusi**

Sub fungsi penting dari feri ditentukan melalui analisis fungsional. Pernyataan misi untuk tugas digunakan sebagai dasar. Untuk membatasi jumlah konsep yang mungkin, solusi dievaluasi dalam beberapa langkah. Solusi yang dianggap tidak dapat diterima atau tidak layak dihilangkan dari evaluasi lebih lanjut. Kemudian solusi dipertimbangkan kelayakannya. Akhirnya konsep desain awal ditentukan berdasarkan tingkat manfaat dan keamanan yang tersisa. Di sini, setiap solusi dikombinasikan dengan semua solusi yang mungkin dapat berfungsi dengan baik. Solusi yang perlu dipertimbangkan ialah bentuk lambung, sistem propulsi, penyuplai tenaga, sistem navigasi, dan sistem docking yang digunakan. Gambar 5.2 menampilkan pilihan apa saja yang tersedia untuk mengembangkan konsep desain kapal ini. Tabel 5.15 menjelaskan solusi apa saja yang penulis anggap tidak diperlukan saat mendesain konsep awal kapal ini. Tabel 5.16 dan Tabel 5.17 merupakan tahap yang berlanjut ini dilakukan

penulis untuk memudahkan pemilihan solusi apa yang terbaik untuk mendesain konsep awal dari kapal ini dengan menghilangkan satu persatu solusi yang dianggap tidak terlalu diperlukan.



Gambar 5.2 Pilihan Beberapa Solusi Pengembangan Konsep Desain



Tabel 5.15 Tahap Evalausi Pertama

<i>Sub Function</i>	Solusi yang tidak dipakai	Alasan
<i>Propulsion</i>	Layar	Memerlukan Tenaga Manusia, memerlukan gaya dorong dari angin yang tidak menentu, menambah risiko kepada penumpang dan kapal, dan memerlukan area yang cukup besar pada kapal.
<i>Propulsion</i>	Dayung	Memerlukan Tenaga Manusia dan sangat tidak memungkinkan untuk ukuran kapal yang menampung penumpang sebanyak 40 orang
<i>Propulsion</i>	Towing	Memerlukan Tenaga dari kapal lain yang tidak dapat diautonomuskan
<i>Power Supply</i>	Tenaga Angin	Tenaga yang dihasilkan tidak stabil
<i>Power Supply</i>	Steam Power	Teknologi lama dan mempunyai risiko yang cukup besar dibandingkan yang lainnya
<i>Navigation</i>	Captain	Memerlukan Tenaga manusia di atas kapal
<i>Navigation</i>	Cable Ferry	Kabel sepanjang pelabuhan babo menuju Tangguh LNG tidak memungkinkan
<i>Docking</i>	Mengangkat Ferry ke dock	Memerlukan fasilitas baru yang sangat tidak mungkin untuk dilakukan pada kedua pelabuhan yang disandari dan berisiko
<i>Docking</i>	Mooring dengan tali tambat	Memerlukan orang yang berada di atas kapal dan di pelabuhan dan memerlukan waktu yang lama untuk menambat dan melepas tali tambat

Tabel 5.16 Tahap Evaluasi Kedua

<i>Sub Function</i>	Solusi yang tidak dipakai	Alasan
<i>Hull</i>	Barge	Mempunyai kemampuan hidrodinamis yang tidak baik dan kualitas <i>aesthetic</i> yang rendah
<i>Propulsion</i>	Mesin Ouboard	Mmepunyai tingkat keamanan yang rendah dan dapat dicuri orang dengan mudah
<i>Propulsion</i>	Mesin Diesel	Memerlukan tenaga manusia di atas kapal, mempunyai ukuran yang besar dan berat, mempunyai risiko yang besar tanpa pengawas crew di atas kapal
<i>Power Supply</i>	Solar Panel	Memerlukan area yang besar untuk dapat mensupply tenaga main engine dan equipment yang terdapat di kapal
<i>Docking</i>	Dynamic Positioning	Memerlukan tenaga secara terus menerus untuk memposisikan kapal, kapal secara fisik tidak terkoneksi / terkunci dengan dock (membuat penumpang merasa tidak aman)

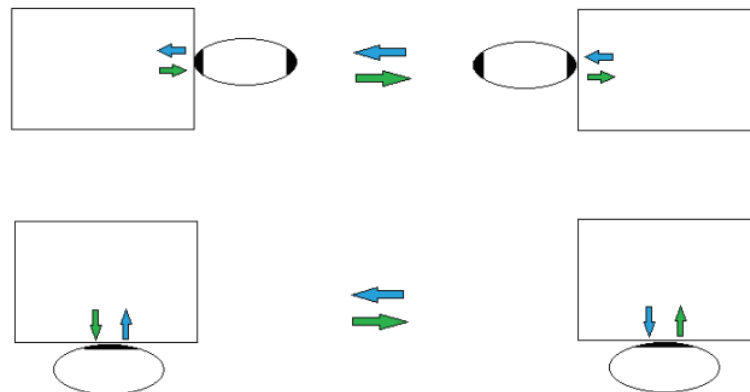
Tabel 5.17 Tahap Evaluasi Ketiga

<i>Sub Function</i>	Solusi yang tidak dipakai	Alasan
<i>Hull</i>	Trimaran	Tidak terlalu menguntungkan dengan kecepatan yang rendah
<i>Hull</i>	Catamaran	Tidak terlalu menguntungkan dengan kecepatan yang rendah, mempunyai manuver yang kurang baik dibandingkan dengan monohull
<i>Propulsion</i>	Azimuth	Memerlukan maintenance yang lebih tinggi
<i>Power Supply</i>	Generator	Memerlukan Tenaga manusia di atas kapal, Memerlukan area yang cukup besar dan generator mempunyai masa yang cukup berat ditambah dengan berat dari bahan bakar
<i>Navigation</i>	Fully Autonomous	Terlalu berisiko untuk diaplikasikan dikarenakan belum ada teknologi yang sepenuhnya mendukung dan risiko yang diterima tidak sepadan dengan keuntungan yang di dapat
<i>Docking</i>	Magnet	Penggunaan magnet memerlukan equipment tambahan pada kapal, dan kekuatan magnet dapat berkurang seiring waktu

Dari proses evaluasi di atas didapatkan solusi yang tersisa untuk diterapkan dalam pengembangan konsep desain ini. Desain kapal ini akan mempunyai bentuk lambung monohull yang digerakan oleh mesin elektrik inboard kebutuhan kelistrikan kapal dan main engine akan ditenagai oleh batre (dikarenakan tangguh LNG mempunyai supply energi listrik yang berlebih, ini bisa dimanfaatkan untuk pengisian batre kapal ini) dengan sistem navigasi secara *remote* dan dengan sistem docking menggunakan mmooring dengan teknologi vacuum.

### 5.5.2. Penentuan Kapal untuk Berlabuh

Untuk mendesain lebih lanjut, perlu untuk menentukan bagaimana feri akan berlabuh dan bagaimana penumpang akan masuk dan keluar. Ada dua opsi untuk kapal berlabuh yaitu *end loading* dan *side loading*. Pada Gambar 5.3 akan menggambarkan bagaimana penumpang akan keluar dan masuk dari kapal.



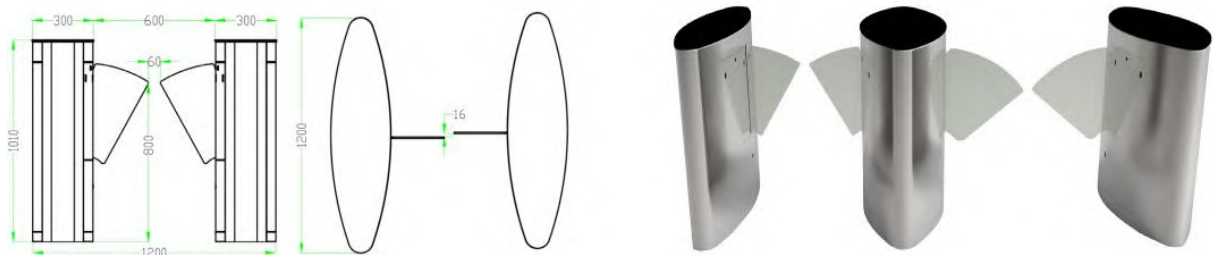
Gambar 5.3 Penggambaran *End Loading* dan *Side Loading*

Gambar 1.2 dan Gambar 1.3 menggambarkan kondisi pelabuhan Tangguh LNG dan Pelabuhan Babo dari tampak satelit. Melihat situasi pelabuhan kedua tersebut tidak memungkinkan untuk kapal dapat berlabuh dengan cara *end loading*, ini menyisakan satu cara untuk kapal berlabuh yaitu dengan cara *side loading*. Kapal akan disediakan 2 pintu yang berada di buritan dan haluan kapal ini. Pintu pada buritan akan berfungsi sebagai jalur utama untuk penumpang masuk dan keluar dari kapal, dikarenakan penumpang akan bagian buritan kapal mempunyai area yang lebih leluasa untuk penumpang untuk bergerak sehingga tidak akan mengganggu jalur masuknya penumpang ke dalam ruangan utama di kapal. Pintu yang berada di haluan berfungsi sebagai pintu darurat bila pintu pada bagian belakang tidak dapat berfungsi atau kapal dalam keadaan darurat.

Kapal akan dilengkapi dengan *flap barrier gate* seperti pada gambar 5.4 untuk dapat menggunakan sistem *e-ticketing*. E-ticketing memiliki beberapa kelebihan yaitu:

- a. Mengurangi biaya yang berkaitan dengan pencetakan surat tiket
- b. Mengurangi tenaga kerja yang berkaitan dengan pencetakan surat dan tiket
- c. Keamanan terjamin, karena barcode validasi dan menghilangkan kemungkinan tiket palsu atau duplikat.
- d. Pemesanan e-ticketing oleh konsumen berarti mengetahui berapa banyak konsumen perusahaan, karena perusahaan menyimpan data konsumen di database perusahaan/
- e. Memberikan informasi tambahan yang perlu diketahui bagi pelanggan
- f. Menyediakan kemampuan untuk beriklan, dapat menambah pendapatan perusahaan dengan menawarkan ruang iklan.

Di sisi lain ini dilakukan untuk menggantikan orang yang menjaga kapal untuk memeriksa tiket penumpang. Flap Barrier Gate ini akan ditempatkan hanya pada posisi buritan kapal yang menghubungkan ke ruangan utama kapal, tidak ditempatkannya pada haluan kapal dikarenakan untuk tidak mengganggu jalur jalan keluar pada kondisi darurat. Ini akan meningkatkan keamanan kapal yang menggunakan cara *side loading*.



Gambar 5.4 Flap Barrier Gate (ZKTECO, 2018)

### 5.5.3. Penentuan Sistem *Mooring*

Fungsi *mooring* pada prinsipnya adalah untuk mengamankan posisi kapal agar tetap pada tempatnya. Terdapat 3 kebutuhan fungsional yang relevan pada desain kapal ini yaitu:

1. Dapat menjaga posisi kapal pada dermaga tanpa membutuhkan tenaga manusia di dermaga dan di atas kapal
2. Dapat memberikan keamanan pada lintasan yang dilewati penumpang karena tidak adanya pergerakan yang signifikan dari kapal
3. Tidak membahayakan penumpang saat melakukan *docking*

Sebelumnya sudah ditetapkan bila proses *docking* akan menggunakan *mooring* dengan sistem *vacum*. Sehingga perlu adanya penambahan fasilitas pada pelabuhan yaitu pemasangan *mooring system* berbasis *vacum* ini. Teknologi yang digunakan yaitu milik perusahaan *cavotec* dengan nama product “*moormaster*” yang dapat bekerja secara *autonomous*. Terdapat beberapa keuntungan dalam menggunakan teknologi ini yaitu:

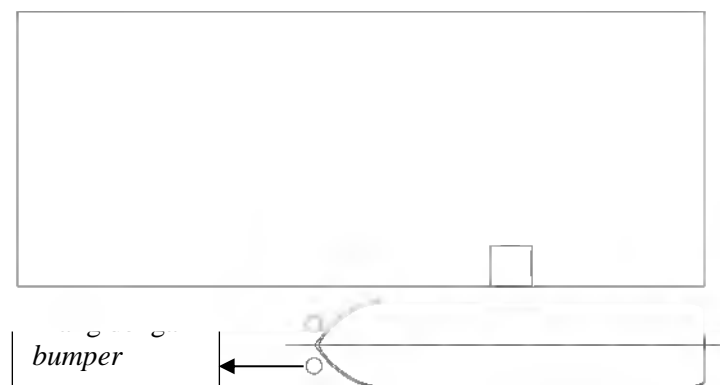
1. Safety
  - Mengurangi risiko kecelakaan dalam proses *mooring* yang mengakibatkan pada personel dikarenakan dikeluarkannya personel dari zona kerja yang berbahaya
  - Pemantauan waktu secara *real-time* terhadap proses *mooring* dan kekuatannya selama berada di pelabuhan
2. Infrastructurre
  - Peningkatan pemanfaatan dermaga karena jarak kapal yang lebih dekat
3. Efisiensi
  - Dapat menjaga dan mengurangi gerakan kapal
  - Dapat memposisikan vertikal atau menyamping secara otomatis untuk menghindari rintangan lambung
  - Meningkatkan kontinuitas prroses kerja
  - Waktu operasi Lebih pendek
  - Tidak diperlukan tim *mooring*, pilot pelabuhan dapat *disembark* lebih cepat

Penentuan jumlah *vacum mooring* yang dipakai menggunakan referensi (Tabel 5.18) yang diberikan oleh *cavotec* yaitu

Tabel 5.18 Referensi Kapal Feri Menggunakan *Vacum Mooring* (Moormaster, 2019)

<b>Product:</b>	MM200E <sup>15</sup>
<b>Type:</b>	Shore-based
<b>Capacity:</b>	1 x 200kN = 20 tonnes
<b>Moorings:</b>	16 times a day
<b>Route:</b>	Lavik-Oppedal (crossing the Sognefjord)
<b>Vessel name:</b>	Ampere (Battery driven) and 2 conventional ferries
<b>LOA:</b>	86m
<b>Operator:</b>	Norled
<b>Owner:</b>	Norled
<b>In operation:</b>	Since 2015
<b>Product:</b>	MM200K <sup>12</sup>
<b>Type:</b>	Shore-based
<b>Capacity:</b>	1 x 200kN = 20 tonnes / per berth
<b>Moorings:</b>	52 times a day per berth
<b>Route:</b>	Anda – Lote
<b>Vessel names:</b>	Gloppefjord & Eidsfjord
<b>LOA:</b>	106m
<b>Operator:</b>	Fjord1
<b>Owner:</b>	Statens Veivesen
<b>In operation:</b>	Since 2018
<b>Product:</b>	MM200K <sup>12</sup>
<b>Type:</b>	Shore-based
<b>Capacity:</b>	1 x 200kN = 20 tonnes
<b>Moorings:</b>	60-80 times a day
<b>Route:</b>	Parainen-Nauvo
<b>Vessel name:</b>	Elektra
<b>LOA:</b>	98m
<b>Operator:</b>	Finferries
<b>Owner:</b>	Finferries
<b>In operation:</b>	Since June 2017

Dari referensi di atas dapat disimpulkan kapal dengan panjang 86 m – 106 m dapat menggunakan satu unit saja. Ini berarti kapal dengan panjang kurang dari delapan puluh enam meter dapat menggunakan satu unit *vacum mooring ini*. Gambar 4.7 dan 4.8 memberikan informasi tentang unit yang dipakai dan konfigurasi penempatan unit di dermaga.



Gambar 5.5 Posisi Tiang Pada Pelabuhan

Dermaga pun memerlukan fasilitas tambahan dengan pembangunan tiang untuk bumper seperti pada Gambar 5.5 dan Gambar 5.6 sebagai alat agar kapal dapat benar-benar berhenti di dermaga dan juga sebagai penanda di mana kapal harus berhenti agar operator tidak kesulitan untuk mengepaskan sisi lambung kapal agar vacuum mooring dapat menempel di kapal.



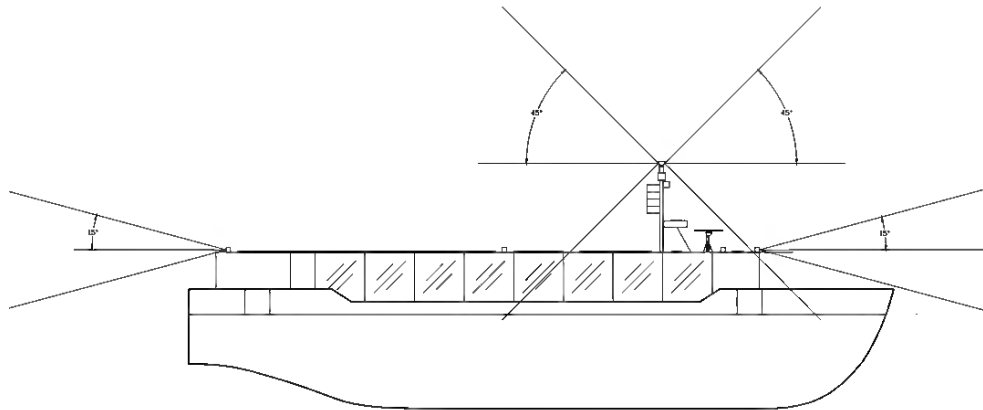
Gambar 5.6 Bumper (Facility, 2017)

#### 5.5.4. **Konsiderasi *Autonomous***

Saat merancang kendaraan *autonomous* ada banyak faktor yang perlu dipertimbangkan. Kapal harus bisa berinteraksi dengan sistem *autonomous*, penumpang, dan lingkungan sekitarnya. Desain juga perlu mematuhi peraturan dan ketentuan sesuatu yang bisa menentang karena tidak ada peraturan khusus untuk *autonomous*. Kapal juga harus bisa berkomunikasi dengan darat.

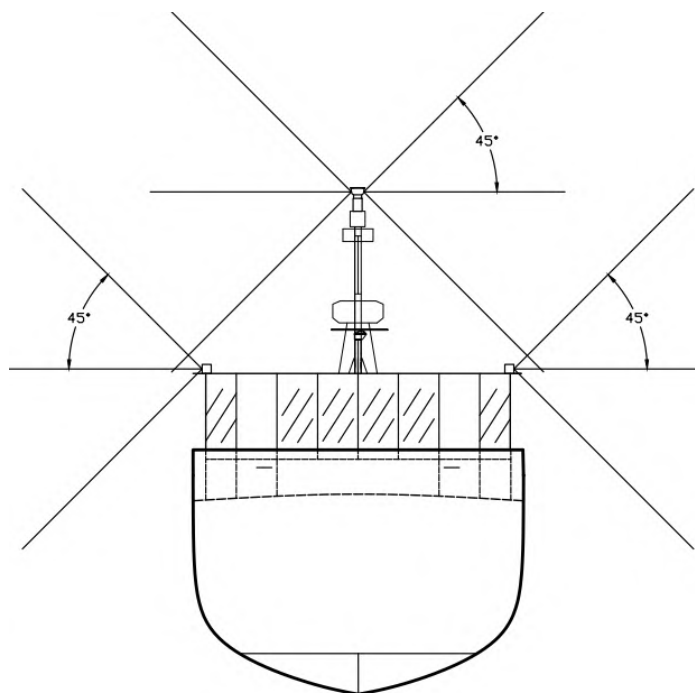
Kapal *autonomous* dalam penelitian ini cocok dengan definisi dari DNV-GL dan Maritime UK yang telah dijelaskan pada sub bab IV.2 bahwa kapal ini menganut definisi *remote engineering watch* oleh DNV-GL dan *delegated* oleh Maritime UK. Ini bermaksud bahwa kapal harus bermanuver sendiri dan semua sistem harus berfungsi sendiri. Namun, seseorang di darat akan mengawasi dan mengendalikan sistem jika perlu, tetapi sistem *autonomous* harus membuat semua keputusan membutuhkan interaksi antara sistem kontrol *autonomous* dan semua sistem kapal lainnya.

Penempatan sensor seperti kamera dan LIDAR harus ditempatkan di tempat yang tidak terganggu sudut dan jarak pandangnya. Kamera milik Huawei memiliki sudut pandang vertikal sebesar  $-20^{\circ}$  sampai  $90^{\circ}$  dan untuk LIDAR milik Opal memiliki sudut pandang vertikal sebesar  $45^{\circ}$  dapat disimpulkan bahwa penempatan terbaik untuk kamera dan LIDAR diposisikan setinggi mungkin dan tidak terganggu sudut pandangnya oleh penumpang yang berada di atas kapal seperti pada Gambar 5.7 dan Gambar 5.8.

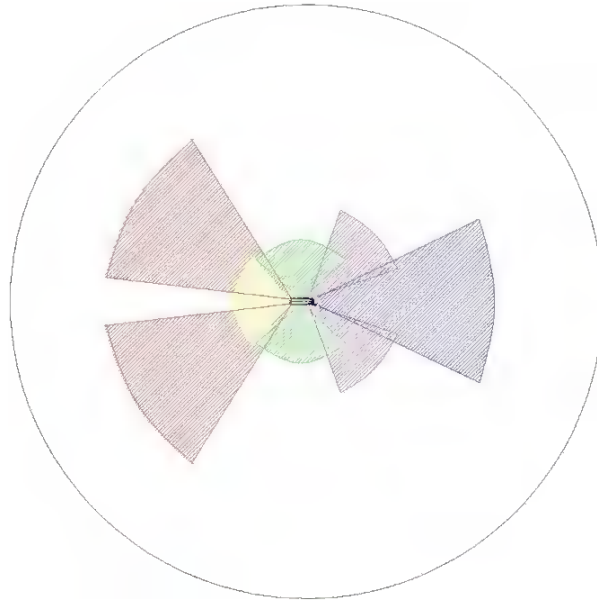


Gambar 5.7 Sudut Pandang Sensor Tampak Samping

Sensor diperlukan sebanyak 9 buah yang terdiri dari 8 buah kamera dan 1 buah LIDAR. Terdapat 3 buah kamera dengan jarak pandang jauh, 3 kamera jarak pandang dekat, 2 kamera jarak pandang sedang dan 1 buah LIDAR yang dapat mendeteksi sampai jarak 1 km. Dengan jarak pandang yang dilihat pada Gambar 5.9.



Gambar 5.8 Sudut Pandang Sensor Tampak Depan

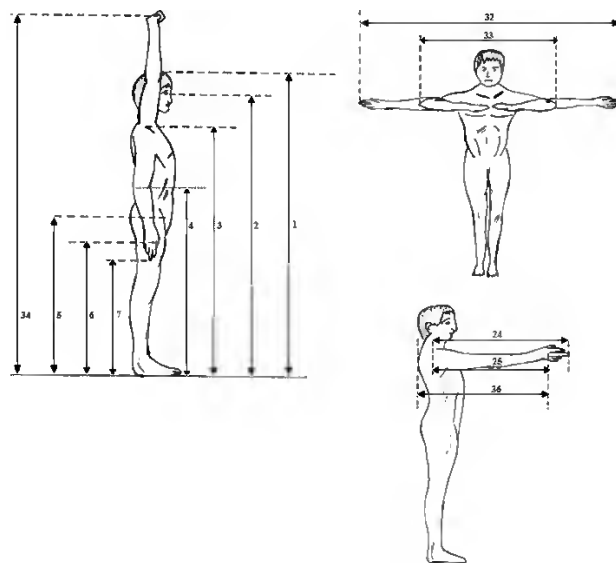


Gambar 5.9 Jarak Pandang Sensor Kamera dan LIDAR

#### 5.5.5. Estimasi Area yang Diperlukan di *Main Deck*

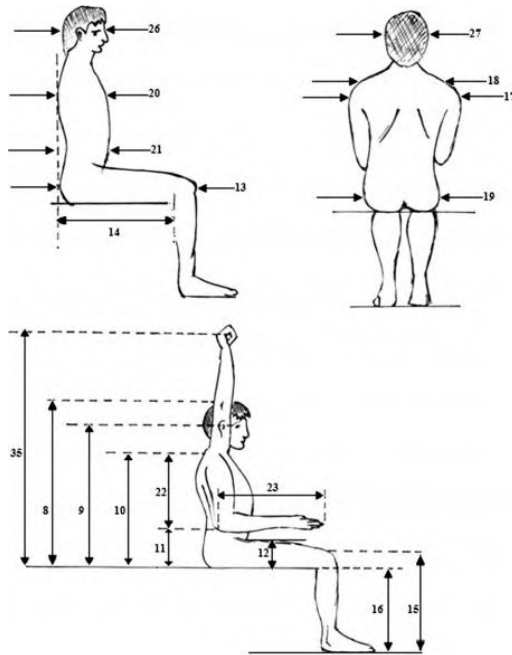
Pada awal menentukan ukuran utama kapal feri ini diperlukan estimasi area yang diperlukan di *main deck*. Untuk menentukan area di *main deck* ditentukanya dahulu apa saja yang akan menempati di main deck, yaitu kursi penumpang sebanyak empat puluh unit, barang bawaan penumpang (Koper menurut pak Budiharjo “Karyawan Tangguh LNG”, penulis menambahkan tas sebagai barang bawaan penumpang) sebanyak empat puluh buah, dan Toilet. Estimasi area ini pun dilakukan dengan menggunakan pendekatan ilmu antropometri. Gambar 5.12 menggambarkan estimasi area *main deck* yang didapat.

Antropometri adalah sebuah studi tentang pengukuran tubuh dimensi manusia dari tulang, otot dan jaringan adiposa atau lemak.



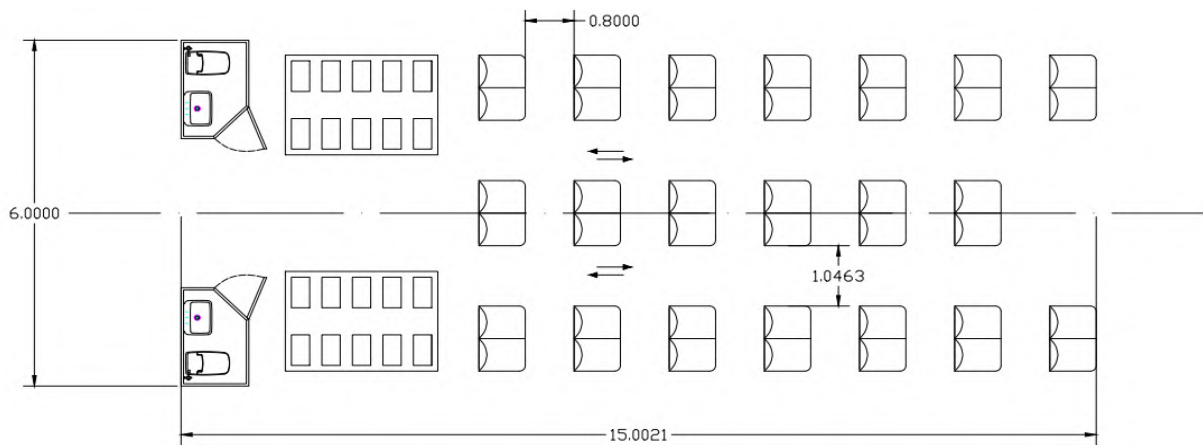
Gambar 5.10 Pengukuran Tubuh Dalam Posisi Berdiri (<http://antropometriindonesia.org/>)





Gambar 5.11 Pengukuran Tubuh dalam Posisi Duduk (<http://antropometriindonesia.org/>)

Bidang antropometri meliputi berbagai ukuran tubuh manusia seperti berat badan, posisi ketika berdiri, ketika merentangkan tangan, lingkaran tubuh, panjang tungkai dan sebagainya dengan penggambaran lebih jelas pada Gambar 5.10 dan 5.11.



Gambar 5.12 Estimasi Area Main Deck

### 5.6. Detail Design

Pada sub bab ini akan membahas proses pengambilan keputusan desain di mana desain akhir ditentukan. Proses ini diilustrasikan menggunakan spiral desain dalam deskripsi metodologi. Bentuk lambung akan dirancang, bersama dengan superstruktur. Selanjutnya, ruang yang dibutuhkan di deck akan dievaluasi kembali untuk memastikan bahwa modifikasi yang diperlukan dilakukan pada lambung. Akhirnya, pengaturan peralatan dan perlengkapan akan ditetapkan.

### 5.6.1. Penentuan Ukuran Utama Kapal

Ukuran utama kapal diperoleh dari hasil estimasi area main deck sebagai batasan ukuran terkecil kapal Langkah selanjutnya ialah menggunakan *ratio of main dimensions* untuk mendapatkan ukuran kapal sesungguhnya. Pengecekan ratio of main dimension ini meliputi:

1.  $L/B = 4$ , untuk  $L \leq 30m$  ( 5.1 )

(Lamb, 2003)

2.  $2.25 < B/T < 3.75$ , Secara Umum ( 5.2 )

(Lamb, 2003)

3.  $10 < L/T < 30$ , Secara Umum ( 5.3 )

(SNAME, 1988a)

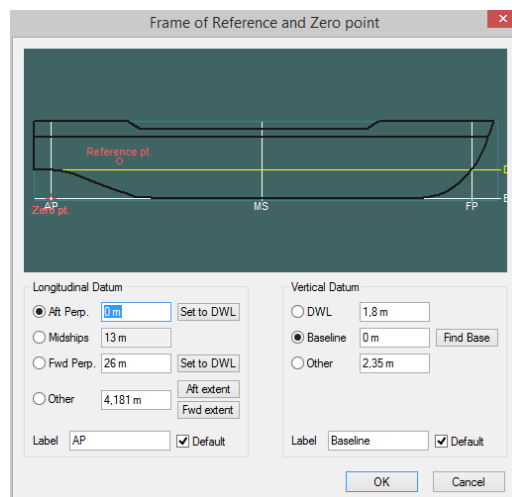
4.  $1.65 < B/H < 1.91$ , Secara Umum ( 5.4 )

(Lamb, 2003)

Dari *ratio of main dimensions* ini didapatkan main dimension dengan ukuran Lpp sepanjang 26m, lebar kapal (B) sebesar 6.5m, tinggi Kapal (H) sebesar 3.8m, dan sarat (T) setinggi 1.8m.

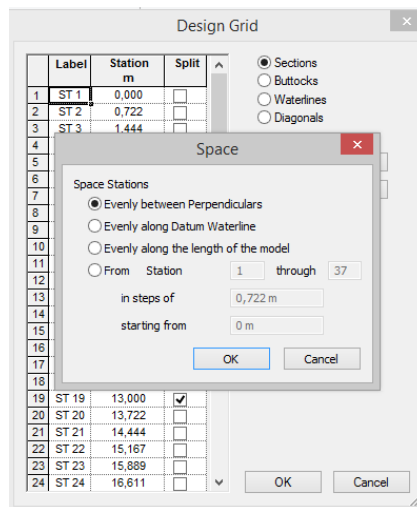
### 5.6.2. Pemodelan

Dari ukuran utama kapal yang telah didapat dilakukan proses pemodelan kapal. Dalam proses pemodelan kapal dibantu dengan menggunakan *software* Mazsurf Modeler. Pembuatan model dimulai dengan berpatokan pada ukuran utama kapal yang telah didapatkan sebelumnya. Kemudian proses menentukan letak zero point, jarak antara ap dan fp, juga tinggi sarat kapal. Proses ini dilakukan dengan membuka kotak dialog *frame of reference* yang ada pada menu data, seperti pada Gambar 5.13.



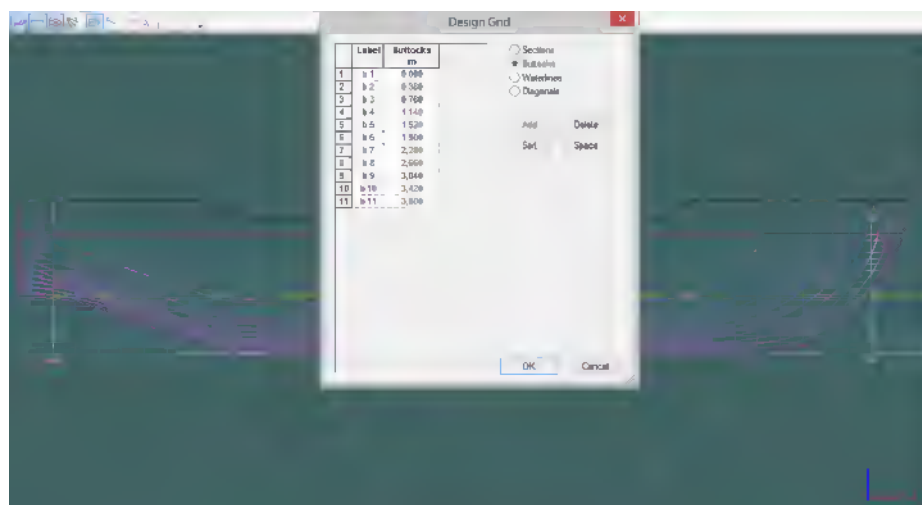
Gambar 5.13 Penentuan Zeropoint Desain

Proses selanjutnya yaitu menentukan *grid spacing* untuk membuat garis-garis station, *waterlines* dan *buttock lines*. Proses ini dilakukan dengan cara memilih *design grid* pada menu *data*. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan bentuk *linesplan* dari kapal yang dimodelkan. Setelah kotak dialog *design grid* muncul, klik menu station untuk mengatur station yang akan diberikan seperti pada Gambar (5.14). Klik *add* kemudian tentukan jumlah station yang akan diberikan. Pada pemodelan kali ini banyak station yang akan diberikan berjumlah 37 *station*. Kemudian atur jarak antar *station* dengan mengklik *space*. Jarak yang diberikan kali ini adalah sama besar antara *perpendicular*.




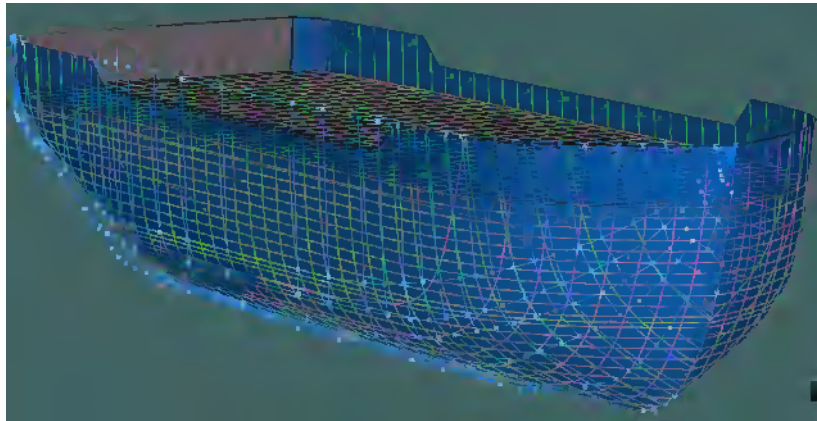
Gambar 5.14 Pemilihan *Space* Antar *Station*

Untuk memberikan *waterlines* dan *buttock lines* dilakukan dengan cara yang sama dengan cara sebelumnya. Untuk jarak antar *waterlines* ditentukan sendiri yaitu sebesar 0.19 m jarak masing-masingnya dan diberikan 21 *waterlines*. Untuk *buttock lines* ada 11 dengan jarak sebesar 0.38m (Gambar 5.15).



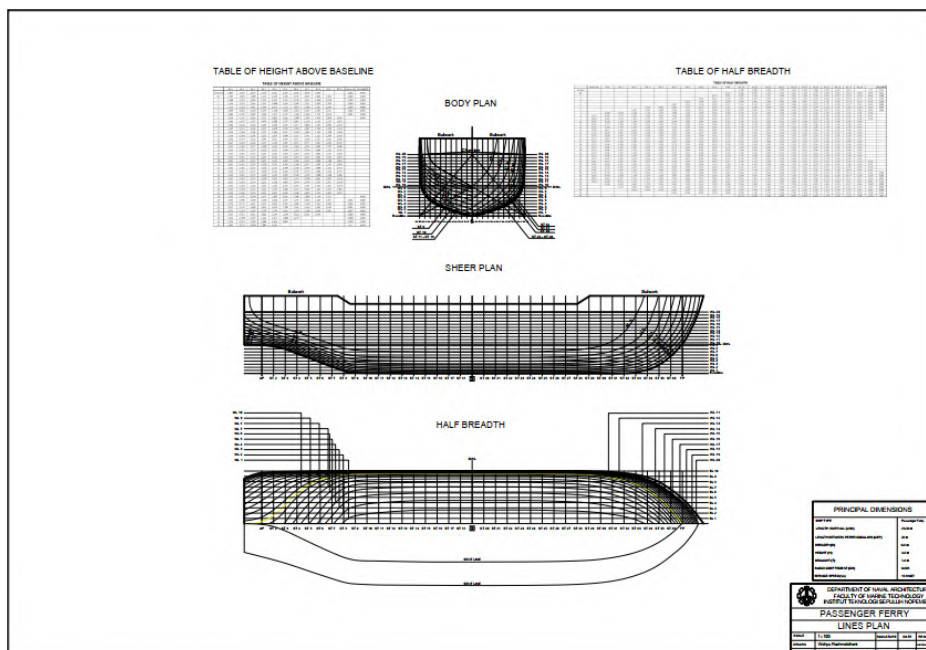
Gambar 5.15 Memberikan *Grid Spacing* Pada Desain

Kemudian ditambahkan *control point* pada model kapal dengan mengeklik ikon . Penambahan *control point* ini bertujuan agar bentuk model kapal dapat disesuaikan dengan bentuk kapal yang diinginkan. Setelah dilakukan penambahan *control point*, *surface* kapal dapat digeser dan bentuknya disesuaikan. Jumlah *control point* disesuaikan dengan kebutuhan desain. Dan didapatkan bentuk kapal seperti Gambar 5.16.



Gambar 5.16 Desain yang Sudah Diberikan *Control Point*

Setelah bentuk lambung selesai dan memiliki bentuk menyerupai bentuk kapal yang diinginkan, desain di-*export* ke dalam format *dwg* agar bisa diedit dan dibuat gambar rencana garisnya. Desain di-*export* sebanyak tiga tampilan yaitu *body plan*, *sheer plan*, dan *half breadth plan*. Gambar rencana garis dibuat dengan menggunakan *software* AutoCAD. Gambar yang telah didapatkan disusun dan dibuat gambar rencana garisnya dengan hasil seperti Gambar 5.17



Gambar 5.17 Gambar Rencana Garis

### 5.6.3. Perhitungan Hambatan Kapal

Perhitungan hambatan total kapal dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan daya mesin yang dibutuhkan kapal, dengan demikian kapal dapat berlayar dengan kecepatan sebagaimana yang diinginkan.

Untuk menghitung hambatan kapal, digunakan metode Holtrop dan Mennen. Di dalam metode ini, Holtrop membagi hambatan total menjadi beberapa komponen hambatan. Komponen tersebut yaitu viscous resistance (hambatan kekentalan), *appendages resistance* (hambatan karena bentuk kapal), dan *wave making resistance* (hambatan gelombang karena gerak kapal). Dalam melakukan perhitungan hambatan utama kapal, ada ukuran utama yang terlebih dahulu harus diubah yaitu  $L_{pp}$  menjadi  $L_{wl}$  dengan rumus sebagai berikut :

$$L_{WL} = 104\%L_{pp} \quad (5.5)$$

Adpun untuk rumus hambatan total adalah sebagai berikut :

$$R_T = \frac{1}{2} * \rho * V^2 * S_{tot} * (C_F(1+k) + C_A) + \frac{R_w}{W} W \quad (5.6)$$

(SNAME, 1988b)

#### 1. Viscous Resistance

$$R_v = \frac{1}{2} \rho \cdot V^2 \cdot C_{FO} (1+k_1) S \quad (5.7)$$

(SNAME, 1988b)

dimana:

$\rho$  = mass density salt water (1025 kg/m<sup>3</sup>)

$V$  = service speed (m/s<sup>2</sup>)

$C_{FO}$  = friction coefficient (ITTC 1957)

$$= \frac{0.075}{(\log Rn - 2)^2} \quad (5.8)$$

$Re$  = Reynold Number

$$= \frac{V \cdot L_{wl}}{\nu} \quad (5.9)$$

$\nu$  = kinematic viscosity

$$= 1.18831 \times 10^6 \text{ m/s}^2$$

$1+k_1$  = form factor of bare hull

$$= 0,93 + 0,487 \cdot c \left(\frac{B}{L}\right)^{1,0681} \cdot \left(\frac{T}{L}\right)^{0,4611} \cdot \left(\frac{L}{L_R}\right)^{0,1216} \cdot \left(\frac{L^3}{\nabla}\right) \cdot 0,3649 \cdot (1-C_p)^{-0,6042} \quad (5.10)$$

(SNAME, 1988b)

Keterangan :

$$c = 1 + 0.011 C_{stern} \quad (5.11)$$

Tabel 5.19 Penggunaan  $C_{stern}$

Choice No.	$C_{stern}$	Used for
1	-25	<i>Pram with Gondola</i>
2	-10	<i>V - Shaped Sections</i>
3	0	<i>Normal Sectional Shape</i>
4	10	<i>U - Shaped Section With Hogner Stern</i>

Kemudian dipilih

$$\frac{L}{L_R} = 1 - C_p + \frac{0.06 C_p \cdot LCB}{(4C_p - 1)} \quad (5.12)$$

$$C_{stern} = 0 \text{ for normal section shape}$$

$L_R$  = length of run

LCB = longitudinal center of buoyancy as percentage of L

L = length of water line ( $L_{wl}$ ) and all of coefficient base on  $L_{wl}$  [m]

T = moulded draft [m]

B = moulded breadth [m]

## 2. Appendages Resistance

Dalam menghitung hambatan kapal yang diakibatkan oleh bentuk kapal yang tercelup dalam air, dibutuhkan luas permukaan basah kapal ( $S_{tot}$ ) yang terdiri dari luas badan kapal WSA ( $S$ ) dan luas tonjolan-tonjolan seperti kemudi, *bulbous bow*, dan *bilge keel* ( $S_{app}$ ).

Setelah semua koefisien telah didapatkan untuk semua kapal maka kita bisa melakukan pengecekan apakah perlu dipasang *bulbous bow* dan bentuk buritan yang seperti apa yang akan digunakan (Schneekluth, H., dan V. Bertram, 1998).

Adapun ruus yang digunakan untuk menghitung *appendages resistance* yaitu :

$$R_v = \frac{1}{2} \rho V^2 C_{FO} S_{tot} (1+k) \quad (5.13)$$

(SNAME, 1988b)

$$(1+k_2)_{effective} = \frac{\sum S_i (1+k_2)_i}{\sum S_i} \quad (5.14)$$

(SNAME, 1988b)

dimana :

$$(1+k_2) = 1.4 \quad \rightarrow \text{for bilge keel}$$

$$= 1.3 - 1.5 \rightarrow \text{for single screw propeller}$$

$$1 + k = \frac{1 + k_1 + [1 + k_2 - (1 + k_1)] S_{app}}{S_{tot}} \quad (5.15)$$

(SNAME, 1988b)

$S$  = wetted surface area

$$= L(2T+B) \cdot C_M^{0.5} \cdot \left( 0.4530 + 0.4425C_B - 0.2862C_M - 0.0346 \frac{B}{T} + 0.3696C_{WP} \right) + 2.38 \frac{A_{BT}}{C_B} \quad (5.16)$$

(SNAME, 1988b)

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

$$= 10\% A_{midship}$$

$$= 10\% \times B \times T \times C_m \text{ (B-series)} \quad (5.17)$$

$A_{BT} = 0$ , (dari kapal yang paling optimal), untuk  $C_b = 0.793$  dan  $Fr = 0.1877$  hanya memiliki keuntungan 0% - 5% jika menggunakan *bulbous bow*

(Watson, D.G.M., 1998)

$k_2$  = effective form factor of appendages (lihat tabel dibawah)

$S_{app}$  = total wetted surface of appendages

$$= S_{rudder}$$

$$S_{tot} = S + S_{app} \quad (5.18)$$

Tabel 5.20 Harga Effective Form Factor

Type of Appendages	Value of 1 + k <sub>2</sub>
Rudder of single screw ship	1.3 to 1.5
Spade-type rudders of twin-screw ships	2.8
Skeg-rudders off twin-screw ships	1.5 to 2.0
Shaft brackets	3.0
Bossings	2.0
Bilge keel	1.4
Stabilizer fins	2.8
Shafts	2.0
Sonar dome	2.7

$$S_{\text{Rudder}} = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot \frac{1.75 \cdot L \cdot T}{100} \quad (5.19)$$

(BKI, 2014)

$C_1$  = *factor type kapal*

$C_2$  = *factor type kemudi*

$C_3$  = *factor type profil kemudi*

$C_4$  = *faktor letak baling-baling*

Jika harga  $k_2$  lebih dari 1, maka dihitung menggunakan rumus ini:

$$(1 + k_2)_{\text{effective}} = \frac{\sum S_i (1 + k_2)_i}{\sum S_i} \quad (5.20)$$

Catatan :  $S_{\text{rudder}}$  harus dikali dengan 2

### 3. *Wave Making Resistance*

Untuk menghitung hambatan gelombang, dibutuhkan masukan data seperti berat *displacement*, sudut masuk, luasan *bulbous bow*, dan transom. Adapun rumus diberikan sebagai berikut:

$$\frac{R_w}{W} = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot e^{\{m_1 F_n^d + m_2 \cos(\lambda F_n^{-2})\}} \quad (5.21)$$

(SNAME, 1988b)

dimana:

$W$  = *displacement weight*

=  $\rho \cdot g \cdot \nabla$  [N]

$$C_1 = 2223105 C_4^{3.7861} (T/B)^{1.0796} (90 - i_E)^{-1.3757} \quad (5.22)$$

keterangan :

$$C_4 = 0.2296 \cdot ((B/Lwl)^{0.3333}) \quad (5.23)$$

[untuk  $B/Lwl \leq 0.11$ ]

$$C_4 = B/Lwl \quad (5.24)$$

[untuk  $0.11 \leq B/Lwl \leq 0.25$ ]

$$C_4 = 0.5 - 0.0625 \cdot (Lwl/B) \quad (5.25)$$

[untuk  $B/Lwl > 0.25$ ]

$d$  = -0.9

$i_E$  = *half angle of entrance at the load waterline*



$$= 125.67 \frac{B}{L} - 162.25C_p^2 + 234.32C_p^3 + 0.1551 \left( LCB + \frac{6.8(T_a - T_f)}{T} \right)^3 \quad (5.26)$$

Ta = moulded draft at AP [m]

Tf = moulded draft at FP [m]

Ta = Tf = T

$$m_1 = 0.01404 L/T - 1.7525 \nabla^{1/3} / L - 4.7932 B/L - C_5 \quad (5.27)$$

keterangan :

$$C_5 = 8.0798.C_p - 13.8673.C_p^2 - 6.9844.C_p^3 \quad (5.28)$$

[untuk Cp ≤ 0.8]

$$C_5 = 1.7301 - 0.7067 .C_p \quad (5.29)$$

[untuk Cp ≥ 0.8]

$$m_2 = C_6 * 0.4e^{-0.034Fn^{3.29}} \quad (5.30)$$

keterangan :

$$C_6 = -1.69385 \quad (5.31)$$

[untuk L<sup>3</sup> / ∇ ≤ 512]

$$C_6 = -1.69385 + (Lwl / \nabla^{1/3} - 8) / 2.36 \quad (5.32)$$

[untuk 512 ≤ Lwl<sup>3</sup> / ∇ ≤ 1727]

$$C_6 = 0 \quad (5.33)$$

[untuk Lwl<sup>3</sup> / ∇ ≥ 1727]

$$\lambda = 1.446C_p - 0.03 L/B \quad (5.34)$$

[untuk L / B ≤ 12]

$$\lambda = 1.446C_p - 0.36 \quad (5.35)$$

[untuk Lwl / B ≥ 12]

$$C_2 = e^{-1.89} \frac{A_{BT} \gamma_B}{BT(\gamma_B + i)} \quad (5.36)$$

C2 = 1, tidak ada bulb

keterangan :

γB = effective bulb radius

$$= 0.56A_{BT}^{0.5} \quad (5.37)$$

i = effective submergence of the bulb

$$= T_f - h_B - 0.4464\gamma_B \quad (5.38)$$

$T_f$  = moulded draft at FP = T

$h_B$  = height of the centroid of the area ABT above base line

$$= 85\% \frac{D}{2} \quad (5.39)$$

$$C_3 = 1 - 0.8 A_T / (B \cdot T \cdot C_M) \quad (5.40)$$

keterangan :

$A_T$  = immersed area of the transom at zero speed = 0

#### 4. Model Ship Correlation Allowance

Untuk menghitung *model ship correlation allowance* diberikan rumus berikut:

$$C_A = 0.006(L_{WL} + 100)^{-0.16} - 0.00205 \quad (5.41)$$

[untuk  $T_f/L_{WL} > 0.04$ ]

$$C_A = 0.006(L_{WL} + 100)^{-0.16} - 0.00205 + 0.003 \left( \frac{L_{WL}}{7.5} \right)^{0.5} \cdot C_b^{0.4} (0.04 - T_f) \quad (5.42)$$

[untuk  $T_f/L_{WL} < 0.04$ ]

Setelah semua harga komponen hambatan total sudah didapatkan, maka selanjutnya hambatan total dengan kulit kapal dalam keadaan bersih dapat dihitung dengan rumus yang sudah diberikan sebelumnya di atas. Kemudian pada harga hambatan total tersebut ditambahkan *sea margin* sebesar 15 % (penambahan hambatan kapal ketika kapal beroperasi; kekasaran pada lambung kapal).

Didapatkan nilai hambatan total senilai 22.873 kN.

#### 5.6.4. Perhitungan Perkiraan Daya Mesin Induk

Untuk memilih mesin induk yang akan digunakan suatu kapal, maka dibutuhkan perkiraan daya motor induk yang mampu mencakup seluruh kebutuhan kapal sehingga kapal dapat beroperasi dengan baik. Setelah daya motor induk dihitung, selanjutnya adalah memilih motor induk yang ada di katalog motor induk dengan kapasitas daya sama atau sedikit diatas daya yang telah dihitung.

Untuk perhitungan *power* yang dibutuhkan kapal, perhitungan hanya dilakukan sampai *shaft horse power* (SHP). Hal ini karena pada data spesifikasi motor yang digunakan, disajikan data pada propulsi motor sehingga tidak perlu dilakukan perhitungan sampai *break horse power*. Data-data yang dibutuhkan untuk menghitung *power* disajikan pada Tabel 5.21.

Tabel 5.21 Data untuk Perhitungan Daya Mesin Induk

No	Keterangan		Nilai	Satuan
1	Kecepatan (V)	=	8.230	m/s
2	Hambatan Kapal (RT)	=	22.873	kN
3	Koefisien Blok (Cb)	=	0,505	
4	Koefisien <i>viscous resistance</i> (C <sub>v</sub> )	=	0,003363	

- Perhitungan *effective horse power* (EHP)

EHP adalah gaya minimum yang dibutuhkan kapal untuk mengatasi hambatan terhadap gerakan pada kecepatan tertentu.

$$EHP = \frac{\left(\frac{RT}{2}\right) \times V_S}{1000} \quad (5.43)$$

$$PE = 94.127 \text{ kW}$$

- Perhitungan *Thrust Horse Power* (THP)

$$THP = TV_a / \eta_H \quad (5.44)$$

$$T = \frac{\frac{RT}{2}}{1-T} \quad (5.45)$$

$$V_A = V (1-w) \quad (5.46)$$

$$\begin{aligned} \eta_H &= \text{Hull efficiency} \\ &= (1-t)/(1-w) \end{aligned} \quad (5.47)$$

$$\begin{aligned} t &= \text{trust deduction factor} \\ &= 0,1 \text{ untuk tipe transom} \end{aligned}$$

$$w = 0,3 C_B + 10 C_V \cdot C_B - 0,1 \quad (5.48)$$

$$C_V = (1+k)C_{FO} + C_A \quad (5.49)$$

$$THP = 97.423 \text{ kW}$$

- *Delivery Horse Power*

$$DHP = THP / \eta_p \quad (5.50)$$

$$\eta_o = 0.58$$

$$\eta_r = 0.98$$

$$\eta_p = \eta_o \eta_r \quad (5.51)$$

$$DHP = 171.399 \text{ kW} \quad (5.52)$$

- *Shaft Horse Power*

$$SHP = DHP / (\eta_b \eta_s) \quad (5.53)$$

$$SHP = 174.897 \text{ kW}$$

$$SHP * 15\% + SHP = 201.131 \text{ Kw}$$

### 5.6.5. Penentuan Motor Listrik

Untuk memilih motor listrik yang akan digunakan kapal, maka dicari motor listrik yang memenuhi kebutuhan perhitungan daya yang sebesar 201.131 kW. Motor listrik yang dipilih memenuhi kebutuhan daya di atas adalah Torqeedo Deep Blue 100i 900 (Gambar 5.18) yang memiliki shaft power, continuous, sebesar 100 kW dan setara dengan shaft power mesin outboard sebesar 135 HP atau sebesar 100.671 kW. Pada kapal ini menggunakan sebanyak 2 motor listrik. Penggunaan motor listrik torqeedo ini agar dapat terintegrasi dengan komputer yang berada di kapal dan di *ground control station*.



Gambar 5.18 Torqeedo Deep Blue 100i 900 (Torqeedo, 2019a)

Tabel 5.22 Spesifikasi Kecepatan dan Jarak Tempuh Mesin (Torqeedo, 2019a)

	Speed in knots (km/h)*	Range in nm (km)*	Running time in hh:mm
Slow	4.0 (7.5)	29-46 (53-86)	07:00 - 11:30
Full throttle	17-24 (32-44)	13-17 (23-32)	00:45

Tabel 5.23 Spesifikasi Motor Listrik (Torqeedo, 2019b)

<i>El. Input power continuous in kW</i>	~100
<i>El. Input power peak (30 sec) in kW</i>	~110
<i>Max. propulsive power in kW</i>	~58.0
<i>Shaft Power continous, in kW</i>	100
<i>Comparable petrol outboard (shaft power) in HP</i>	135
<i>Maximum torque (continuous), in Nm</i>	1060
<i>Motor weight only, including power electronic in kg</i>	465
<i>Maximum propeller speed in rpm</i>	900
<i>Battery demand</i>	2(i3-type)
<i>Shaft length / shaft diameter options</i>	<i>On-request</i>

### 5.6.6. Penentuan Baterai

Untuk menggerakkan motor listrik sumber energi disuplai dari baterai yang menyimpan energi yang didapatkan dari sumber listrik yang dihasilkan oleh Tangguh LNG, Untuk baterai dipilih dari baterai jenis lithium mengikuti rekomendasi dari motor Torqeedo yaitu menggunakan Deep Blue Battery ( BMW i3 series). Jumlah baterai yang dipakai Motor listrik

Deep Blue 100i 900 mengikuti saran yang diberikan oleh katalog yaitu dua unit baterai untuk satu motor listrik ini sehingga diperlukan empat baterai untuk mentenagai dua motor listrik.

Tabel 5.24 Spesifikasi *Battery* (Torqeedo, 2019a)

<i>Nominal Voltage</i>	360 V
<i>Max. Continuous Performance</i>	55 kW
<i>Capacity</i>	40.0 kWh
<i>Weight</i>	278 kg
<i>Dimensions</i>	1660 x 964 x 174 mm

Baterai pun akan menyuplai keperluan listrik yang dibutuhkan kapal untuk dapat memfasilitasi penumpang dan menggunakan seluruh peralatan yang berada di atas kapal yang berupa:

Tabel 5.25 Kebutuhan Daya

No	Peralatan Listrik	Daya (Kw)
1	Radio Equipment	0.250
2	Gyro Compass	0.080
3	Echo Sounder	0.050
4	Radar	0.250
5	Lidar	0.220
6	Kamera	0.192
7	Alarm Communication	0.250
8	Fire and Smoke Detector	0.250
9	General Alarm	0.050
10	Interior Communication	0.030
11	Motor Sirine & Motor Horn	0.150
12	Ligthing Passanger Deck	0.180
13	Lighting Engine Room	0.036
14	Mooring Light	0.040
15	Stern Light	0.040
16	Mast Head Light	0.070
17	Side Light	0.070
18	Morse Light	0.040
19	Not Under Command Light	0.010
20	Ac Engine room	0.819
21	Ac Passenger Deck	4.095
22	Flap Gate Barrier	0.200
23	Komputer	8.209
Total		15.6

$$\begin{aligned}
\text{Kapasitas baterai yang diperlukan} &= \text{Total daya keperluan peralatan listrik} \times \text{Lama perjalanan} \\
&= 15.6 \text{ kW} \times 1.5 \text{ h (satu kali perjalanan)} \\
&= 23.371 \text{ kWh} \\
&= 15.6 \text{ kW} \times 3 \text{ h (Perjalanan pulang dan pergi)} \\
&= 46.743 \text{ kWh}
\end{aligned}$$

Sehingga diperlukan baterai dengan kapasitas 23.371 kWh atau lebih. Penulis memutuskan baterai akan menggunakan Deep Blue Battery “BMW i3 series” (Gambar 5.19) sama seperti baterai yang digunakan oleh motor listrik.



Gambar 5.19 Deep Blue Battery “BMW i3 Series” (Torqeedo, 2019a)

### 5.6.7. Penentuan *Charger*

Kapal diharapkan dapat berjalan secara terus menerus sehingga perlu dipertimbangkannya seberapa cepat baterai dapat diisi kembali dayanya. Penulis memilih charger yang diproduksi oleh torqeed yaitu *fast charger* 2900 W yang memiliki *charge current* sebesar 50 A (Gambar 5.20).



Gambar 5.20 Fast Charger 2900 W (Torqeedo, 2019a)

Dengan baterai mempunyai voltase sebesar 360 v dan kapasitas 40 kWh. Oleh karena itu, dapat dicari amper hours nya sebesar 111.111 Ah sehingga dapat dicari berapa lama baterai ini dapat diisi dayanya menggunakan *charger* yang mempunyai *charge current* sebesar 50 A

$$\begin{aligned}
\text{Lama waktu pengecasan} &= \text{Kapasitas Baterai} / \text{Charge Current} \\
&= 111.111 \text{ Ah} / 50 \text{ A} \\
&= 2.222 \text{ h}
\end{aligned}$$

Didapatkan pengisian satu baterai memerlukan waktu selama 2.222 jam yang penulis bulatkan menjadi 2.5 jam untuk dapat mengisi baterai penuh. Penulis merumuskan bila kapal ini memerlukan satu charger untuk masing2 baterai. Pengisian baterai sampai penuh dilakukan saat kapal berlabuh di pelabuhan Tangguh LNG. Saat kapal berlabuh di pelabuhan babo akan dilakukan pengisian baterai selama satu jam, maka  $50Ah \times 360v = 18000 Wh$  atau sama dengan 18 kWh, sehingga daya baterai saat akan melakukan perjalanan kembali ke pelabuhan Tangguh LNG adalah,  $40 kWh - 23.371 kWh + 18kWh = 34.629kWh$ , dapat disimpulkan kapal dengan pengisian selama satu jam dapat melakukan perjalanan kembali dikarenakan keperluan daya untuk dapat melakukan perjalanan ialah sebesar 23.371 kWh dimana daya baterai lebih besar dari daya yang diperlukan.

### 5.6.8. Perhitungan Berat dan Titik Berat LWT

LWT terdiri dari berat baja badan kapal, peralatan dan perlengkapan, serta permesinan. Jadi bisa disimpulkan bahwa LWT adalah berat kapal kosong tanpa muatan atau *consumable*.

#### 1. Berat Deckhouses

Kapal mempunyai dua deckhouses yaitu ruangan passenger dan ruangan control room dengan volume deckhouse passenger sebesar  $260 m^3$  dengan ukuran panjang 16 m, lebar 6.5 m, dan tinggi 2.5 m. Untuk volume deckhouse control room sebesar  $22.5 m^3$  dengan ukuran panjang 3 m, lebar 3 m, dan tinggi 2.5 m.

Untuk menghitung berat deckhouse menggunakan pendekatan yang diberikan oleh *ship design for efficiency and economy* dimana untuk kapal kecil dan sedang mempunyai berat deck diantara  $60 - 70 kg/m^3$ . Di sini penulis memutuskan untuk memilih berat deck sebesar  $60 kg/m^3$  sehingga didapatkan berat deckhouse sebagai berikut

Deckhouse (Passenger)	$= 260 m^3 \times 60 kg/m^3$
	$= 15.6 ton$
Deckhouse (Control Room)	$= 22.5 m^3 \times 60 kg/m^3$
	$= 1.35 ton$
Deckhouse Total	$= 15.6 + 1.35 ton$
	$= 16.95 ton$

#### 2. Perhitungan Steel Weight

Perhitungan steel weight menggunakan pendekatan yang diberikan oleh Harvald dan Jensen (1992) yaitu:

$$W_{ST} = L \cdot B \cdot D_A \cdot C_S \quad (5.54)$$

Dimana  $D_A$  adalah kedalaman koreksi karena volume superstruktur dan geladak.

$$D_A = H + V_{DH} / (L \times B) \quad (5.55)$$

$$C_S = C_{SO} + 0.06 \cdot e^{-(0.5U + 0.1U^{2.45})} \quad (5.56)$$

Tabel 5.26 Daftar CSO

No	Ship Type	CSO
1	Bulk carriers	0.07
2	Cargo ship (1 deck)	0.07
3	Cargo ship (2 decks)	0.076
4	Cargo ship (3 decks)	0.082
5	Passenger ship	0.058
6	Product carriers	0.0664
7	Reefers	0.0609
8	Rescue vessel	0.0232
9	Support vessels	0.0974
10	Tanker	0.0752
11	Train ferries	0.65
12	Tugs	0.0892
13	VLCC	0.0645

$$U = \log\left(\frac{\Delta}{100}\right) \quad (5.57)$$

Dimana didapatkan *steel weight* sebesar 107.103 ton dan dapat dicari berat lambung dengan mengurangi *steel weight* dengan berat *deckhouse*

$$\begin{aligned} W_{\text{hull}} &= 107.103 - 16.95 \\ &= 90.154 \text{ ton} \end{aligned}$$

### 3. Perhitungan Berat Pemesinan

#### a. *Propulsion unit*

Untuk perhitungan berat komponen-komponen propulsion unit adalah sebagai berikut:

$$\text{Main Engine} = 0.9 \text{ ton (2 buah)}$$

$$\text{Shaft} = 0.219 \text{ ton}$$

$$\text{Propeller} = 0.0009 \text{ ton (2 buah)}$$

$$W_{\text{tot}} = 1.119 \text{ ton}$$



b. Electrical Unit

Untuk perhitungan berat komponen-komponen electrical unit adalah sebagai berikut:

Battery = 1.39 ton (5 buah)

Charger = 50 Kg (5 buah)

System Management Unit=36 Kg

W<sub>tot</sub> = 2.595 ton

4. Perhitungan Berat Peralatan dan Perlengkapan

Untuk perhitungan berat peralatan dan perlengkapan menggunakan rumus sebagai berikut dengan perkiraan peralatan dan perlengkapan yang ada di tabel.

$$W_{\text{Miscellaneous}} = (L \times B \times D)^{2/3} \times C \quad (5.58)$$

$$C = 0.18 \text{ ton / m}^2 < C < 0.26 \text{ ton / m}^2$$

$$= 0.2 \text{ ton (asumsi penulis)}$$

$$W_{\text{Miscellaneous}} = 14.887 \text{ ton}$$

Tabel 5.27 Peralatan dan Perlengkapan

<b>Perlengkapan Keselamatan</b>	
1	Lifebouy
2	(Life Jacket)
3	Kotak P3K + Obat
4	Red Hand Flare
5	Parasut Signal
6	Smoke Signal
<b>Perlengkapan Pemadam Kebakaran</b>	
7	Baju Tahan Api
8	Kapak Ukuran Sedang
9	Lampu Portable
10	Dry powder extinguisher @ 6 Kg
11	CO2 extinguisher @ 5 Kg
12	Foam extinguisher 45 liter
13	Kotak Pemadam Kebakaran
14	Alarm umum
15	Fire detektor
<b>Sensor</b>	
16	Kamera
17	Lidar

Tabel 5.27 Peralatan dan Perlengkapan (Lanjutan)

<b>Perlengkapan komunikasi (GMDSS area A1)</b>	
18	Radar ± 0 - 32 miles range
19	GPS
20	S.S.B. radio telephone
21	Echosounder
22	EPIRB
23	SART
24	Two way radio telephone
25	Publik addressor
<b>Perlengkapan Navigasi</b>	
26	Compass table type
27	Magnetic compass reflector
28	Electric horn
29	Jam dinding r.navigasi
31	Barometer
32	Stopwatch
33	Bola hitam ø 610 mm
34	Busur derajat
35	Segitiga dan Mistar sejajar
36	Battery lamp
37	Bendera nasional uk. 60 x 90 cm
38	Buku pasang surut
39	Peta alur pelayaran
40	Lampu Navigasi
41	Flood Light Haluan
42	Morse Light
43	Search Light
<b>Kamar Mandi</b>	
44	Supply fan
45	Exhaust fan untuk toilet
46	WC duduk
48	Westafle, sikat, dan cermin
<b>Ruang Akomodasi</b>	
49	Panel Dinding
50	Panel Langit-Langit
51	Speaker pengumuman
52	Loker Koper
53	AC passenger room
54	Jam dinding
55	Kursi
56	Flap Gate Barrier
57	Lampu penerangan ruangan di r.penumpang

Untuk berat accommodation terdapat dua daerah yang ditinjau yaitu daerah *passenger room* dan daerah haluan kapal dengan acuan dari *ship design for efficiency and economy* dimana berat untuk kapal kecil dan sedang mempunyai rentang berat sebesar 60-70 kg/m<sup>2</sup> dengan berat *passenger room* sebesar 15.6 ton dan berat haluan kapal 0.395 ton sehingga di dapat berat total untuk peralatan dan perlengkapan sebesar 31.475 ton.

## 5. Perhitungan Titik Berat Structural

Perhitungan titik berat *structural* terdiri dari *center of basic hull structural weight*, *center of deckhouse structural weight*, *center of ship structural weight*. Untuk perhitungan sebagai berikut:

### a. Center of basic hull structural weight

- Vertikal

$$VCG_{\text{hull}} = 0.01D [46.6 + 0.135(0.81 - C_B) (L/D)^2] + 0.008D(L/B-6.5) \quad (5.59)$$

$$VCG_{\text{hull}} = 1.768 \text{ m}$$

- Longitudinal

$$\%LCG_{\text{hull}} = -0.15 + LCB \quad (5.60)$$

Dengan nilai LCB yang didapatkan dari perhitungan maxsurf sebesar 13.605 m dari AP dan 2.237 dari miship didapatkan nilai seperti di bawah

$$\%LCG_{\text{hull}} = 2.087\%$$

Sehingga LCG dari AP adalah

$$LCG_{\text{hull}} = 0.5 L_{pp} + LCG_{\text{hullM}}$$

$$LCG_{\text{hullM}} = 0.564 \text{ m (dari midship)}$$

$$LCG_{\text{hull}} = 13.564$$

### b. Center of deckhouse structural weight

- Vertikal

$$VCG_{\text{P.room}} = H + 0.5 h \quad (5.61)$$

$$VCG_{\text{P.room}} = 5.05 \text{ m}$$

$$VCG_{\text{C.room}} = H + 0.5 h$$

$$VCG_{\text{C.room}} = 5.05 \text{ m}$$

Sehingga Nilai VCG secara keseluruhan adalah

$$VCG_{\text{dh}} = (VCG_{\text{P.room}} \times W_{\text{P.room}} + VCG_{\text{C.room}} \times W_{\text{C.room}}) / W_{\text{tot}}$$

$$VCG_{\text{dh}} = 5.05 \text{ m}$$

- Longitudinal

$$LCG_{P.room} = 4 + 0.5 l \quad ( 5.62 )$$

$$LCG_{P.room} = 12 \text{ m (dari AP)}$$

$$LCG_{C.room} = 0.5 l \quad ( 5.63 )$$

$$LCG_{C.room} = 1.5 \text{ m (dari AP)}$$

Sehingga Nilai LCG secara keseluruhan adalah

$$LCG_{dh} = (LCG_{P.room} \times W_{P.room} + LCG_{C.room} \times W_{C.room}) / W_{tot} \quad ( 5.64 )$$

$$LCG_{dh} = 11.164 \text{ m (dari AP)}$$

c. *Center of ship structural weight*

- Vertical

$$VCG_S = (VCG_{hull} \times W_{hull} + VCG_{dh} \times W_{dh}) / WST \quad ( 5.65 )$$

$$VCG_S = 2.287 \text{ m}$$

- Longitudinal

$$LCG_S = (LCG_{hull} \times W_{hull} + LCG_{dh} \times W_{dh}) / WST \quad ( 5.66 )$$

$$LCG_S = 13.184 \text{ m (dari AP)}$$

6. Perhitungan titik berat permesinan

Adapun rumus titik berat permesinan dalam (Taggart, R., 1980) adalah sebagai berikut:

$$VCG_M = h_{db} + 0.35 (D' - h_{db}) \text{ [m]} \quad ( 5.67 )$$

$$h_{db} = \text{tinggi double bottom}$$

$$D' = H$$

$$VCG_M = 1.85 \text{ m}$$

$$LCG_m = \text{sisi belakang mesin utama}$$

$$= b + L_{sterntube} + \text{shaft length at machinery room}$$

$$b = 0.35 T$$

$$LCG_m = 6.13 \text{ m}$$

7. Perhitungan titik berat peralatan dan perlengkapan

Adapun rumus titik berat peralatan dan perlengkapan dalam (Taggart, R., 1980) adalah sebagai berikut:

$$LCG_{E\&O} = ((25\% W_O \times LCG_M) + (37.5\% W_O \times LCG_{dh}) + (37.5\% W_O \times L_{PP}/2)) / W_O \quad ( 5.68 )$$

$$LCG_{E\&O} = 12.82 \text{ m}$$

$$VCG_{E\&O} = H$$

$$VCG_{E\&O} = 3.8$$

### 5.6.9. Perhitungan berat dan titik berat DWT

DWT terdiri dari beberapa komponen, pada umumnya harga *payload*  $\pm$  90% DWT, adapun *consumable* terdiri dari *fresh water* (air tawar), *seawage tank* (air kotor), dan *passenger and effect*. Setelah berat komponen DWT didapatkan, maka dilakukan perhitungan titik berat DWT untuk mencari harga VCG dan LCG.

#### 1. Perhitungan berat *fresh water*

$$W_{FW} = 0.17 \text{ ton / (person day)}$$

dengan pelayaran berlangsung selama 0.125 hari sehingga didapatkan

$$W_{FW} = 0.851 \text{ ton untuk satu kali berlayar}$$

$$= 1.702 \text{ ton untuk dua kali berlayar}$$

Dengan massa jenis air sebesar  $1000 \text{ kg/m}^3$  didapatkan volume tangki yang dibutuhkan sebesar  $1.702 \text{ m}^3$

#### 2. Perhitungan berat *seawage*

Untuk menghitung berat seawage tank didesain terlebih dahulu besar tangki yang diinginkan yaitu disamakan dengan besar tangki fresh water,  $1.702 \text{ m}^3$ , sehingga berat sewage tank yaitu

$$W_{Sw} = V_{Sw} / \rho_{Sw} \quad ( 5.69 )$$

$$\rho_{Sw} = 721 \text{ kg/m}^3$$

$$W_{Sw} = 1.227 \text{ ton}$$

#### 3. Perhitungan *passenger and effect weight*

$$W_{P\&E} = 0.17 \text{ ton/person}$$

$$= 6.8 \text{ ton}$$

#### 4. Perhitungan berat total

$$W_{tot} = W_{FW} + W_{Sw} + W_{P\&E} \quad ( 5.70 )$$

$$W_{tot} = 9 \text{ ton}$$

#### 5. Perhitungam titik berat *fresh water tank*

- Vertikal

$$VCG_{FWT} = 0.5 H_{FWT} \quad ( 5.71 )$$

$$H_{FWT} = 0.8 \text{ m}$$

$$VCG_{FWT} = 0.4 \text{ m}$$

- Longitudinal

$$LCG_{FWT} = 12.05 + 0.5 L_{FWT} \quad ( 5.72 )$$

$$L_{FWT} = 0.917 \text{ m}$$

$$LCG_{FWT} = 12.55 \text{ m}$$

6. Perhitungan titik *passenger and effect weight*

- Vertikal

$$VCG_{P\&E} = (VCG_{dh} \times W_{dh}) / W_{dh} \quad (5.73)$$

$$VCG_{P\&E} = 5.05 \text{ m}$$

- Longitudinal (from AP)

$$LCG_{P\&E} = (LCG_{dh} \times W_{dh}) / (W_{dh}) \quad (5.74)$$

$$LCG_{P\&E} = 12 \text{ m}$$

7. Perhitungan titik berat *seawage tank*

Peletakan seawage tank dan freshwater berada di posisi yang sama sehingga mempunyai nilai VCG dan LCG yang sama

$$VCG_{SWT} = 0.4 \text{ m}$$

$$LCG_{SWT} = 12.55 \text{ m}$$

8. Perhitungan titik berat consumables

- Vertikal

$$VCG = (VCG_{FWT} \times W_{FW} + VCG_{SWT} \times W_{SW} + VCG_{P\&E} \times W_{P\&E}) / W_{tot} \quad (5.75)$$

$$VCG = 3.614 \text{ m}$$

- Longitudinal

$$LCG = (LCG_{FWT} \times W_{FW} + LCG_{SWT} \times W_{SW} + LCG_{P\&E} \times W_{P\&E}) / W_{tot} \quad (5.76)$$

$$LCG = 11.067 \text{ m}$$

Dalam mendesain kapal ini terdapat 5 kondisi di mana dibuat dari variasi kursi, penumpang, koper, dan tas yang di jabarkan dalam tabel di bawah

Tabel 5.28 Berat Loading Condition 1

PASSENGER CAPACITY I		
Passenger Category	No of units	Unit Weight kg
Chair	40	11
Person	40	75
Koper	0	5.2
Tas	0	1
<b>Total</b>		<b>3440</b>

Table 5.1 Berat Loading Condition 2

PASSENGER CAPACITY II		
Passenger Category	No of units	Unit Weight kg
Chair	40	11
Person	40	75
Koper	40	5.2
Tas	0	1
<b>Total</b>		<b>3648</b>

Tabel 5.29 Berat Loading Condition 3

PASSENGER CAPACITY III		
Passenger Category	No of units	Unit Weight kg
Chair	40	11
Person	40	75
Koper	0	5.2
Tas	40	1
<b>Total</b>		<b>3480</b>

Tabel 5.30 Berat Loading Condition 4

PASSENGER CAPACITY IV		
Passenger Category	No of units	Unit Weight kg
Chair	40	11
Person	40	75
Koper	40	5.2
Tas	40	1
<b>Total</b>		<b>3688</b>

Tabel 5.31 Berat Loading Condition 5

PASSENGER CAPACITY V		
Passenger Category	No of units	Unit Weight kg
Chair	40	11
Person	0	75
Koper	0	5.2
Tas	0	1
<b>Total</b>		<b>440</b>

Dengan nilai titik berat sebagai berikut

- Vertikal

$$VCG = hDB + 0.5 (H - hDB) \quad (5.77)$$

$$VCG = 2.3 \text{ m}$$

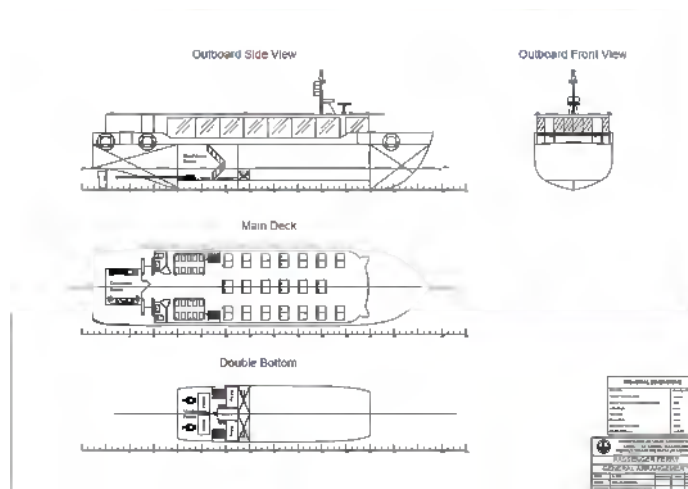
- Longitudinal

$$LCG = L_{st} + L_{MR} + 0.5 (L_{PP} - (L_{st} + L_{MR} + L_{bow})) \quad ( 5.78 )$$

$$LCG = 19 \text{ m}$$

### 5.6.10. Menggambar Rencana Umum Kapal

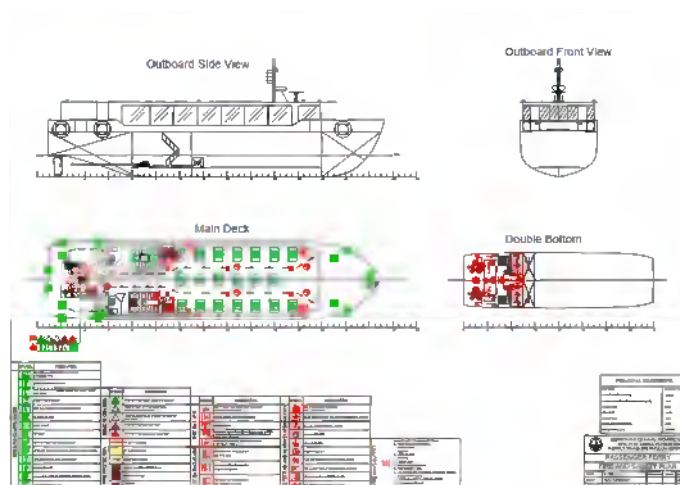
Proses selanjutnya ialah membuat gambar rencana umum. Gambar rencana umum dibuat dengan *software* AutoCAD. Gambar rencana garis digunakan sebagai acuan dalam membuat rencana umum. Garis-garis bagian tertentu digunakan untuk menentukan *layout* pada gambar rencana umum. Gambar rencana umum disajikan pada Gambar (5.21)



Gambar 5.21 Gambar Rencana Umum

### 5.6.11. Desain *Fire and Safety Plan*

Kapal *Passenger Ferry* memerlukan perencanaan keselamatan guna menjamin keselamatan penumpang saat terjadi bahaya. Berikut adalah *Fire and Safety Plan*:



Gambar 5.22 Fire and Safety Plan



Gambar 5.22 merupakan hasil perencanaan keselamatan kapal, untuk gambar lebih dapat dilihat pada lampiran 3. Berikut penjelasan dari *live saving appliances*:

1. *Lifebuoy*

Ketentuan jumlah minimal *lifebuoy* untuk kapal penumpang menurut SOLAS Reg. III/22.1 dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.32 Ketentuan Jumlah Minimum

Panjang Kapal (m)	Jumlah <i>Lifebuoy</i> Minimum
Di Bawah 60	8
Antara 60 sampai dengan 120	12
Antara 120 sampai dengan 180	18
Antara 180 sampai dengan 240	24
Lebih 240	30

Karena panjang kapal 26 meter maka jumlah *lifebuoy* minimum sesuai dengan SOLAS Reg III/22.1 yang terdapat pada Tabel 4.31 adalah 8 buah dengan perencanaan sebagai berikut:

Tabel 5.33 Perencanaan *Lifebuoy*

Jenis <i>Lifebuoy</i>	Jumlah
<i>Lifebuoy</i>	6
<i>Lifebuoy with self-igniting light</i>	2

Tabel 4.32 Menunjukkan jenis dan jumlah *lifebuoy* yang akan diletakkan merata pada geladak utama.

2. *Lifejacket*

Berdasarkan LSA Code II/2.2 jumlah *lifejacket* yang terdapat pada kapal yaitu 40 buah. Jumlah tersebut sudah sesuai dengan total jumlah pengunjung dan kru kapal.

3. *Liferaft*

*Liferaft* yang digunakan adalah tipe *inflatable liferaft*. Terdapat 2 *Liferaft* dengan masing-masing kapasitas 20 orang per *liferaft*.

Selanjutnya adalah untuk memudahkan proses evakuasi dan memberitahu saat kapal sedang dalam keadaan bahaya.

1. *Muster Station*

*Muster station* merupakan tempat berkumpul jika terjadi kondisi bahaya. Pada kapal ini diletakkan pada bagian belakang kapal.

## 2. *Escape Routes*

Simbol *escape routes* dipasang di setiap lorong kapal, tangga-tangga, dan didesain untuk mengarahkan penumpang ke *muster station*.

## 3. *Visual Signal*

*Visual signal* merupakan alat komunikasi yang digunakan saat kapal dalam keadaan bahaya. Jenis *visual signal* yang digunakan adalah *rocket parachutes flare* yang terdapat pada ruangan penumpang dan *liferaft*.

## 4. *Radio and Navigation*

### a. *Search and Rescue Radar (SART)*

Rencananya akan dipasang SART di setiap sisi. Berdasarkan SOLAS Reg. III/6, SART harus dibawa naik *lifeboat* atau *lifebuoy* ketika saat evakuasi agar radar tetap bisa ditangkap.

### b. *Emergency Position Indicating Radio Beacon (EPIRB)*

Pada kapal juga akan dipasang 1 EPIRB dan diletakkan di luar. Frekuensi EPIRB yang digunakan menurut SOLAS Reg IV/8 adalah 406 Mhz dan terdapat tanggal akhir masa berlaku atau tanggal terakhir sensor apung.

Selanjutnya adalah *fire control equipment* berdasarkan SOLAS Reg. II/10, pemadam kebakaran diletakkan di tempat-tempat yang terlihat, mudah dijangkau dengan cepat dan mudah kapanpun atau saat dibutuhkan. Sedangkan menurut MSC 911/7, lokasi alat pemadam kebakaran portabel berdasar kesesuaian kebutuhan dan kapasitas. Alat pemadam kebakaran untuk kategori ruang khusus harus cocok untuk kebakaran kelas A dan B. Peralatan pemadam kebakaran yang dipasang pada kapal ini antara lain:

### 1. *Sprinkler*

Menurut ketentuan SOLAS Reg/10-6, untuk kapal penumpang yang mengangkut lebih dari 36 penumpang harus dilengkapi dengan sistem *sprinkler* otomatis untuk area yang memiliki risiko kebakaran besar.

### 2. *Portable dry powder extinguisher*

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

Sedangkan alat pendeteksi kebakaran yang harus dipasang berdasarkan ketentuan HSC Code VII/7 antara lain sebagai berikut:

1. *Bell fire alarm*

Untuk kapal kurang dari 500 GT, alarm ini dapat terdiri dari peluit atau sirene yang dapat didengar di seluruh bagian kapal.

2. *Push button for fire alarm*

*Push button for general alarm* ini digunakan atau diletakkan apabila terjadi tanda bahaya yang disebabkan apa saja dan membutuhkan peringatan menyeluruh pada kapal secepat mungkin.

3. *Heat detector*

*Heat detector* dipasang pada seluruh ruangan di kapal

4. *Fire alarm panel*

*Control panel* harus diletakkan pada ruangan atau pada *main fire control station*.

### 5.6.12. Pemodelan 3D

Setelah rencana garis dan rencana umum selesai didesain, maka pemodelan 3D akan dibuat dengan mengembangkan bentuk lambung dari *software Maxsurf Modeler* yang akan diekspor ke ekstensi 3D pada *software SketchUp* untuk dilakukan finalisasi desain berupa penambahan komponen kapal dan rendering. Pemodelan 3D *Small Autonomous Passenger Ferry* dapat dilihat pada Gambar 5.23 dan Gambar 5.24.



Gambar 5.23 3D Kapal



Gambar 5.24 (a) Bagasi Koper ; (b) Control Room ; (c) Flap Gate Barrier (tampak samping) ; (d) Flap Gate Barrier (Tampak depan) ; (e) Ruang Penumpang ; (f ) Toilet.

## 5.7. Verification of Design

Pada sub bab ini akan menyajikan evaluasi yang digunakan untuk menentukan desain akhir. Ini akan membahas perhitungan pengecekan displacement, freeboard, dan stabilitas kapal.

### 5.7.1. Pengecekan Displacement

Perhitungan berat LWT dan DWT telah didapatkan maka berikutnya adalah pengecekan terhadap *displacement* kapal. Pengecekan dilakukan pada saat kapal dengan muatan penuh dan muatan kosong dengan perhitungan seperti di bawah.

- Muatan Penuh

$$LWT = W_{ST} + W_M + W_{E\&O} \quad (5.79)$$

$$LWT = 141.174 \text{ ton}$$

$$\text{DWT} = \text{Payload} + W_C \quad (5.80)$$

$$\text{DWT} = 13.417 \text{ ton}$$

$$\Delta = 157.7 \text{ ton}$$

$$\text{LWT} + \text{DWT} = 154.591 \text{ ton}$$

$$\Delta_{\text{margin}} = \Delta - (\text{LWT} + \text{DWT}) \quad (5.81)$$

$$\Delta_{\text{margin}} = 3.109 \text{ ton}$$

$$\Delta_{\text{margin}\%} = 2\% - 10\% \quad (5.82)$$

$$\Delta_{\text{margin}\%} = 2\%$$

- Muatan Kosong

- $\text{LWT} = W_{ST} + W_M + W_{E\&O}$

- $\text{LWT} = 141.174 \text{ ton}$

- $\text{DWT} = \text{Payload} + W_C$

- $\text{DWT} = 10.169 \text{ ton}$

- $\Delta = 157.7 \text{ ton}$

- $\text{LWT} + \text{DWT} = 154.591 \text{ ton}$

- $\Delta_{\text{margin}} = \Delta - (\text{LWT} + \text{DWT})$

- $\Delta_{\text{margin}} = 6.357 \text{ ton}$

- $\Delta_{\text{margin}\%} = 2\% - 10\%$

- $\Delta_{\text{margin}\%} = 4\%$

Dari perhitungan di atas didapatkan bila perbedaan margin yang di dapat sebesar 2% untuk muatan penuh dan 4% untuk muatan kosong. Dengan batas margin 2% - 10% disimpulkan bila margin di atas dapat diterima.

### 5.7.2. Pengecekan Freeboard

Lambung timbul atau *freeboard* merupakan daya apung cadangan kapal dan memiliki dampak terhadap keselamatan kapal, baik keselamatan kru kapal atau penumpang kapal, dan kapal itu sendiri. Besarnya nilai *freeboard* diukur dari jarak secara vertikal pada bagian *midship* kapal dari tepi garis geladak hingga garis air di area *midship*. Pemeriksaan *freeboard* untuk kapal kecil harus memenuhi kriteria yang telah disyaratkan oleh Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. Kriteria tersebut disebutkan dalam Standar Kapal Non-Konvensi Berbendera Indonesia Bab VI di mana *freeboard* minimum tidak boleh kurang dari 250 mm. (Abrar, Nasirudin, dan Utama, 2019)

$$\begin{aligned}
 \text{Freeboard} &= H-T && ( 5.83 ) \\
 &= 3.8 \text{ m} - 1,8 \text{ m} \\
 &= 2 \text{ m (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

### 5.7.3. Pengecekan Stabilitas Kapal

Pengecekan stabilitas dilakukan untuk mengetahui kondisi stabilitas kapal dan untuk memenuhi standard keselamatan pelayaran *safety of life at sea* (SOLAS) dan *international maritime organization* (IMO). Perhitungan stabilitas dilakukan dengan bantuan software maxsurf stability. Perhitungan stabilitas ini dilakukan dengan mengecek lima loadcase seperti yang sudah di jelaskan sebelumnya

1. Loadcase 1 : Kapal kondisi dipenuhi 40 orang dan tangki terisi 10%
2. Loadcase 2 : Kapal kondisi dipenuhi 40 orang dan tangki terisi 50%
3. Loadcase 3 : Kapal kondisi dipenuhi 40 orang dan tangki terisi penuh
4. Loadcase 4 : Kapal kondisi dipenuhi 40 orang, 40 koper, dan tangki terisi 10%
5. Loadcase 5 : Kapal kondisi dipenuhi 40 orang, 40 koper, dan tangki terisi 50%
6. Loadcase 6 : Kapal kondisi dipenuhi 40 orang, 40 koper, dan tangki terisi penuh
7. Loadcase 7 : Kapal kondisi dipenuhi 40 orang, 40 tas, dan tangki terisi 10%
8. Loadcase 8 : Kapal kondisi dipenuhi 40 orang, 40 tas, dan tangki terisi 50%
9. Loadcase 9 : Kapal kondisi dipenuhi 40 orang, 40 tas, dan tangki terisi penuh
10. Loadcase 10 : Kapal kondisi dipenuhi 40 orang, 40 koper, 40 tas, dan tangki terisi 10%
11. Loadcase 11 : Kapal kondisi dipenuhi 40 orang, 40 koper, 40 tas, dan tangki terisi 50%
12. Loadcase 12 : Kapal kondisi dipenuhi 40 orang, 40 koper, 40 tas, dan tangki terisi penuh
13. Loadcase 13 : Kapal kondisi tidak terdapat penumpang dan tangki terisi 10%
14. Loadcase 14 : Kapal kondisi tidak terdapat penumpang dan tangki terisi 50%
15. Loadcase 15 : Kapal kondisi tidak terdapat penumpang dan tangki terisi penuh

Setelah semua loadcase dibuat, maka langkah selanjutnya adalah me-*running* data yang telah dimasukkan untuk melihat kondisi stabilitas kapal. Pada Tabel 5.23 dibawah ini merupakan rekapitulasi hasil analisis stabilitas dalam berbagai kondisi yang telah dibandingkan dengan kriteria stabilitas untuk kapal jenis umum dan kapal penumpang yang menagcu pada BKI Volume 3 *Guidelines on Intact Stability*. Kriteria tersebut antara lain sebagai berikut :

- a. Luas area di bawah kurva lengan pengembali (kurva GZ) antara sudut  $0^\circ$  -  $30^\circ$  tidak boleh kurang dari 0.055 m.rad atau 3.151 m.deg.

- b. Luas area di bawah kurva lengan pengembali (kurva GZ) antara sudut  $0^\circ - 40^\circ$  tidak boleh kurang dari 0.0590 m.rad atau 5.157 m.deg.
- c. Luas area di bawah kurva lengan pengembali (kurva GZ) antara sudut  $30^\circ - 40^\circ$  atau antara sudut *downfloofing* ( $\theta_f$ ) dan  $30^\circ$  jika nilai GZ maksimum tidak mencapai  $40^\circ$ , tidak boleh kurang dari 0.030 m.rad atau 1.719 m.deg.
- d. Lengan pengembali GZ pada sudut oleh sama dengan atau lebih dari  $30^\circ$  minimal 0.200 m.
- e. Lengan pengembali maksimum terjadi pada kondisi oleng tidak kurang dari  $25^\circ$ . Apabila tidak dapat diaplikasikan, karena kapal yang memiliki badan lebar dan tinggi yang rendah, rasio  $B/D > 2.5$ , kriteria di bawah ini dapat diaplikasikan
  - Lengan pengembali maksimum terjadi pada kondisi oleng tidak kurang dari  $15^\circ$
  - Luas area di bawah kurva lengan pengembali (kurva GZ) tidak boleh kurang dari 0.070 metre-radians untuk sudut  $0^\circ - 15^\circ$  dan 0.055 untuk sudut  $15^\circ - 30^\circ$ . Rumus yang digunakan untuk menghitung luas area di bawah lengan pengembali adalah:

$$0.055 + 0.001 (30^\circ - \varphi_{\max}) \text{ metre-radians}$$

- f. Tinggi titik metasenter awal ( $GM_o$ ) tidak boleh kurang dari 0.15 m.
- g. Untuk kapal penumpang, sudut oleng pada perhitungan kondisi penumpang berkelompok pada satu sisi kapal tidak boleh lebih dari  $10^\circ$ . Berat standar setiap penumpang adalah 75 kg, atau boleh kurang tetapi tidak boleh kurang dari 60 kg.
- h. Untuk kapal penumpang, sudut oleng pada perhitungan kondisi kapal berbelok (*turning*) tidak boleh lebih dari  $10^\circ$ .
- i. Untuk kriteria cuaca, *angle of heel* kapal dalam menghadapi angin ( $\varphi_0$ ) tidak boleh lebih dari  $16^\circ$ .
- j. Untuk kriteria cuaca, *angle of heel* kapal dalam menghadapi angin ( $\varphi_0$ ) tidak boleh lebih dari 80% *angle of deck edge immersion*.
- k. Untuk kriteria cuaca, luas area b harus lebih besar atau sama dengan luas area a.

Sebelum melakukan running nilai trim harus dimasukkan leih dahulu. Stabilitas merupakan kondisi keseimbangan kapal secara melintang, sedangkan trim merupakan kondisi keseimbangan kapal secara memanjang. Trim terjadi karena perbedaan letak titik B dan titik G kapal atau titik berat kapal secara keseluruhan secara memanjang tidak sama dengan titik berat kapal yang tercelup air sehingga menyebabkan perbedaan sarat pada bagian haluan dan buritan kapal. Tri, merupakan kondisi yang pasti terjadi, karena perubahan kondisi pemuatan secara

otomatis pasti mengakibatkan perubahan letak titik berat kapal. Pemeriksaan trim ini mengacu pada SOLAS Reg. II/7, dimana kondisi trim maksimum yang diperbolehkan adalah 5% Lwl.

Dengan kondisi trim yang didapatkan pada tiap tiap loadcase sebagai berikut.

1. Loadcase 1-3 = -0.484 m (*Trim by stern*)
2. Loadcase 4-6 = -0.478 m (*Trim by stern*)
3. Loadcase 7-9 = -0.483 m (*Trim by stern*)
4. Loadcase 10-12 = -0.477 m (*Trim by stern*)
5. Loadcase 13-15 = -0.578 m (*Trim by stern*)

Setelah semua data telah terpenuhi didapatkan hasil analisis stabilitas yang diasjikan dalam bentuk tabel sebagai berikut.

Tabel 5.34 Hasil Analisis Stabilitas Dengan Tangki Bermuatan 10%

NO	CRITERIA	VALUE	UNIT	ACTUAL CONDITION				
				L.C.1	L.C.4	L.C.7	L.C.10	L.C.13
1	Area 0 to 30	3.151	m.deg	5.469	5.468	5.469	5.468	7.214
	shall be greater than (>)							
2	Area 0 to 40	5.157	m.deg	9.696	9.696	9.696	9.696	11.969
	shall be greater than (>)							
3	Area 30 to 40	1.719	m.deg	4.226	4.227	4.227	4.227	4.758
	shall be greater than (>)							
4	Maximum GZ at 30 or greater	0.2	m	0.504	0.505	0.504	0.505	0.549
	shall be greater than (>)							
5	Angle of maximum GZ	25	deg	50.9	50.9	50.9	50.9	50
	shall be greater than (>)							
6	Initial GMT	0.15	m	1.001	1.001	1.001	1.001	1.025
	shall be greater than (>)							
7	Passenger crowding : angle of equilibrium	10	deg	3.2	3.2	3.2	3.2	0
	Angle of steady heel shall be less than (<)							
8	Turning : angle of equilibrium	10	deg	3.2	3.2	3.2	3.2	0
	Angle of steady heel shall be less than (<)							
9	Severe wind and rolling	16	deg	10.7	10.7	10.7	10.7	7.3
	Angle of steady heel shall be less than (<)							
10	Severe wind and rolling	80	%	33.01	32.95	33	32.94	22.98
	Angle of steady heel / deck edge immersion angle shall be less than (<)							
11	Severe wind and rolling	100	%	100.10	100.36	100.15	100.41	120.60
	Area 1 / Area 2 shall be greater than (>)							
			<b>Status</b>	<b>Pass</b>	<b>Pass</b>	<b>Pass</b>	<b>Pass</b>	<b>Pass</b>



Tabel 5.35 Hasil Analisis Stabilitas Dengan Tangki Bermuatan 50%

NO	CRITERIA	VALUE	UNIT	ACTUAL CONDITION				
				L.C.2	L.C.5	L.C.8	L.C.11	L.C.14
1	Area 0 to 30	3.151	m.deg	5.582	5.580	5.581	5.580	7.315
	shall be greater than (>)							
2	Area 0 to 40	5.157	m.deg	9.898	9.898	9.898	9.898	12.163
	shall be greater than (>)							
3	Area 30 to 40	1.719	m.deg	4.316	4.317	4.316	4.317	4.847
	shall be greater than (>)							
4	Maximum GZ at 30 or greater	0.2	m	0.515	0.515	0.515	0.515	0.559
	shall be greater than (>)							
5	Angle of maximum GZ	25	deg	50.9	50.9	50.9	50.9	50
	shall be greater than (>)							
6	Initial GMt	0.15	m	1.011	1.011	1.011	1.010	1.035
	shall be greater than (>)							
7	Passenger crowding : angle of equilibrium	10	deg	3.1	3.1	3.1	3.1	0
	Angle of steady heel shall be less than (<)							
8	Turning : angle of equilibrium	10	deg	3.1	3.1	3.1	3.1	0
	Angle of steady heel shall be less than (<)							
9	Severe wind and rolling	16	deg	10.4	10.4	10.4	10.4	7.2
	Angle of steady heel shall be less than (<)							
10	Severe wind and rolling	80	%	32.49	32.55	32.48	32.43	22.66
	Angle of steady heel / deck edge immersion angle shall be less than (<)							
11	Severe wind and rolling	100	%	102.10	102.36	102.15	102.41	125.17
	Area 1 / Area 2 shall be greater than (>)							
			<b>Status</b>	<b>Pass</b>	<b>Pass</b>	<b>Pass</b>	<b>Pass</b>	<b>Pass</b>

Tabel 5.36 Hasil Analisis Stabilitas Dengan Tangki Bermuatan Penuh

NO	CRITERIA	VALUE	UNIT	ACTUAL CONDITION				
				L.C.3	L.C.6	L.C.9	L.C.12	L.C.15
1	Area 0 to 30	3.151	m.deg	5.782	5.780	5.781	5.500	7.496
	shall be greater than (>)							
2	Area 0 to 40	5.157	m.deg	10.254	10.254	10.254	9.845	12.494
	shall be greater than (>)							
3	Area 30 to 40	1.719	m.deg	4.473	4.473	4.473	4.344	4.998
	shall be greater than (>)							
4	Maximum GZ at 30 or greater	0.2	m	0.535	0.535	0.535	0.521	0.579
	shall be greater than (>)							

Tabel 5.36 Hasil Analisis Stabilitas Dengan Tangki Bermuatan Penuh (Lanjutan)

5	Angle of maximum GZ	25	deg	50.9	50.9	50.9	50.9	50
	shall be greater than (>)							
6	Initial GMt	0.15	m	1.032	1.031	1.031	1.021	1.055
	shall be greater than (>)							
7	Passenger crowding : angle of equilibrium	10	deg	3	3	3	3.4	0
	Angle of steady heel shall be less than (<)							
8	Turning : angle of equilibrium	10	deg	3	3	3	3.4	0
	Angle of steady heel shall be less than (<)							
9	Severe wind and rolling	16	deg	10.1	10.1	10.1	10.6	6.9
	Angle of steady heel shall be less than (<)							
10	Severe wind and rolling	80	%	31.61	31.56	31.6	33.14	22.03
	Angle of steady heel / deck edge immersion angle shall be less than (<)							
11	Severe wind and rolling	100	%	109.02	109.28	109.07	103.30	131.91
	Area 1 / Area 2 shall be greater than (>)							
			<b>Status</b>	<b>Pass</b>	<b>Pass</b>	<b>Pass</b>	<b>Pass</b>	<b>Pass</b>

## **BAB 6**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1. Kesimpulan**

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

1. Teori yang digunakan untuk mendesain kapal ini mengacu pada badan klasifikasi Lloyd's Register dan DNV GL.
  - Teori yang digunakan selain badan klasifikasi berasal dari *Maritime UK* yang mengeluarkan *MASS Code of Practice* dan *paper* milik AAWA yang dipimpin oleh Rolls Royce.
2. Kapal akan dijalankan secara *autonomous* dan *remote* oleh satu operator di ground control station.
  - Sistem *autonomous* dibedakan antara pelayaran, *mooring system*, dan *ticketing* yang digambarkan pada diagram di lampiran 4.
3. Metode desain yang sesuai untuk digunakan adalah *system based ship design* (SBSD) yang digabungkan dengan *risk based ship design* (RBSD).
4. Kapal didesain untuk mengangkut penumpang sebanyak empat puluh orang dengan barang bawaan berupa koper dan tas untuk masing-masing penumpang.
  - Penggunaan e-ticketing yang diintegrasikan dengan flap gate barrier dilakukan untuk mengurangi adanya kesalahan dalam mendata penumpang dan diletakan pada buritan kapal.
  - Pelatakan *Control Room* di buritan kapal untuk menghindari kerusakan saat terjadi tubrukan pada haluan kapal sehingga sistem dapat terus bekerja.
  - Peletakan kursi penumpang dibuat 3 baris agar penumpang mempunyai ruang gerak yang luas dan memudahkan penumpang bergerak saat keadaan darurat
  - Kapal berlabuh dengan sisi kapal menghadap pelabuhan dan menggunakan *vacuum mooring* untuk *mooring system*
  - Kapal menggunakan penggerak motor listrik tipe Deep Blue 100i 900 milik Torqeedo

- Kapal menggunakan baterai dengan tipe Deep Blue battery (i3-type) milik Torqeedo sebanyak lima buah
  - Kapal menggunakan lima *charger* untuk mengisi daya baterai yang memerlukan waktu selama 3 jam untuk terisi penuh.
  - Penempatan sensor berupa kamera dan LIDAR berada di atap *passenger room* agar tidak dapat dicuri dan pandangan terhalang oleh penumpang
  - Gambar rencana garis menyediakan informasi berupa tabel offset dan ukuran kapal yang dapat dilihat pada Lampiran 3
  - Gambar rencana umum menyediakan informasi berupa denah kapal dan peletakan sensor berupa kamera dan LIDAR yang dapat dilihat pada Lampiran 3
  - Pemodelan 3D kapal disajikan pada Lampiran 3
5. Kapal memiliki 67 hazardous event dan terdapat 12 poin yang perlu dipertimbangkan
  6. Pengecekan displacement mempunyai perbedaan 2%
    - Kapal dinyatakan lolos kriteria stabilitas dengan menganalisis 5 kondisi yang dijalankan pada *software maxsurf stability*

## 6.2. Saran

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan pada tugas akhir in. Hal-hal yang disarankan adalah sebagai berikut:

1. Penambahan solar panel agar dapat mensuplai baterai kapal secara berkelanjutan
2. Dilakukan perhitungan analisis mooring menggunakan vacuum mooring
3. Penentuan program untuk kapal dapat berjalan secara *fully autonomous*
4. Penambahan sensor untuk dapat berlabuh secara *fully autonomous*
5. Melakukan penerapan *Formasl Safety Assessment (FSA)* secara lengkap untuk dapat mengetahui keadaan kapal secara menyeluruh

## DAFTAR PUSTAKA

- Abrar, K., Nasirudin, A., Utama, D. (2019). Kajian Teknis dan Ekonomis Desain Konversi Kapal Penyebrangan Wisata Dengan Konsep Solar-Powered Boat di Kawasan Mandeh Sumatera Barata. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Aanondsen, S. A. (2017). Generic design spiral. Personal Communication. 11.01.2017.
- Anderson, J. M., Nidhi, K., Stanley, K. D., Sorensen, P., Samaras, C., Oluwatola, O. A., Rand Transportation, S., (Program), T., and Corporation, R. (2014). Autonomous Vehicle Technology : A Guide for Policymakers. RAND Corporation, Santa Monica.
- <http://antropometriindonesia.org/>
- BKI (2014) 'Rules for the Classification and 2014 Edition Biro Klasifikasi Indonesia', II.
- British Petroleum (2019), Tangguh LNG  
[https://www.bp.com/in\\_id/indonesia/bp-di-indonesia/tangguh-lng.html](https://www.bp.com/in_id/indonesia/bp-di-indonesia/tangguh-lng.html)
- Damaranda, E.S. and Aryawan, W.D. (2017). Pembuatan Purwarupa Tes Model Untuk Pengujian Sitem Autopilot Pada Unmanned Surface Vehicle (USV). Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Dudin, S.D. and Gaspar, H.M. (2016). System based ship design of fishing vessels. Norwegian University of science and Technology, Norway.
- Endal, A., Fuglerud, G., et al. (2011). Kompendium - TMR4105 Marine Teknik 1. NTNU.
- Erikstad, S. O. and Levander, K. (2012). System based design of offshore support vessels.  
[https://www.researchgate.net/profile/Stein\\_Erikstad/publication/276958126\\_System\\_Based\\_Design\\_of\\_Offshore\\_Support\\_Vessels/links/555c946008ae8c0cab2a60b3.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Stein_Erikstad/publication/276958126_System_Based_Design_of_Offshore_Support_Vessels/links/555c946008ae8c0cab2a60b3.pdf).
- Evans, J. H. (1959). Basic design concepts. *Journal of the American Society for Naval Engineers*, 71(4):671–678.
- Facility, P. (2017) 'OCEAN "FENDING" INNOVATION AND EXCELLENCE'.
- Gambaran Umum dan Kondisi Wilayah Kabupaten Teluk Bintuni  
[http://sippa.ciptakarya.pu.go.id/sippa\\_online/ws\\_file/dokumen/rpi2jm/DOCR\\_PIJM\\_1503898863Bab\\_II\\_GAMBARAN\\_UMUM.pdf](http://sippa.ciptakarya.pu.go.id/sippa_online/ws_file/dokumen/rpi2jm/DOCR_PIJM_1503898863Bab_II_GAMBARAN_UMUM.pdf)
- Havdal, G., Heggelund, C. T. and Larssen, C. H. (2017) 'Design of a Small Autonomous Passenger Ferry', (June).
- Jakobsen, K. (1990). *Produktutvikling*.

- Jokioinen, E. (2016) 'Advanced Autonomous Waterborne Applications Initiative AAWA', *The Connected Ship and Shipping*.
- Khoirudin, M.H. and Aryawan, W.D. (2019). Capstone Design Kapal Tanpa Awak Sebagai Media Survei Tingkat Kualitas Air di Suatu Perairan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Lamb, T. (2003) *Ship Design and Construction Written by an International Group of Authorities VA AR*.
- Levander, K. (2012). *System Based Ship Design*. NTNU Marine Technology.
- Lloyds register (2016) 'Cyber-enabled ships ShipRight procedure – autonomous ships', (july).
- Maritime UK (2018) 'Being a Responsible Industry: Maritime Surface Ships UK Code of Practice - A Voluntary Code', (November), pp. 1–92.
- Mooring, A. (2018) 'MoorMaster', *Datasheet*.
- Moormaster, C. (2019) 'AUTOMATED MOORING A UNIQUE'.
- Nugroho, S. A. and Kurniawati, H. A. (2014) 'RO-RO SEBAGAI FASILITAS PENGANGKUT KERETA API DESIGN OF FERRY RO-RO SHIP AS FACILITIES TO CARRIER TRAIN WITH ROUTE JAVA-SUMATRA'. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- Oxford Living Dictionaries, (2017). Autonomy. <https://en.oxforddictionaries.com/definition/autonomy>.
- Papanikolaou, A. (2009). Risk-based ship design : methods, tools and applications. Springer, Berlin.
- Rausand, M. (2013). *Risk Assessment : Theory, Methods, and Applications*. Statistics in Practice. Wiley, Hoboken.
- Rawson, K. J., & Tupper, E. C. (2001). *Basic Ship Theory - Hydrostatics and Strength Vol 1. Spine* (5th ed.). Oxford: Butterworth-Heinemann. <https://doi.org/10.1016/B978-075065398-5/50017-0>
- SNAME (1988a) *Principles of Naval Architecture, Vol 1 Stability and Strength*. Edited by E. V. Lewis. Jersey City: The Society of Naval Architects and Marine Engineers.
- SNAME (1988b) *Principles of Naval Architecture, Volume II Resistance, Propulsion and Vibration*. Edited by E. V. Lewis. Jersey City: The Society of Naval Architects and Marine Engineers.
- Sulistiyanti, S. (2017). S.T. Thesis. *Sistem Navigasi pada Unmanned Surface Vehicle untuk Pemantauan Daerah Perairan*. Lampung: Universitas Lampung.
- Torqueedo (2019a) 'Electric mobility on the water 2019'.

Torqueedo (2019b) ‘Technical data Deep Blue drives’.

United States Department Of Transport, . (2017). Automated vehicle research. [https://www.its.dot.gov/automated\\_vehicle/](https://www.its.dot.gov/automated_vehicle/).

Vartdal, B. J. and Jørgensen, A. (2018) ‘Autonomous and remotely operated ships – status and outlook’, (April), pp. 1–47.

Yeomans, G. (2014). Autonomous vehicles; handing over control: Opportunities and risks for insurance. <https://www.lloyds.com/~media/lloyds/reports/>

ZKTECO (2018) ‘FBL5000 Pro Series’.

<https://www.google.com/maps/dir/Babo+Port,+98363/-2.4255529,133.1328342/@-2.4516108,133.2931286,45063m/data=!3m1!1e3!4m8!4m7!1m5!1m1!1s0x2d4ec0dafb701e45:0x97c241ff377a306!2m2!1d133.452929!2d-2.53361!1m0!5m1!1e1>

# LAMPIRAN

1. LAMPIRAN 1 *Pre Hazard Analysis*
2. LAMPIRAN 2 Perhitungan Teknis
3. LAMPIRAN 3 Gambar Rencana Garis, Umum, dan Gambar 3D
4. LAMPIRAN 4 Diagram
5. LAMPIRAN 5 Brosur



**LAMPIRAN 1**  
**PRE HAZARD ANALYSIS**

System Element or Activity	Hazard/threat	Id	Hazardous Event (what, where, when)	Cause (triggering event)	Consequence (harm to what?)	Risk-reducing	
Vessel	Hujan Material mudah terbakar	1	Lantai licin	Hujan di atas deck	Penumpang Terluka	Atap, draining of water	
		2	Api	Ignition	Penumpang Terluka Penumpang meninggal Kerusakan pada kapal Loss of vessel	Fire detection systems, less/non material mudah terbakar, menghilangkan sumber ignition	
	Terorisme/Sabotase	3	Ledakan	Serangan Teroris	Gas Beracun - Penumpang terluka	Gas Beracun - Penumpang terluka	Sistem keamanan untuk mendeteksi penyusup, pengawasan
					Penumpang Terluka		
					Penumpang meninggal		
					Kerusakan pada kapal		
					Loss of vessel		
		4	Ferry menghilang dari lokasi	Dicur	Gas Beracun - Penumpang terluka	Gas Beracun - Penumpang terluka	Mengunci feri ke dermaga, alarm pencuri, pemeriksaan rutin
					Ferry out of service		
					Loss of vessel		
	Penglihatan buruk dan/atau cuaca	6	Kehilangan kontrol dalam navigasi	Badai	Penumpang Terluka	Tubrukan dengan daratan atau objek - Kerusakan pada kapal	Fire detection, memeriksa orang sebelum boarding, pengawasan
					Penumpang meninggal		
					Kerusakan pada kapal		
Loss of vessel							
Gas Beracun - Penumpang terluka							
	7	Ferry tidak dapat beroperasi	Arus	Tubrukan dengan daratan atau objek - Kerusakan pada kapal	Tubrukan dengan daratan atau objek - Kerusakan pada kapal	Daya propulsi ekstra, updates cuaca secara berkala untuk memberhentikan operasi secara tepat waktu	
				Tubrukan dengan daratan atau objek - Penumpang terluka			
				Tubrukan - Kerusakan pada sekitarnya			
				Berhenti			
				Tubrukan dengan daratan atau objek - Kerusakan pada kapal			
				Tubrukan dengan daratan atau objek - Penumpang terluka			
				Tubrukan - Kerusakan pada sekitarnya			
				Berhenti			
	9	Ferry tidak dapat beroperasi	Gelombang	Tubrukan dengan daratan atau objek - Kerusakan pada kapal	Tubrukan dengan daratan atau objek - Kerusakan pada kapal	Daya propulsi ekstra, updates cuaca secara berkala untuk memberhentikan operasi secara tepat waktu	
				Tubrukan dengan daratan atau objek - Penumpang terluka			
				Tubrukan - Kerusakan pada sekitarnya			
				Berhenti			
				Tubrukan dengan daratan atau objek - Kerusakan pada kapal			
	11	Ferry tidak dapat beroperasi	Angin	Tubrukan dengan daratan atau objek - Kerusakan pada kapal	Tubrukan dengan daratan atau objek - Kerusakan pada kapal	Daya propulsi ekstra, updates cuaca secara berkala untuk memberhentikan operasi secara tepat waktu	
				Tubrukan dengan daratan atau objek - Penumpang terluka			
				Tubrukan - Kerusakan pada sekitarnya			
	12	Kehilangan kontrol dalam navigasi	Angin	Tubrukan dengan daratan atau objek - Kerusakan pada kapal	Tubrukan dengan daratan atau objek - Kerusakan pada kapal	Daya propulsi ekstra, updates cuaca secara berkala untuk memberhentikan operasi secara tepat waktu	
				Tubrukan dengan daratan atau objek - Penumpang terluka			
	13	Ferry tidak dapat beroperasi			Tubrukan - Kerusakan pada sekitarnya	Daya propulsi ekstra, strong construction	

System Element or Activity	Hazard/threat	Id	Hazardous Event (what, where, when)	Cause (triggering event)	Consequence (harm to what?)	Risk-reducing	
<b>Hull</b>	Tabrakan dengan kapal	14	Lobang pada lambung - Air masuk	Tabrakan yang diakibatkan gagalnya sistem navigasi	Kerusakan pada perlengkapan di onboard Heels - Penumpang terluka Penumpang panik Tenggelam - Kehilangan nyawa Tenggelam - Loss of vessel Material beracun mencemari air	Mengetes sistem secara berkala, double hull, alarm system, emergency stop button	
				Tabrakan yang diakibatkan gagalnya sistem navigasi pada saat bertemuinya kapal	Kerusakan pada perlengkapan di onboard Heels - Penumpang terluka Penumpang panik Tenggelam - Kehilangan nyawa Tenggelam - Loss of vessel Material beracun mencemari air	Mengetes sistem secara berkala, alarm system, emergency stop button	
		15	Getaran yang besar	Tabrakan yang disebabkan gagalnya sistem navigasi pada kapal	Kerusakan pada perlengkapan di onboard Penumpang terluka Penumpang panik	Mengetes sistem secara berkala, alarm system, emergency stop button	
				Tabrakan yang diakibatkan gagalnya sistem navigasi pada saat bertemuinya	Kerusakan pada perlengkapan di onboard Penumpang terluka Penumpang panik	Mengetes sistem secara berkala, alarm system, emergency stop button	
		16	Getaran yang besar	Tabrakan yang disebabkan gagalnya sistem navigasi pada kapal	Kerusakan pada perlengkapan di onboard Penumpang terluka Penumpang panik	Mengetes sistem secara berkala, alarm system, emergency stop button	
				Tabrakan yang disebabkan gagalnya sistem navigasi pada kapal	Kerusakan pada perlengkapan di onboard Heels - Penumpang terluka Penumpang panik Tenggelam - Kehilangan nyawa Tenggelam - loss of vessel Material beracun mencemari air Kerusakan pada dock loss of dock	Mengetes sistem secara berkala, alarm system, emergency stop button, menetapkan koordinat GPS dari Dermaga dalam sistem	
		17	Lobang pada lambung - Air masuk	Tabrakan yang disebabkan gagalnya sistem navigasi pada kapal	Kerusakan pada perlengkapan di onboard Heels - Penumpang terluka Penumpang panik Tenggelam - Kehilangan nyawa Tenggelam - loss of vessel Material beracun mencemari air Kerusakan pada dock loss of dock	Mengetes sistem secara berkala, alarm system, emergency stop button, menetapkan koordinat GPS dari Dermaga dalam sistem	
				Tabrakan dengan objek lain			
				Tabrakan dengan dock			

System Element or Activity	Hazard/threat	Id	Hazardous Event (what, where, when)	Cause (triggering event)	Consequence (harm to what?)	Risk-reducing
<b>Autonomous system</b>	Interaction damage	18	Collision	Komunikasi eror antara sensor dan sistem	Penumpang terluka Kerusakan pada kapal Kerusakan pada sekitarnya	Pemeriksaan kualitas sistem navigasi. Redundansi. Inspeksi sensor secara teratur.
		19	Ferry tidak beroperasi	Komunikasi eror antara sensor dan sistem	Berhenti untuk melakukan reparasi	Pemeriksaan kualitas sistem navigasi. Redundansi. Inspeksi sensor secara teratur.
	Sabotase	20	Kapal kehilangan kontrol navigasi	Cyber threat/hacking	Tabrukan dengan daratan atau objek - Kerusakan pada kapal	Sistem keamanan cyber
					Tabrukan dengan daratan atau objek - Penumpang terluka	
					Berhenti untuk melakukan reparasi	

System Element or Activity	Hazard/threat	Id	Hazardous Event (what, where, when)	Cause (triggering event)	Consequence (harm to what?)	Risk-reducing	
<b>Sensors</b>	Kegagalan Sistem	21	Kapal kehilangan kontrol navigasi	Kegagalan sensor	Tubrukkan dengan daratan atau objek - Kerusakan pada kapal Tubrukkan dengan daratan atau objek - Penumpang terluka Tubrukkan - Kerusakan pada sekitarnya Berhenti untuk melakukan reparasi	Inspeksi sensor secara teratur. Redundansi	
		22	Kehilangan kontrol navigasi	Kerusakan pada satu atau lebih pada sensor	Tubrukkan dengan daratan atau objek - Kerusakan pada kapal Tubrukkan dengan daratan atau objek - Penumpang terluka Tubrukkan - Kerusakan pada sekitarnya Berhenti untuk melakukan reparasi	Konduktor petir di dermaga atau kapal	
	Penglihatan Buruk	23	Kehilangan kontrol navigasi	Kabut - sensor tidak dapat berfungsi	Tubrukkan dengan daratan atau objek - Kerusakan pada kapal Tubrukkan dengan daratan atau objek - Penumpang terluka Tubrukkan - Kerusakan pada sekitarnya	Kualitas sensor - Hindari berlayar pada titik kabut tertentu	
		24	Ferry tidak dapat beroperasi	Kabut - sensor tidak dapat berfungsi	Berhenti	Accept	
	Interaction failure	25	Berhenti dikarenakan oleh burung atau objek lainnya	Sensor menyala-hartikan	Delay	Mengembangkan sistem otonom yang membedakan antara bahaya dan normalitas dalam cara yang baik	
	Sabotase		26	Navigational error - Drifting	kegagalan komunikasi antara sensor - kerusakan pada sensor	Tubrukkan dengan daratan atau objek - Kerusakan pada kapal	Kualitas yang baik dari sensor - Inspeksi dan redundansi secara teratur. Penempatan sensor yang tepat untuk menghindari vandalisme.
						Tubrukkan dengan daratan atau objek - Penumpang terluka	
						Tubrukkan - Kerusakan pada sekitarnya	

System Element or Activity	Hazard/threat	Id	Hazardous Event (what, where, when)	Cause (triggering event)	Consequence (harm to what?)	Risk-reducing
Software	Kegagalan Electrical	27	Navigational error - Kegagalan Software	Short circuit terhadap hardware	Tabrukan dengan daratan atau objek - Kerusakan pada kapal Tabrukan dengan daratan atau objek - Penumpang terluka Tabrukan - Kerusakan pada sekitarnya Berhenti untuk melakukan reparasi	Kualitas sistem listrik. Inspeksi sistem listrik secara teratur.
	Interaction failure	28	Kegagalan komunikasi	Kegagalan antara software/hardware	Navigational error - Tabrukan - kerusakan pada kapal Navigational error - Tabrukan - kerusakan pada sekitarnya Berhenti	Redundansi. Inspeksi dan upgrade sistem komputer secara berkala
	System failure	29	Gagal dalam menyelamatkan orang saat over board	Kegagalan emergency stop	Penumpang terluka Penumpang meninggal	Menggunakan solusi keamanan yang tepat dengan inspeksi yang teratur.
Safety systems	Desain emergency shut down (ESD) yang buruk	30	Lobang pada lambung - Air masuk	Collision- Penumpang tidak dapat menekan emergency stop	Kerusakan pada kapal Penumpang terluka Kerusakan pada sekitarnya	Persetujuan dan pengujian desain tombol darurat. Pastikan bahwa itu bisa digunakan untuk semua penumpang.

System Element or Activity	Hazard/threat	Id	Hazardous Event (what, where, when)	Cause (triggering event)	Consequence (harm to what?)	Risk-reducing
<b>Battery</b>	Thermal	31	Tubrukan	Baterai habis selama perjalanan karena efisiensi yang lebih rendah - Suhu rendah	Penumpang terluka Kerusakan pada kapal Kerusakan pada sekitarnya	Periksa jumlah daya sebelum memulai, menghitung penggunaan daya sehubungan dengan suhu.
		32	Tubrukan	Baterai berhenti memberikan tenaga selama perjalanan dikarenakan overheating	Penumpang terluka Kerusakan pada kapal Kerusakan pada sekitarnya	Sistem pendingin yang memadai dalam baterai. Hentikan feri dalam beberapa periode jika diperlukan.
	33	Baterai terbakar	Overheating	Penumpang terluka Penumpang meninggal Kerusakan pada kapal Loss of vessel	Inspeksi secara teratur dan pemeliharaan baterai. Sistem pendingin yang memadai dalam baterai. Hentikan feri dalam beberapa periode jika diperlukan. Sistem pemadam	
	34	Orang Terserum	Pelepasan listrik statis	Penumpang terluka Penumpang meninggal	Ikuti aturan dan regulasi selama inspeksi. Pemeliharaan harus dilakukan oleh profesional	
	35	Material beracun di air	Kerusakan pada baterai	Lingkungan tercemar	Tempatkan baterai di dalam ruang baterai yang tertutup. Ikuti aturan dan regulasi untuk penggunaan baterai. Hindari bahan beracun jika memungkinkan.	
	36	Gas beracun bocor	Kerusakan pada baterai	Penumpang terluka Penumpang meninggal Lingkungan tercemar	Jaga ventilasi yang cukup di ruang baterai.	
	37	Baterai terbakar	Gas keluar dari baterai terbakar	Penumpang terluka Penumpang meninggal Kerusakan pada kapal Loss of vessel	Sistem pendingin dan ventilasi yang memadai di ruangan baterai. Sistem pemadam kebakaran di ruang baterai.	
	38	Tubrukan	Kapasitas baterai berkurang dikarenakan penuaan, tidak nampak - power shutdown	Penumpang terluka Kerusakan pada kapal Kerusakan pada sekitarnya	Inspeksi baterai secara teratur. Periksa jumlah daya sebelum memulai. Mewaspadai penurunan daya dikarenakan penuaan	
	Rusak akibat pemakaian terus menerus					

System Element or Activity	Hazard/threat	Id	Hazardous Event (what, where, when)	Cause (triggering event)	Consequence (harm to what?)	Risk-reducing
<b>Charging system</b>	Thermal	41	Kapasitas pengisian rendah	Baterai habis sebelum waktunya dikarenakan efisiensi yang rendah - Low temperatures	Collision - kerusakan pada sekitarnya Power shut down - berhenti	Periksa jumlah daya sebelum memulai, monitoring penggunaan daya sehubungan dengan suhu.
		42	Kapasitas pengisian rendah	Baterai habis sebelum waktunya dikarenakan overheating	Power shut down - berhenti	Sistem pendingin yang memadai
		43	Baterai terbakar	Overheating	Penumpang terluka Penumpang meninggal Kerusakan pada docking area Hilangnya peralatan pengisian daya Kerusakan pada kapal	Sistem pendingin yang memadai. Sistem deteksi kebakaran.
		44	Vessel heels	Terlalu banyak berat yang tidak terdistribusi merata pada kapal - Gagal dalam meregistrasi	Kerusakan pada kapal Penumpang terluka	Toleransi tinggi kapal untuk berat. Redundansi dalam pendataran penumpang (di kapal dan dermaga)
<b>Weight distribution</b>		45	Vessel capsize	Terlalu banyak berat yang tidak terdistribusi merata pada kapal - Gagal dalam meregistrasi penumpang	Kapal tenggelam - Loss of vessel Penumpang terluka Penumpang meninggal Kerusakan pada kapal	Toleransi tinggi kapal untuk berat. Redundansi dalam pendataran penumpang (di kapal dan dermaga)
		46	Dock heels	Terlalu berat diatas deck yang tidak terdistribusi merata	Kerusakan pada dock Penumpang terluka	Pembatasan jumlah penumpang di dermaga
		47	Fire system tidak merespon terhadap api	Short circuit	No firefighting - Penumpang Terluka No firefighting - Penumpang meninggal No firefighting - Kerusakan pada kapal No firefighting - loss of vessel	Maintenance secara berkala, Redundansi dalam sistem
<b>Fire system</b>	Sabotase	48	Fire system tidak merespon terhadap api	Kerusakan pada fire system	No firefighting - Penumpang Terluka No firefighting - Penumpang meninggal No firefighting - Kerusakan pada kapal No firefighting - loss of vessel	Membuat sistem tidak tersedia untuk penumpang (di bawah dek), berikan denda jika seseorang tertangkap sabotase (kamera) (Fire Extinguisher)
		39	Terdeteksi kecacatan dalam sistem pengisian	Kerusakan pada sistem pengisian system failure	Downtime for repairs - penumpang tidak puas	Memastikan keadaan dan kualitas sistem pengisian untuk menghindari kerusakan.
		40	Tidak terdeteksi kecacatan dalam sistem pengisian - power shutdown	Kerusakan pada sistem pengisian system failure	Collision - kerusakan pada kapal Collision - kerusakan pada sekitarnya	Memastikan keadaan dan kualitas sistem pengisian untuk menghindari kerusakan. Secara teratur memeriksa sistem pengisian. Periksa jumlah daya sebelum memulai.



System Element or Activity	Hazard/threat	Id	Hazardous Event (what, where, when)	Cause (triggering event)	Consequence (harm to what?)	Risk-reducing	
Superstructure	Degradasi	49	Penumpang jatuh ke air	Kaca pecah	Penumpang terluka Penumpang meninggal	Strong construction	
	Petir	50	Menyerang penumpang	Penumpang berdiri di ruang terbuka	Penumpang terluka atau meninggal nyawa	konduktor petir di dermaga atau kapal	
	Emergency functions	51	Penumpang panik	Tidak dapat berkomunikasi dengan daratan saat merasa tidak aman	Penumpang terluka	mudah digunakan dan komunikasi ditempatkan dengan baik untuk mendarat dari kapal	
	Bad ergonomics	52	Penumpang merasa tidak nyaman	Posisi yang tidak sehat dikarenakan tidak nyamannya tempat duduk	Penumpang berhenti menggunakan ferry	Bangku yang memungkinkan postur tubuh bersandar dengan baik	
	Pencahayaannya Buruk	53	Penumpang merasa tidak nyaman	Pandangan yang buruk untuk penumpang dan kamera pengintai	Penumpang berhenti menggunakan ferry	Pencahayaannya yang menyesuaikan sesuai kebutuhan (siang/malam)	
	Objek / kapal bertemu	54	Quick stop	Emergency stop menyala	Penumpang terluka	Desain emergency stop sehingga tidak aktif saat tidak diperlukan	
	Forces	55	Quick acceleration/stop	kegagalan dalam kontrol sistem autonomous	Penumpang terluka	Pengujian sistem secara teratur, desain untuk percepatan dengan halus dan berhenti (kecuali darurat)	
	Passenger	Safety culture	56	Dangerous situation - Penumpang lainnya tidak merasa aman	Penumpang tidak mengikuti instruksi	Penumpang panik	Membuat instruksi mudah diikuti, dan mudah untuk ditemukan
			57	Penumpang merasa tidak aman	Antrian - tertekan saat keluar dermaga	Penumpang bingung	membatasi jumlah orang di dermaga pada saat yang sama, memiliki security
			58	Penumpang tanpa lifewests dalam situasi bahaya	Lifewests Tidak Cukup	Penumpang terluka	Memiliki tambahan wests, memeriksa jumlah wests untuk jaga-jaga apabila wests dicuri
			59	Penumpang panik dan terganggu	Penumpang berkelahi di atas kapal	Penumpang meninggal	Kamera yang melihat apa yang terjadi, kemungkinan untuk mengingatkan seseorang di darat, keamanan pada akhir pekan
60			Penumpang mencoba melompat naik saat kapal akan berangkat	Penumpang tertinggal kapal	Penumpang terluka	Pembatasan untuk menghentikan penumpang yang lewat ketika kapal akan berangkat	
		61	Penumpang jatuh ke air	Memanjat atap	Penumpang terluka atau meninggal	Desain kapal untuk membuat sulit untuk dipanjat pada struktur	

System Element or Activity	Hazard/threat	Id	Hazardous Event (what, where, when)	Cause (triggering event)	Consequence (harm to what?)	Risk-reducing
<b>Dock</b>	Gempa	62	Kerusakan pada dock, gangway, elevator	Getaran yang besar	Penumpang terluka	Accept, membuat gangway dan elevator yang dapat mentoleransi gempa
	Banjir	63	Kerusakan pada dock, gangway, elevator	Cuaca ekstrim - dock banjir	Berhenti untuk melakukan reparasi atau menunggu cuaca membaik	Accept
	Hujan	64	Slippery dock	Hujan pada dock/gangway	Penumpang terluka	Anti slip di dermaga/gangway sehingga aman ketika hujan
	System failure	65	Tida dapat menerima penumpang	kegagalan dalam elevator atau gangway	Berhenti	perawatan berkala
<b>Dock Mooring</b>	Fatigue	67	Hanyut dari dermaga	Mooring runtuh - lepas dari dock	Kapal Berhenti Penumpang jatuh ke air - terluka Kerusakan pada sekitarnya	Pengecekan berkala, Redundance in mooring

**LAMPIRAN 2**  
**PERHITUNGAN TEKNIS**

Coefficient Calculation						
Input Data :						
$L_o =$	26.00 m			$B_o/T_o =$	3.611	
$H_o =$	3.80 m			$T_o/H_o =$	0.474	
$B_o =$	6.50 m			$V_s =$	16 Knots	
$T_o =$	1.80 m			$=$	8.230 m/s	
$Fn =$	0.505			$\rho =$	1.025	
$L_o/B_o =$	4.000					
Calculation:						
• Froude Number						
	$Fn_o = \frac{Vs}{\sqrt{g \cdot L}}$			$g =$	9.81 m/s <sup>2</sup>	
	$=$	0.505339324		$vk/lf =$	0.316554	
• Ratio of Main Dimensions:						
$L_o/B_o =$	4.000	$L/B \pm 4$	For $L \leq 30$ meter	Resistance		General
$B_o/T_o =$	3.611	$2.25 < B/T < 3.75$		Stability		General
$L_o/T_o =$	14.444	$10 < L/T < 30$				General
$B/H =$	1.711	$1.65 < B/H < 1.91$		Stability		General
• Block Coefficient (Schneekluth) :						
$C_b$ Calculation =	$-4.22 + 27.8 \sqrt{Fn} - 39.1 Fn + 46.6 Fn^3$			$\rightarrow$	$0,15 \leq Fn \leq 0,32$	
$C_b$ Calculation =	1.797089566					
$C_b$ Used =	0.505			$\rightarrow$	Maxsurf	
• Midship Section Coefficient (Series 60')						
$C_m =$	$0.977 + 0.085(C_b - 0.6)$			$=$	0.968925	
$C_m$ Used	0.704			$\rightarrow$	Maxsurf	
• Waterplan Coefficient						
$C_{wp} =$	$CB^{1/2} - 0.025$			$=$	0.68563352	
$C_{wp}$ Used =	0.815			$\rightarrow$	Maxsurf	
• Longitudinal Center of Bouyancy (LCB) (Schneekluth)						
$LCB =$	$8.80 - 38.9Fn$			Gak dipake		
$=$	2.237			$L_{WL}$ , LCB from midship		
$=$	13.605			m, LCB from AP		• Maxsurf
• Prismatic Coefficient						
$C_p =$	$C_b/C_m$					
$=$	0.717					
• $L_{WL}$						
	$L_{WL} = 104\%L_{pp}$			$=$	27.04 m	
• $\nabla$ (m3)						
$\nabla =$	$L \cdot B \cdot T \cdot CB$					
$=$	159.766			m3		
• $\Delta$ (ton)						
$\Delta =$	$L \cdot B \cdot T \cdot CB \cdot \gamma$					
$\Delta$ Used =	157.700			ton		Maxsurf
• Frame Spacing (f)						
$f =$	500			mm		
$f =$	0.5			m		

Resistance Calculation					
[ Holtrop & Mennen Method ]					
Input Data :					
$L_o =$	26.00	m		$C_b =$	0.505
$H_o =$	3.800	m		$C_m =$	0.704
$B_o =$	6.50	m		$C_{wp} =$	0.815
$T_o =$	1.800	m		$C_p =$	0.717
$Fn =$	0.505			$Vs =$	8.2304 m/s
Choice No.	$C_{stem}$	Used for			
1	-25	Pram with Gondola			
2	-10	V - Shaped Sections			
3	0	Normal Sectional Shape			
4	10	U - Shaped Section With Hogner Stern			
Calculation:					
Viscos Resistance Factor					
	$Lwl =$	27.04	m		
	$Fn = \frac{Vs}{\sqrt{g \cdot L}}$	=	0.505		
	• $C_{F0}$ ( Friction Coefficient - ITTC 1957)				
	$R_n = L_{wl} \cdot \frac{Vs}{\nu}$	$\nu =$	$1.18831 \cdot 10^{-6}$		
	=	187282793.21			
	$C_{F0} = \frac{0.075}{(\log R_n - 2)^2}$				
	=	0.001906			
	• $1 + k_1$				
	$1 + k_1 = 0.93 + 0.487c \left(\frac{B}{L}\right)^{1.0681} \cdot \left(\frac{T}{L}\right)^{0.4611} \cdot \left(\frac{L}{L_R}\right)^{0.1216} \cdot \left(\frac{L^3}{\nabla}\right)^{0.3649} (1 - C_p)^{0.6042}$				
	=	1.390			
	$c = 1 + 0.011 C_{stem}$	$C_{stem} =$	0, Form of Afterbody normal		
	=	1			
	$\frac{L_R}{L} = 1 - C_p + \frac{0.06 C_p \cdot LCB}{(4C_p - 1)}$				
	=	0.334			
	$Lwl^3 / \nabla =$	123.747			
Resistance of Appendages Factor					
	• Wetted Surface Area				
	$A_{BT} =$	cross sectional area of bulb in FP			
	=	10% . B.T.Cm			
	=	0			• No Bulbous Bow
	$S = L(2T + B)C_M^{0.5} (0.4530 + 0.4425C_B - 0.2862C_M - 0.00346\frac{B}{T} + 0.3696C_{wp}) + 2.38\frac{A_{BT}}{C_B}$				
	=	174.996			
	$S_{Rudder} = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot \frac{1.75 \cdot L \cdot T}{100}$				
	=	0.819			
	$S_{Bilge Keel} = L_{Keel} \cdot H_{Keel} \cdot 4$				• No Bilge Keel
	=	0.000			
	$S_{app} =$	total wetted surface of appendages			
	=	$S_{Rudder} + S_{Bilge Keel}$			
	=	0.819			
	$S_{tot} =$	wetted surface of bare hull and appendages			
	=	$S + S_{app}$			
	=	175.815			
	• $1 + k_2$				
	$(1+k_2)_{effective} = \frac{\sum S_i (1 + k_2)_i}{\sum S_i}$				
	=	1.4			
	$(1+k_2) =$	1.5 - 2.0 → Skeg-rudder off twin-screw ships			
	=	1.5 → for Bilge Keel			
	Form Factor =	$1 + k_1 + [1 + k_2 - (1 + k_1)] \frac{S_{app}}{S_{tot}}$			
	=	1.390			

Wave Making Resistance	
$C_1 = 2223105 C_4^{-3.7861} \left(\frac{T}{B}\right)^{1.0796} (90 - i_E)^{-1.3757}$	
= 9.802	
$C_4 = B/L \rightarrow 0.11 \leq B/L \leq 0.25$	$B/L = 0.240$
= 0.240	
Even Keel $\rightarrow$ $T_a = T$ $T_f = T$	
$i_E = 12567 \frac{B}{L} - 16225 C_p^2 + 23432 C_p^3 + 0.155 \left( LCB + \frac{6.8(T - T)}{T} \right)^3$	
= 33.558	
• $m_1$	
$m_1 = 0.01404 \frac{L}{T} - 1.7525 \nabla^{\frac{1}{3}} / L - 4.7932 B / L - C_5$	
= -2.531	
$C_5 = 8.03798 C_p - 13.8673 C_p^2 + 6.9844 C_p \rightarrow C_p \leq 0.8$	
= 1.238	
• $m_2$	
$m_2 = C_6 \cdot 0.4 e^{-0.034 F_n^{-3.29}}$	$F_n^{-3.29} = 0.14460$
	$e^{-0.034 F_n^{-3.29}} = 0.72532$
= -0.491	
$C_6 = -1.69385 \rightarrow L^3 / \nabla \leq 512$	$\frac{L^3}{\nabla} = 123.747$
• $\lambda$	
$\lambda = 1.446 C_p - 0.03 L/B \rightarrow L/B \leq 12$	
= 0.912	
• $C_2$	
$C_2 = 1 \rightarrow$ without bulb	$d = -0.9$
• $C_3$	
$C_3 = 1 - 0.8 A_T / (B \cdot T \cdot C_M)$	$A_T = 0$
= 1	$A_T =$ the immersed area of the transom at zero speed
	$V = 0$ , Transom is not a wetted area
• $R_w/w$	
$\frac{R_w}{W} = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot e^{\{m_1 \cdot F_n^d + m_2 \cdot \cos(\lambda F_n^{-2})\}}$	
= -0.3994031	
Total Resistance	
• $C_A$ (Correlation Allowance)	
$C_A = 0.006 (Lwl + 100) - 0.16 - 0.00205 \rightarrow Tf/Lwl \geq 0.04 Tf/Lwl = 0.067$	
= 0.0007	
• $W$ (Weight)	
$W = \rho \cdot g \cdot \nabla$	
= 1606.485 N	
• $R_{total}$	
$R_T = \frac{1}{2} \rho V^2 S_{wet} [C_F (1+k) + C_A] + \frac{R_w}{W} W$	
= 19889.649 N	
= 19.890 kN	
• $R_{total} + 15\%$ (margin)	
= 22.873 kN	

Definitions			
$\eta_b$	=	line bearing efficiency	
$\eta_c$	=	electric transmission/power conversion efficiency	
$\eta_g$	=	reduction gear efficiency	
$\eta_{ge}$	=	en electric generator efficiency	
$\eta_h$	=	hull efficiency = $(1-t)/(1-w)$	
$\eta_m$	=	electric motor efficiency	
$\eta_o$	=	propeller open water efficiency	
$\eta_p$	=	propeller behind condition efficiency	
$\eta_r$	=	relative rotative efficiency	
$\eta_s$	=	stern tube bearing efficiency	
$\eta_t$	=	overall transmission efficiency	
Effective Horse Power			
EHP	=	$(RT/2) \times v/1000$	<i>(parametric design hal 11-28)</i>
	=	94.127 KW	Twin Screw
	=	126.2247982 HP	
Thrust Horse Power			
THP	=	$TVA / 1000$	<i>(parametric design hal 11-28)</i>
T	=	$(RT/2) / (1-t)$	<i>(parametric design hal 11-28)</i>
$V_A$	=	$V (1-w)$	<i>(parametric design hal 11-28)</i>
$C_v$	=	$(1+k) C_F + C_A$	<i>( PNA vol 2 hal 162 )</i>
$C_v$	=	0.003363765	
w	=	$0.3 C_b + 10 C_v C_b - 0.1$	<i>( PNA vol 2 hal 163 )</i>
	=	0.068487012	
t	=	0.1	<i>( PNA vol 2 hal 163 )</i>
$\eta_h$	=	$(1-t)/(1-w)$	<i>(parametric design hal 11-29)</i>
	=	0.966170104	
THP	=	97.423 KW	
	=	130.6444877 HP	
Delivery Horse Power			
DHP	=	$THP/\eta_p$	<i>(parametric design hal 11-30)</i>
$\eta_o$	=	0.58	<i>(propeller B-series = 0.5 - 0.6 )</i>
$\eta_r$	=	0.98	<i>( PNA vol 2 hal 163 )</i>
$\eta_p$	=	$\eta_o \eta_r$	<i>(parametric design hal 11-28)</i>
$\eta_p$	=	0.5684	
DHP	=	171.399 KW	
	=	229.846 HP	
Shaft Power Horse			
SHP	=	$DHP/(\eta_b \eta_s)$	<i>(parametric design hal 11-30)</i>
$\eta_b \eta_s$	=	untuk mesin aft	<i>(parametric design hal 11-30)</i>
	=	0.98	
SHP	=	174.897 KW	
$SHP + (SHP * 15\%)$	=	201.131 KW	
	=	234.537 HP	

Main engine specifications			
Engine type =	Deep Blue 100i 900		
SHP=	135 HP		
	270 HP		2 Mesin
	201.3422819 KW		
Speed =	900 r/min		
Input Power (Continous) in kW	100 Kw		
	200 kw		2 Mesin
Dimensions			
Length =	1008 mm		
Width =	512 mm		
Height =	396 mm		
Dry Mass =	450 Kg		
	900 Kg		2 Mesin
Speed			
Slow=	4.0 (7.5) knots (km/h)		
Full Throttle =	19-29 (36-54) knots (km/h)		
Running			
Slow=	31-102 (58-189) nm (km)		
Full Throttle =	16-24 (29-43) nm (km)		
Running			
Slow=	07:45 - 25:30 hh:mm		
Full Throttle =	0:50 hh:mm		
Battery specifications			
Battery type =	BMW I3 Battery		
Nominal Voltage	360 V		
Max. Continous Performance=	55 KW		
Capacity=	40 KWh		
	200 KWh		5 Battery
1 mesin Membutuhkan 2 Battery			
Dimensions			
Length =	1660 mm		
Width =	964 mm		
Height =	174 mm		
Dry mass =	278 kg		
	1390 kg		5 Battery



Propulsion unit						
Engine weight						
$W_{engine} =$	0.9 ton				catalogue	
Gearbox						
$W_{gearbox} =$	0 ton				catalogue	
Shafting						
$l =$	shaft length					
$l =$	5.5 m				catalogue	
$n =$	propeller speed					
$n =$	1400 rpm				catalogue	
$M/l =$	$0.081 (P_D/n)^{2/3}$					
$M/l =$	0.019971246 ton/m					
$W_{shaft} =$	$(M/l) \times l$					
$W_{shaft} =$	0.109841852 ton					
$W_{shaft} =$	0.219683704 ton	2 buah				
Propeller						
Propeller dimensions						
$D =$	$0.6T - 0.65T$					
$D =$	1.125 m	=	0.3 m		catalogue	
$V =$	$0.01 \times D^3$					propeller displacement
$V =$	0.00027 m <sup>3</sup>					
$P/D =$	0.5 - 1.4					
$P/D =$	0.5					
$z =$	3 blade					
$A_E/A_0 =$	0.5					assumption
Propeller weight						
$K =$	$0.18 (A_E/A_0) - (z - 2)/100$					
$K =$	0.08					
$W_{prop} =$	$D^3 \times K \times V$					
$W_{prop} =$	3.07547E-05 ton					
$W_{prop} =$	6.15094E-05 ton					
Propulsion weight						
$W_{tot} =$	1.119745213 ton					
Electical unit						
Battery weight						
$n_{battery} =$	5				for 2 machine and other electricity need	
$W_{tot} =$	$n \times W_{battery}$					
$W_{tot} =$	1.39 ton					
Other weight						
AC Charger =	10 Kg/piece					
	50 5 piece					
System Management Unit	18 Kg/piece					
	36 Kg					
Shore Power Distribution						
$M =$	0.086 ton					
Total weight						
$W_{tot} =$	2.595745213 ton					
Center of machinery weight						
$h_{DB} =$	$B/20$					
$h_{DB} =$	0.325 m					
$h_{DB} =$	$(350 + 45 B)/1000$					
$h_{DB} =$	0.6425 m					
$h_{DB} =$	0.6425 m	-	0.63 m	~	$h_{DB} =$	0.8 m
$D' =$	H					
$D' =$	3.80 m					
Vertical						
$VCG_M =$	$h_{DB} + 0.35 (D' - h_{DB})$					
$VCG_M =$	1.85 m					
Longitudinal from AP						
$LCG_M =$	at near the after end of main engine					
$b =$	AP to tip of propeller shaft					
$b =$	0.35 T					
$b =$	0.63 m					
$LCG_M =$	$b + L_{stemtube} + \text{shaft length at machinery room}$					
$LCG_M =$	6.13 m					

<u>Volume Deckhouse</u>			
• Volume Deck A			
Length (L <sub>D2</sub> ) =	16.000	m	
Length (L <sub>D2</sub> ) taken =	32	frame spacing	
Breadth (B <sub>D2</sub> ) taken =	6.500	m	
Height (h <sub>D2</sub> ) taken =	2.5	m	Assumption
Height (h <sub>D2</sub> ) =	2.5	m	
V <sub>DH-layer II</sub> =	L <sub>D2</sub> · B <sub>D2</sub> · h <sub>D2</sub>		
V <sub>DH-layer II</sub> =	260.00	m <sup>3</sup>	
• Volume Deck B			
Length =	3.00	m	
Breadth =	3.00	m	
Height	2.50	m	
V <sub>dh.rooftop</sub> =	L · B · D		
V <sub>dh.rooftop</sub> =	22.5	m <sup>3</sup>	
V <sub>dh</sub> =	282.50	m <sup>3</sup>	
<u>Structural Weight</u>			
• D <sub>A</sub> = corrected depth due to superstructure and deckhouses volume			
D <sub>A</sub> = H + V <sub>DH</sub> / (L · B)			
D <sub>A</sub> =	5.471597633	m	
• C <sub>SO</sub> = Passenger			
C <sub>SO</sub> =	0.058	t/m <sup>3</sup>	
• Δ <sub>kapal</sub> = 157.7 ton			
• U = log ( $\frac{\Delta}{100}$ )			
U =	0.198		
• C <sub>S</sub> = C <sub>SO</sub> + 0.06 · e <sup>-(0.5U + 0.1U<sup>2.45</sup>)</sup>			
C <sub>S</sub> =	0.112		
• Margin = 3%			
• W <sub>ST</sub> = L · B · D <sub>A</sub> · C <sub>S</sub>			
=	107.1037294	ton	
Weight of deckhouses			
<u>Weight</u>			
The specific volumetric weights are:			
For small and medium sized cargo ship	60 - 70	kg/m <sup>3</sup>	
For large cargo ships, large tanker, etc	80 - 90	kg/m <sup>3</sup>	
Therefore, for this desain, it is used	60	kg/m <sup>3</sup>	
• DECKHOUSE			
A		B	
L <sub>DHII</sub> =	16.000 m	L =	3.000 m
B <sub>DHII</sub> =	6.500 m	B =	3.000 m
V <sub>DHII</sub> =	260.000 m <sup>3</sup>	V =	22.500 m <sup>2</sup>
W <sub>DHII</sub> =	15.600 ton	W <sub>DHIII</sub> =	1.350 ton
<u>Deckhouse Weight</u>			
W <sub>DH</sub> =	16.950	ton	

Weight of basic hull						
$W_{hull} = W_{ST} - W_{dh}$						
$W_{hull} = 90.154$ ton						
Center of deckhouse structural weight						
A						
Vertical						
$VCG_{dh1} = H + 0.5 h_{dh1}$						
$VCG_{dh1} = 5.050$ m						
Longitudinal						
from AP						
$LCG_{dh1} = 4 + 0.5 l_{dh1}$						
$LCG_{dh1} = 12.000$ m	LCG		-1		From mid	
B						
Vertical						
$VCG_{dh2} = H + 0.5 h_{dh2}$						
$VCG_{dh2} = 5.050$ m	LCG		-7.95		From mid	
Longitudinal						
from AP						
$LCG_{dh2} = 0.5 l_{dh2}$						
$LCG_{dh2} = 1.500$ m						
Deckhouses						
Vertical						
$VCG_{dh} = (VCG_{dh1} \times W_{dh1} + VCG_{dh2} \times W_{dh2}) / W_{dh}$						
$VCG_{dh} = 5.050$ m						
Longitudinal						
from AP						
$LCG_{dh} = (LCG_{dh1} \times W_{dh1} + LCG_{dh2} \times W_{dh2}) / W_{dh}$						
$LCG_{dh} = 11.164$ m						
Center of basic hull structural weight						
Vertical						
$VCG_{hull} = 0.01D [46.6 + 0.135(0.81 - C_B) (L/D)^2] + 0.008D (L/B - 6.5)$				$L_{pp} <$	120	m
$VCG_{hull} = 1.7680482$ m				$L = L_{pp}$	D = H	
Longitudinal					Accepted	
$\%LCG_{hull} = -0.15 + LCB$						
$\%LCG_{hull} = 2.087\%$ $\% L_{WL}$						
from midship						
$LCG_{hullM} = 0.56444$ m						
from AP						
$LCG_{hull} = 0.5 L_{pp} + LCG_{hullM}$						
$LCG_{hull} = 13.56444$ m						
Center of ship structural weight						
Vertical						
$VCG_S = (VCG_{hull} \times W_{hull} + VCG_{dh} \times W_{dh}) / W_{ST}$						
$VCG_S = 2.2874426$ m						
Longitudinal						
from AP						
$LCG_S = (LCG_{hull} \times W_{hull} + LCG_{dh} \times W_{dh}) / W_{ST}$						
$LCG_S = 13.184507$ m						

Equipment and Outfitting Calculation					
[ Referensi : Ship Design Efficiency and Economy , 1998 ]					
<b>Group III (Accommodation)</b>					
The specific unit area weights are:					
For small and medium sized cargo ship			60 - 70	kg/m <sup>2</sup>	
For large cargo ships, large tanker, etc			80 - 90	kg/m <sup>2</sup>	
Therefore, for this design, it is used			60	kg/m <sup>2</sup>	
• DECKHOUSE					
Layer II			• Haluan		
$L_{DHII} =$	16.000	m	$L_{forecastle} =$	2.028	m
$B_{DHII} =$	6.500	m	$B_{forecastle} =$	3.25	m
$A_{DHII} =$	260.000	m <sup>2</sup>	$A_{forecastle} =$	6.591	m <sup>2</sup>
$W_{DHII} =$	15.600	ton	$W_{forecastle} =$	0.395	ton
$W_{Group III} =$	15.995	ton			
<b>Group IV (Miscellaneous)</b>					
$C = (0.18 \text{ ton} / \text{m}^2 < C < 0.26 \text{ ton} / \text{m}^2$					
$= 0.20 \text{ [ton/m}^2\text{]}$					
$W_{Group IV} = (L*B*D)^{2/3} * C$					
$= 14.887 \text{ ton}$					
<b>Equipment and Outfitting Total Weight</b>					
$= 31.475 \text{ ton}$					

Outfit Weight Center Estimation					
$VCG_{E\&O} =$			3.800	m	
1. LCG <sub>1</sub> (25% W <sub>E&amp;O</sub> at LCG <sub>M</sub> )					
25% W <sub>E&amp;O</sub> =			7.869		
$L_{stern} = 0.35T + L_{stern\ tube}$					
LCG <sub>M</sub> from AP =			6.130	m	
2. LCG <sub>2</sub> (37,5% W <sub>E&amp;O</sub> at LCG <sub>DH</sub> )					
37.5% W <sub>E&amp;O</sub> =			11.80298667		
LCG <sub>dh</sub> from AP=			11.16371681	m	
3. LCG <sub>3</sub> (37,5% W <sub>E&amp;O</sub> at midship)					
37.5% W <sub>E&amp;O</sub> =			11.8030		
$L_{midship} =$			13	m	
LCG <sub>E&amp;O</sub> (LCG from AP)					
LCG <sub>E&amp;O</sub> =			12.82	m	

Voyage data			
Voyage radius =	48056.16	nm	
Voyage radius =	89000	m	Pulang Pergi
Voyage time =	10813.57	s	
Voyage time =	3.003769	hour	
Voyage time =	0.125157	day	

Fresh water					
Weight					
$W_{FW} =$	0.17	ton/(person x day)			
$W_{FW} =$	0.851067947	ton	->	1.702136	ton untuk 2 kali pelayaran
Volume					
$\rho_{FW} =$	1000	kg/m <sup>3</sup>			
$\rho_{FW} =$	1	ton/m <sup>3</sup>			
$V_{FW} =$	1.702135894	m <sup>3</sup>	->		
Seawage Tank					
Weight					
$W_s =$	1.227239979	ton			Di samakan ukuran dengan fresh water tank
Volume					
$\rho_s =$	721	kg/m <sup>3</sup>			
$\rho_s =$	0.721	ton/m <sup>3</sup>			
$V_s =$	1.702135894	m <sup>3</sup>			
Passenger and effects weight					
$W_{c\&e} =$	0.17	ton/person			
$W_{c\&e} =$	6.8	ton			
Total weight					
$W_{tot} =$	9.73	ton			
Center of fresh water weight					
Tank location					
Double Bottom, After Machinery room, before bow					
Tank dimensions					
$H_{FWT} =$	Height Double Bottom				
$H_{FWT} =$	0.80	m			
$B_{FWT} =$	Dari Gambar				
$B_{FWT} =$	2.32	m			
$L_{FWT} = V_{FW} / (H_{FWT} \times B_{FWT})$	frame spacing =		0.5	m	
$L_{FWT} =$	0.917099081	m	=	1	m ~ 2 frame spacing
Vertical					
$VCG_{FWT} =$	0.5	$H_{FWT}$			
$VCG_{FWT} =$	0.4	m			
Longitudinal					
from AP					
$LCG_{FWT} =$	12.05	+ 0.5 $L_{FWT}$			
$LCG_{FWT} =$	12.55	m			
Center of passenger and effects weight					
Room Layer	VCG	LCG [AP]	Total Person	$W_{c\&e}$ (ton)	
Layer II	5.050	12.000	40	6.8	
Vertical					
$VCG_{c\&e} = (VCG_{dh1} \times W_{dh1}) / (W_{dh1})$					
$VCG_{c\&e} =$	5.05	m			
Longitudinal					
from AP					
$LCG_{c\&e} = (LCG_{dh1} \times W_{dh1}) / (W_{dh1})$					
$LCG_{c\&e} =$	12	m			

Center of Sewage Weight			
Tank Location			
Double Bottom, After Machinery room, before bow			
Tank dimensions			
$H_s =$	Height Double Bottom		
$H_s =$	0.80 m		
$B_s =$	Dari Gambar		
$B_s =$	2.32 m		
$L_s =$	$V_{FW} / (H_{FWT} \times B_{FWT})$	frame spacing =	0.5 m
$L_s =$	0.917099081 m	=	1 m ~ 2 frame spacing
Vertical			
$VCG_s =$	0.5 hs		
$VCG_s =$	0.4 m		
Longitudinal			
from AP			
$LCG_s =$	12.05 + 0.5 $L_{FWT}$		
$LCG_s =$	12.55 m		
Center of consumables and crew weight			
Vertical			
$VCG_{C\&Cr} =$	$(VCG_{FWT} \times W_{FW} + VCGS \times WS + VCGP\&E \times W_{P\&E}) / W_{tot}$		
$VCG_{C\&Cr} =$	3.614961908 m		
Longitudinal			
from AP			
$LCG_{C\&Cr} =$	$(LCG_{FWT} \times W_{FW} + LCG_{P\&E} \times W_{P\&E} + LCGS \times WS) / W_{tot}$		
$LCG_{C\&Cr} =$	11.06779776 m		
Moulded volume below the upper deck and between perpendicular			
Camber calculation			
$C =$	1/50 B		
$C =$	0.13 m		
Mean camber			
$C_m =$	2/3 C		
$C_m =$	0.086667 m		
Sheer calculation			
$S_a =$	$25 \times (L_{pp}/3 + 10) \times 10^{-3}$		
$S_a =$	0 m		
$S_f =$	$50 \times (L_{pp}/3 + 10) \times 10^{-3}$		
$S_f =$	0 m		
Mean sheer			
$S_m =$	$(1/6) (S_f + S_a)$		
$S_m =$	0 m		
Capacity depth			
$D_c =$	$D + C_m + S_m$		
$D_c =$	3.89 m	$D = H$	
Block coefficient at moulded depth			
$C_B' =$	$C_B + (1 - C_B) \times [(0.8 D - T) / 3T]$		
$C_B' =$	0.618667		
Moulded volume			
$V_h =$	$C_B' \times L_{pp} \times B \times D_c$		
$V_h =$	406.3691 m <sup>3</sup>		
Volume of machinery room			
$L_{MR} =$	depend on cargo, length of machine and all other components		
$L_{MR} =$	4.328 m	~	10 rame spacing frame spacing = 0.5 m
$L_{MR} =$	5 m		
$B_{MR}' =$	0.5 B	$B_{MR}' =$ depend on cargo, length of machine and all other components	
$B_{MR}' =$	3.25 m	$B_{MR}' =$	3.917 m Shaft at MR = 0.416 m
$V_{MR} =$	$0.5 \times L_{MR} \times (B + B_{MR}') \times H$		$B_{MR}' =$ 4.6 m
$V_{MR} =$	105.45 m <sup>3</sup>		

Volume of stern							
$L_{st} = 0.35T + L_{stern\ tube}$							
$L_{st} = 3.46\ m$		~	12 frame spacing	frame spacing =	0.5 m		
$L_{st} = 6.00\ m$				Stern tube Shaft =	2.83 m		
$B_{st} = 0.5 B$				b =	0.35T		
$B_{st} = 3.25\ m$							
$V_{st} = 0.5 \times L_{st} \times B_{st} \times (H + S_a)$							
$V_{st} = 37.05\ m^3$							
Volume of bow							
Collision bulkhead length							
$L_c = L_{pp}$							
$L_c = 26.00\ m$							
minimum							
$0.05 L_c = 1.3\ m$							
or	10 m						
$L_{min} = \text{whichever is less}$							
$L_{min} = 1.3\ m$							
maximum							
$0.08 L_c = 2.08\ m$							
$0.05 L_c + 3 = 4.3\ m$							
$L_{max} = \text{whichever is greater}$							
$L_{max} = 4.3\ m$							
Bow dimension							
$L_{bow} = L_{min} - L_{max}$		~	8 frame spacing	frame spacing =	0.5 m		
$L_{bow} = 4\ m$							
$B_{bow} = B$							
$B_{bow} = 6.50\ m$							
$V_{bow} = 1/3 \times 0.5 \times L_{bow} \times B_{bow} \times (H + S_f)$							
$V_{bow} = 16.46667\ m^3$							
Volume of double bottom							
$L_{DB} = L_{pp} - L_{MR} - L_{st} - L_{bow}$							
$L_{DB} = 16.00\ m$							
$B_{DB} = B$							
$B_{DB} = 6.50\ m$							
$h_{DB} = 0.800\ m$							
$V_{DB} = L_{DB} \times B_{DB} \times h_{DB}$							
$V_{DB} = 83.2\ m^3$							
Total cargo capacity required							
$V_m = V_{MR} + V_{st} + V_{bow} + V_{DB}$							
$V_m = 242.1667\ m^3$							
Deduction for structure							
$S = 5\ %$							
$S = 0.05$							
$V_r = (V_h + V_u - V_m) (1 - S)$		$V_u =$	0 m <sup>3</sup>				
$V_r = 155.9923\ m^3$							
Center of payload							
Vertical							
$VCG_{payl} = h_{DB} + 0.5 (H - h_{DB})$							
$VCG_{payl} = 2.3\ m$							
Longitudinal							
from AP							
$LCG_{payl} = L_{st} + L_{MR} + 0.5 (L_{pp} - (L_{st} + L_{MR} + L_{bow}))$							
$LCG_{payl} = 19\ m$							

## Total Weight and Total Centers Estimation (Capacity I)

<u>Light Weight Tonnes (LWT)</u>			
• Steel Weight			
$W_{ST} =$	107.104	ton	
$VCG =$	2.287	m	
$LCG \text{ from AP} =$	13.185	m	
• Equipment & Outfitting Weight			
$W_{E\&O} =$	31.475	ton	
$VCG_{E\&O} =$	3.800	m	
$LCG \text{ from AP} =$	12.825	m	
• Machinery Weight			
$W_M =$	2.596	ton	
$VCG =$	1.850	m	
$LCG \text{ from AP} =$	6.130	m	
$LWT \text{ total} =$	141.174	ton	
<u>Dead Weight Tonnes (DWT)</u>			
• Consumable Weight			
$W_{consum} =$	9.729	ton	
$VCG =$	3.615	m	
$LCG \text{ from AP} =$	11.068	m	
• Payload			
$W_{payload} =$	3.440	ton	
$VCG = (H - H_{db}) * 0,5 + H_{db}$			
$VCG =$	2.300	m	
$LCG \text{ from AP} =$	19.000	m	
$DWT \text{ total} =$	13.169	ton	
<u>Total Weight</u>			
$LWT + DWT =$	154.343	ton	
$\text{Total VCG} =$	2.67	m	
$\text{Total LCG (from AP)} =$	12.9886	m	
<u>Displacement Check</u>			
$\text{Displacement} =$	157.700	ton	
$LWT + DWT =$	154.343	ton	
$\text{Difference} =$	2%	ton	
	ACCEPTED	(2% to 10% Limitation)	



## Total Weight and Total Centers Estimation (Capacity II)

<u>Light Weight Tonnes (LWT)</u>			
• Steel Weight			
W <sub>ST</sub> =	107.104	ton	
VCG =	2.287	m	
LCG from AP=	13.185	m	
• Equipment & Outfitting Weight			
W <sub>E&amp;O</sub> =	31.475	ton	
VCG <sub>E&amp;O</sub> =	3.800	m	
LCG from AP=	12.825	m	
• Machinery Weight			
W <sub>M</sub> =	2.596	ton	
VCG =	1.850	m	
LCG from AP=	6.130	m	
LWT total =	141.174	ton	
<u>Dead Weight Tonnes (DWT)</u>			
• Consumable Weight			
W <sub>consum</sub> =	9.729	ton	
VCG =	3.615	m	
LCG from AP=	11.068	m	
• Payload			
W <sub>payload</sub> =	3.648	ton	
VCG =	$(H - H_{db}) * 0,5 + H_{db}$		
VCG =	2.300	m	
LCG from AP=	19.000	m	
DWT total =	13.377	ton	
<u>Total Weight</u>			
LWT + DWT =	154.551	ton	
Total VCG =	2.67	m	
Total LCG (from AP) =	12.9967	m	
<u>Displacement Check</u>			
Displacement =	157.700	ton	
LWT + DWT =	154.551	ton	
Difference =	2%	ton	
ACCEPTED (2% to 10% Limitation)			

## Total Weight and Total Centers Estimation (Capacity III)

<u>Light Weight Tonnes (LWT)</u>			
• Steel Weight			
W <sub>ST</sub> =	107.104	ton	
VCG =	2.287	m	
LCG from AP=	13.185	m	
• Equipment & Outfitting Weight			
W <sub>E&amp;O</sub> =	31.475	ton	
VCG <sub>E&amp;O</sub> =	3.800	m	
LCG from AP=	12.825	m	
• Machinery Weight			
W <sub>M</sub> =	2.596	ton	
VCG =	1.850	m	
LCG from AP=	6.130	m	
LWT total =	141.174	ton	
<u>Dead Weight Tonnes (DWT)</u>			
• Consumable Weight			
W <sub>consum</sub> =	9.729	ton	
VCG =	3.615	m	
LCG from AP=	11.068	m	
• Payload			
W <sub>payload</sub> =	3.480	ton	
VCG =	$(H - H_{db}) * 0,5 + H_{db}$		
VCG =	2.300	m	
LCG from AP=	19.000	m	
DWT total =	13.209	ton	
<u>Total Weight</u>			
LWT + DWT =	154.383	ton	
Total VCG =	2.67	m	
Total LCG (from AP) =	12.9902	m	
<u>Displacement Check</u>			
Displacement =	157.700	ton	
LWT + DWT =	154.383	ton	
Difference =	2%	ton	
ACCEPTED (2% to 10% Limitation)			

## Total Weight and Total Centers Estimation (Capacity IV)

<u>Light Weight Tonnes (LWT)</u>			
• Steel Weight			
W <sub>ST</sub> =	107.104	ton	
VCG =	2.287	m	
LCG from AP=	13.185	m	
• Equipment & Outfitting Weight			
W <sub>E&amp;O</sub> =	31.475	ton	
VCG <sub>E&amp;O</sub> =	3.800	m	
LCG from AP=	12.825	m	
• Machinery Weight			
W <sub>M</sub> =	2.596	ton	
VCG =	1.850	m	
LCG from AP=	6.130	m	
LWT total =	141.174	ton	
<u>Dead Weight Tonnes (DWT)</u>			
• Consumable Weight			
W <sub>consum</sub> =	9.729	ton	
VCG =	3.615	m	
LCG from AP=	11.068	m	
• Payload			
W <sub>payload</sub> =	3.688	ton	
VCG =	$(H - H_{db}) * 0,5 + H_{db}$		
VCG =	2.300	m	
LCG from AP=	19.000	m	
DWT total =	13.417	ton	
<u>Total Weight</u>			
LWT + DWT =	154.591	ton	
Total VCG =	2.67	m	
Total LCG (from AP) =	12.9983	m	
<u>Displacement Check</u>			
Displacement =	157.700	ton	
LWT + DWT =	154.591	ton	3.109
Difference =	2%	ton	
ACCEPTED (2% to 10% Limitation)			

## Total Weight and Total Centers Estimation (Capacity V)

<u>Light Weight Tonnes (LWT)</u>			
• Steel Weight			
W <sub>ST</sub> =	107.104	ton	
VCG =	2.287	m	
LCG from AP=	13.185	m	
• Equipment & Outfitting Weight			
W <sub>E&amp;O</sub> =	31.475	ton	
VCG <sub>E&amp;O</sub> =	3.800	m	
LCG from AP=	12.825	m	
• Machinery Weight			
W <sub>M</sub> =	2.596	ton	
VCG =	1.850	m	
LCG from AP=	6.130	m	
LWT total =	141.174	ton	
<u>Dead Weight Tonnes (DWT)</u>			
• Consumable Weight			
W <sub>consum</sub> =	9.729	ton	
VCG =	3.615	m	
LCG from AP=	11.068	m	
• Payload			
W <sub>payload</sub> =	0.440	ton	
VCG =	$(H - H_{db}) * 0,5 + H_{db}$		
VCG =	2.300	m	
LCG from AP=	19.000	m	
DWT total =	10.169	ton	
<u>Total Weight</u>			
LWT + DWT =	151.343	ton	
Total VCG =	2.68	m	
Total LCG (from AP) =	12.8695	m	
<u>Displacement Check</u>			
Displacement =	157.700	ton	
LWT + DWT =	151.343	ton	6.357
Difference =	4%	ton	
ACCEPTED (2% to 10% Limitation)			

Trim Calculation L.C. 1

Chapter 11 Parametric Design , Michael G. Parsons

Input Data						
L =	26.000	m	Vol. Disp =	159.77	m <sup>3</sup>	
B =	6.500	m	KG =	2.67	m <sup>3</sup>	
T =	1.800	m	LCG from AP =	12.87	m	
C <sub>m</sub> =	0.704		LCB from AP =	13.61	m	
C <sub>b</sub> =	0.505					
C <sub>wp</sub> =	0.815					
Hydrostatic Properties						
KB						
KB/T = 0.90 – 0.30*C <sub>M</sub> – 0.1C <sub>B</sub>						
= 0.6383						
KB = 1.15 m						
BM <sub>T</sub>						
C <sub>IT</sub> = 0.1216*C <sub>WP</sub> – 0.0410						
= 0.0581						
I <sub>T</sub> = C <sub>I</sub> . L . B <sup>3</sup>						
= 414.8771						
BM <sub>T</sub> = <i>transverse distance between buoyancy center to metacenter</i>						
BM <sub>T</sub> = I <sub>T</sub> /vol						
= 2.60 m						
BM <sub>L</sub>						
C <sub>IL</sub> = <i>longitudinal inertia coefficient</i>						
C <sub>IL</sub> = 0.350 C <sub>wp</sub> <sup>2</sup> – 0.405 C <sub>wp</sub> + 0.146						
= 0.0484						
I <sub>L</sub> = <i>moment of inertia of waterplane relative to ship's longitudinal axis</i>						
I <sub>L</sub> = C <sub>IL</sub> . B . L <sup>3</sup>						
= 5530						
BM <sub>L</sub> = <i>longitudinal distance between buoyancy center to metacenter</i>						
BM <sub>L</sub> = I <sub>L</sub> /vol						
= 34.61 m						
GM <sub>L</sub> = BM <sub>L</sub> + KB - KG						
= 33.09 m						
Trim = (LCG – LCB).L / G <sub>ML</sub>						
= -0.578 m						
Trim condition = Trim by stern						

Trim Calculation L.C. 2

Chapter 11 Parametric Design , Michael G. Parsons

Input Data						
L =	26.000	m	Vol. Disp =	159.77	m <sup>3</sup>	
B =	6.500	m	KG =	2.67	m <sup>3</sup>	
T =	1.800	m	LCG from AP =	12.99	m	
C <sub>m</sub> =	0.704		LCB from AP =	13.61	m	
C <sub>b</sub> =	0.505					
C <sub>wp</sub> =	0.815					
Hydrostatic Properties						
KB						
KB/T = 0.90 – 0.30*C <sub>M</sub> – 0.1C <sub>B</sub>						
= 0.6383						
KB = 1.15 m						
BM <sub>T</sub>						
C <sub>IT</sub> = 0.1216*C <sub>WP</sub> – 0.0410						
= 0.0581						
I <sub>T</sub> = C <sub>I</sub> . L . B <sup>3</sup>						
= 414.8771						
BM <sub>T</sub> = <i>transverse distance between buoyancy center to metacenter</i>						
BM <sub>T</sub> = I <sub>T</sub> /vol						
= 2.60 m						
BM <sub>L</sub>						
C <sub>IL</sub> = <i>longitudinal inertia coefficient</i>						
C <sub>IL</sub> = 0.350 C <sub>wp</sub> <sup>2</sup> – 0.405 C <sub>wp</sub> + 0.146						
= 0.0484						
I <sub>L</sub> = <i>moment of inertia of waterplane relative to ship's longitudinal axis</i>						
I <sub>L</sub> = C <sub>IL</sub> . B . L <sup>3</sup>						
= 5530						
BM <sub>L</sub> = <i>longitudinal distance between buoyancy center to metacenter</i>						
BM <sub>L</sub> = I <sub>L</sub> /vol						
= 34.61 m						
GM <sub>L</sub> = BM <sub>L</sub> + KB - KG						
= 33.09 m						
Trim = (LCG – LCB).L / G <sub>ML</sub>						
= -0.484 m						
Trim condition = Trim by stern						

Trim Calculation L.C. 3

Chapter 11 Parametric Design , Michael G. Parsons

Input Data						
L =	26.000	m	Vol. Disp =	159.77	m <sup>3</sup>	
B =	6.500	m	KG =	2.67	m <sup>3</sup>	
T =	1.800	m	LCG from AP =	13.00	m	
C <sub>m</sub> =	0.704		LCB from AP =	13.61	m	
C <sub>b</sub> =	0.505					
C <sub>wp</sub> =	0.815					
Hydrostatic Properties						
KB						
$KB/T = 0.90 - 0.30 \cdot C_M - 0.1C_B$						
= 0.6383						
KB = 1.15 m						
BM <sub>T</sub>						
$C_{IT} = 0.1216 \cdot C_{WP} - 0.0410$						
= 0.0581						
$I_T = C_I \cdot L \cdot B^3$						
= 414.8771						
BM <sub>T</sub> = <i>transverse distance between buoyancy center to metacenter</i>						
BM <sub>T</sub> = I <sub>T</sub> /vol						
= 2.60 m						
BM <sub>L</sub>						
C <sub>IL</sub> = <i>longitudinal inertia coefficient</i>						
$C_{IL} = 0.350 C_{wp}^2 - 0.405 C_{wp} + 0.146$						
= 0.0484						
I <sub>L</sub> = <i>moment of inertia of waterplane relative to ship's longitudinal axis</i>						
$I_L = C_{IL} \cdot B \cdot L^3$						
= 5530						
BM <sub>L</sub> = <i>longitudinal distance between buoyancy center to metacenter</i>						
BM <sub>L</sub> = I <sub>L</sub> /vol						
= 34.61 m						
GM <sub>L</sub> = BM <sub>L</sub> + KB - KG						
= 33.09 m						
Trim = (LCG - LCB) . L / G <sub>ML</sub>						
= -0.478 m						
Trim condition = Trim by stern						

Trim Calculation L.C. 4

Chapter 11 Parametric Design , Michael G. Parsons

Input Data						
L =	26.000	m	Vol. Disp =	159.77	m <sup>3</sup>	
B =	6.500	m	KG =	2.67	m <sup>3</sup>	
T =	1.800	m	LCG from AP =	12.99	m	
C <sub>m</sub> =	0.704		LCB from AP =	13.61	m	
C <sub>b</sub> =	0.505					
C <sub>wp</sub> =	0.815					
Hydrostatic Properties						
KB						
$KB/T = 0.90 - 0.30 \cdot C_M - 0.1 \cdot C_B$						
= 0.6383						
KB = 1.15 m						
BM <sub>T</sub>						
$C_{IT} = 0.1216 \cdot C_{WP} - 0.0410$						
= 0.0581						
$I_T = C_I \cdot L \cdot B^3$						
= 414.8771						
BM <sub>T</sub> = <i>transverse distance between buoyancy center to metacenter</i>						
BM <sub>T</sub> = I <sub>T</sub> /vol						
= 2.60 m						
BM <sub>L</sub>						
C <sub>IL</sub> = <i>longitudinal inertia coefficient</i>						
$C_{IL} = 0.350 \cdot C_{wp}^2 - 0.405 \cdot C_{wp} + 0.146$						
= 0.0484						
I <sub>L</sub> = <i>moment of inertia of waterplane relative to ship's longitudinal axis</i>						
$I_L = C_{IL} \cdot B \cdot L^3$						
= 5530						
BM <sub>L</sub> = <i>longitudinal distance between buoyancy center to metacenter</i>						
BM <sub>L</sub> = I <sub>L</sub> /vol						
= 34.61 m						
GM <sub>L</sub> = BM <sub>L</sub> + KB - KG						
= 33.09 m						
Trim = (LCG - LCB) . L / G <sub>ML</sub>						
= -0.483 m						
Trim condition = Trim by stern						



Trim Calculation L.C.5

Chapter 11 Parametric Design , Michael G. Parsons

Input Data						
L =	26.000	m	Vol. Disp =	159.77	m <sup>3</sup>	
B =	6.500	m	KG =	2.67	m <sup>3</sup>	
T =	1.800	m	LCG from AP =	12.9983	m	
C <sub>m</sub> =	0.704		LCB from AP =	13.605	m	
C <sub>b</sub> =	0.505					
C <sub>wp</sub> =	0.815					
Hydrostatic Properties						
KB						
$KB/T = 0.90 - 0.30 \cdot C_M - 0.1C_B$						
= 0.6383						
KB = 1.15 m						
BM <sub>T</sub>						
$C_{IT} = 0.1216 \cdot C_{WP} - 0.0410$						
= 0.0581						
$I_T = C_I \cdot L \cdot B^3$						
= 414.8771						
BM <sub>T</sub> = <i>transverse distance between buoyancy center to metacenter</i>						
BM <sub>T</sub> = I <sub>T</sub> /vol						
= 2.60 m						
BM <sub>L</sub>						
C <sub>IL</sub> = <i>longitudinal inertia coefficient</i>						
$C_{IL} = 0.350 C_{wp}^2 - 0.405 C_{wp} + 0.146$						
= 0.0484						
I <sub>L</sub> = <i>moment of inertia of waterplane relative to ship's longitudinal axis</i>						
$I_L = C_{IL} \cdot B \cdot L^3$						
= 5530						
BM <sub>L</sub> = <i>longitudinal distance between buoyancy center to metacenter</i>						
BM <sub>L</sub> = I <sub>L</sub> /vol						
= 34.61 m						
GM <sub>L</sub> = BM <sub>L</sub> + KB - KG						
= 33.09 m						
Trim = (LCG - LCB) . L / G <sub>ML</sub>						
= -0.477 m						
Trim condition = Trim by stern						

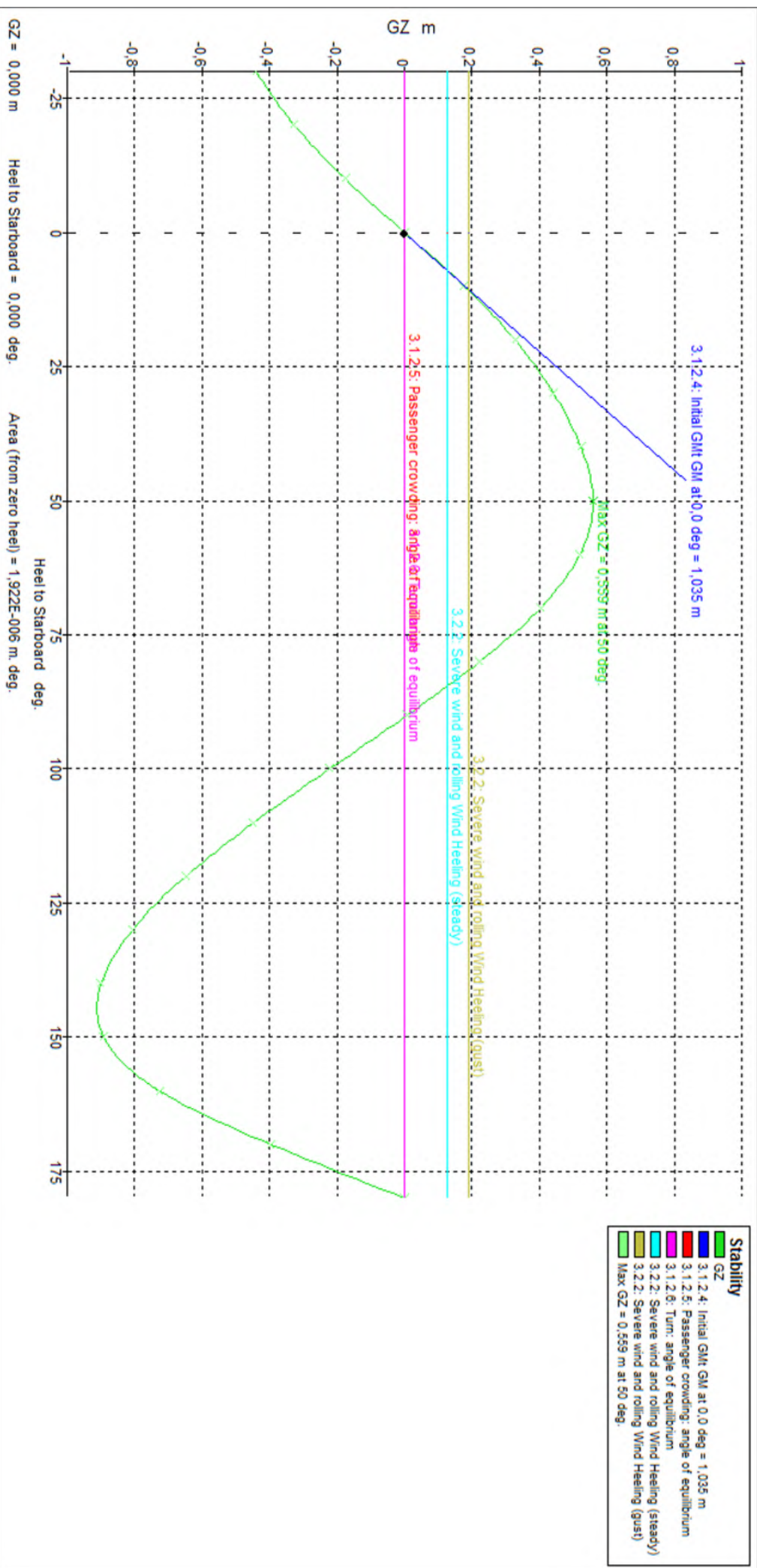
Maxsurf Stability L.C.1

Item Name	Quantity	Unit Mass (Tonne)	Total Mass (Tonne)	Unit Volume (m³)	Total Volume (m³)	Long Arm (m)	Trans. Arm (m)	Vert. Arm (m)	Total FSM (tonne.m)	FSM Type
Lightship	1	107.104	107.104			13.185	0.000	2.287	0.000	User Specified
Deck House A	1	15.6	15.6			12	0.000	5.050	0.000	User Specified
Deck House B	1	1.35	1.35			1.5	0.000	5.050	0.000	User Specified
Machinery	1	2.586	2.586			6.13	0.000	1.850	0.000	User Specified
Equipment & Outfitting	1	31.475	31.475			12.825	0.000	3.000	0.000	User Specified
Payload	1	0.440	0.440			14	0.000	2.300	0.000	User Specified
Fresh Water	50%	1.859	0.930	1.859	0.930	11.495	1.162	1.000	1.046	Maximum
Seawage	50%	1.859	0.930	1.859	0.930	11.495	-1.162	1.000	1.046	Maximum
Total Loadcase			160.414			37.180		2.697	2.093	
FS correction								0.013		
VCG fluid								2.710		

No	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin (%)
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle angle of vanishing stability shall not be less than (>=)	0  30 90.3 3.1513	deg  deg deg m.deg	0  30 30 7.3159	Pass   Pass	   +132.15
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle first downflooding angle angle of vanishing stability shall not be less than (>=)	0.0  40.0 n/a 90.3 5.1566	deg  deg deg deg m.deg	0.0  40.0   12.1637	Pass    Pass	    +135.89
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle first downflooding angle angle of vanishing stability shall not be less than (>=)	30.0  40.0 n/a 90.3 1.7189	deg  deg deg deg m.deg	30.0  40.0   4.847	Pass    Pass	    +182.03

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater in the range from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle angle of max. GZ shall not be less than ( $\geq$ ) Intermediate values angle at which this GZ occurs								Pass	
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ shall not be less than ( $\geq$ )					25.0	deg	50.0	Pass	+100.00
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMT spec. heel angle shall not be less than ( $\geq$ )					0.0 0.15	deg m	1.035	Pass	+590.00
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.5: Passenger crowding: angle of equilibrium Pass. crowding arm = $n_{Pass} M / disp. D \cos^n(\phi)$ number of passengers: $n_{Pass}$ = passenger mass: $M$ = distance from centre line: $D$ = cosine power: $n$ = shall not be greater than ( $\leq$ ) Intermediate values Heel arm amplitude					0 0.075 0 0 10	tonne m deg		Pass	+100
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.6: Turn: angle of equilibrium Turn arm: $a v^2 / (R g) h \cos^n(\phi)$ constant: $a$ = vessel speed: $v$ = turn radius, $R$ , as percentage of $Lwl$ $h$ = KG - mean draft / 2 cosine power: $n$ = shall not be greater than ( $\leq$ ) Intermediate values Heel arm amplitude					0.9996 0 510 1.79 0 10	kn % m deg		Pass	+100.00

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships									
3.2.2: Severe wind and rolling								Pass	
Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$									
constant: a =	0.99966								
wind pressure: P =	504	Pa							
area centroid height (from zero point): h =	6	m							
additional area: A =	50	m <sup>2</sup>							
H = vert. centre of projected lat. u/water area	0.965	m							
cosine power: n =	0								
gust ratio	1.5								
Area2 integrated to the lesser of roll back angle from equilibrium (with steady heel arm)	25.0 (-21.4)	deg		-21.4					
Area 1 upper integration range, to the lesser of: spec. heel angle	50	deg		50					
first downflooding angle	n/a	deg							
angle of vanishing stability (with gust heel arm)	81.5	deg							
Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of: angle of max. GZ	50	deg		50					
Select required angle for angle of steady heel ratio: Criteria:	DeckEdgeImmersionAngle								Pass
Angle of steady heel shall not be greater than (<=)	16	deg		7.2				Pass	+55.19
Angle of steady heel / Deck edge Immersion angle shall not be greater than (<=)	80	%		22.66				Pass	+71.67
Area1 / Area2 shall not be less than (>=)	100	%		125.17				Pass	+25.17
Intermediate values									
Model windage area	m <sup>2</sup>		69.498						
Model windage area centroid height (from zero point)	m		3.1						
Total windage area	m <sup>2</sup>		119.498						
Total windage area centroid height (from zero point)	m		4.314						
Heel arm amplitude	m		0.128						
Equilibrium angle with steady heel arm	deg		7.2						
Equilibrium angle with gust heel arm	deg		10.9						
Deck edge immersion angle	deg		31.6						
Area1 (under GZ), from 5,4 to 50,0 deg.	m.deg		16.5556						
Area1 (under HA), from 5,4 to 50,0 deg.	m.deg		7.5073						
Area1, from 5,4 to 50,0 deg.	m.deg		9.0483						
Area2 (under GZ), from -21,4 to 5,4 deg.	m.deg		-1.6962						
Area2 (under HA), from -21,4 to 5,4 deg.	m.deg		5.5328						
Area2, from -21,4 to 5,4 deg.	m.deg		7.2290						



Stability	
Blue	3.1.2.4: Initial GM: GM at 0.0 deg = 1.035 m
Magenta	3.1.2.5: Passenger crowding: angle of equilibrium
Cyan	3.1.2.6: Turn: angle of equilibrium
Yellow	3.2.2: Severe wind and rolling Wind Heeling (steady)
Green	3.2.2: Severe wind and rolling Wind Heeling (gust)
Green	Max GZ = 0.559 m at 50 deg.

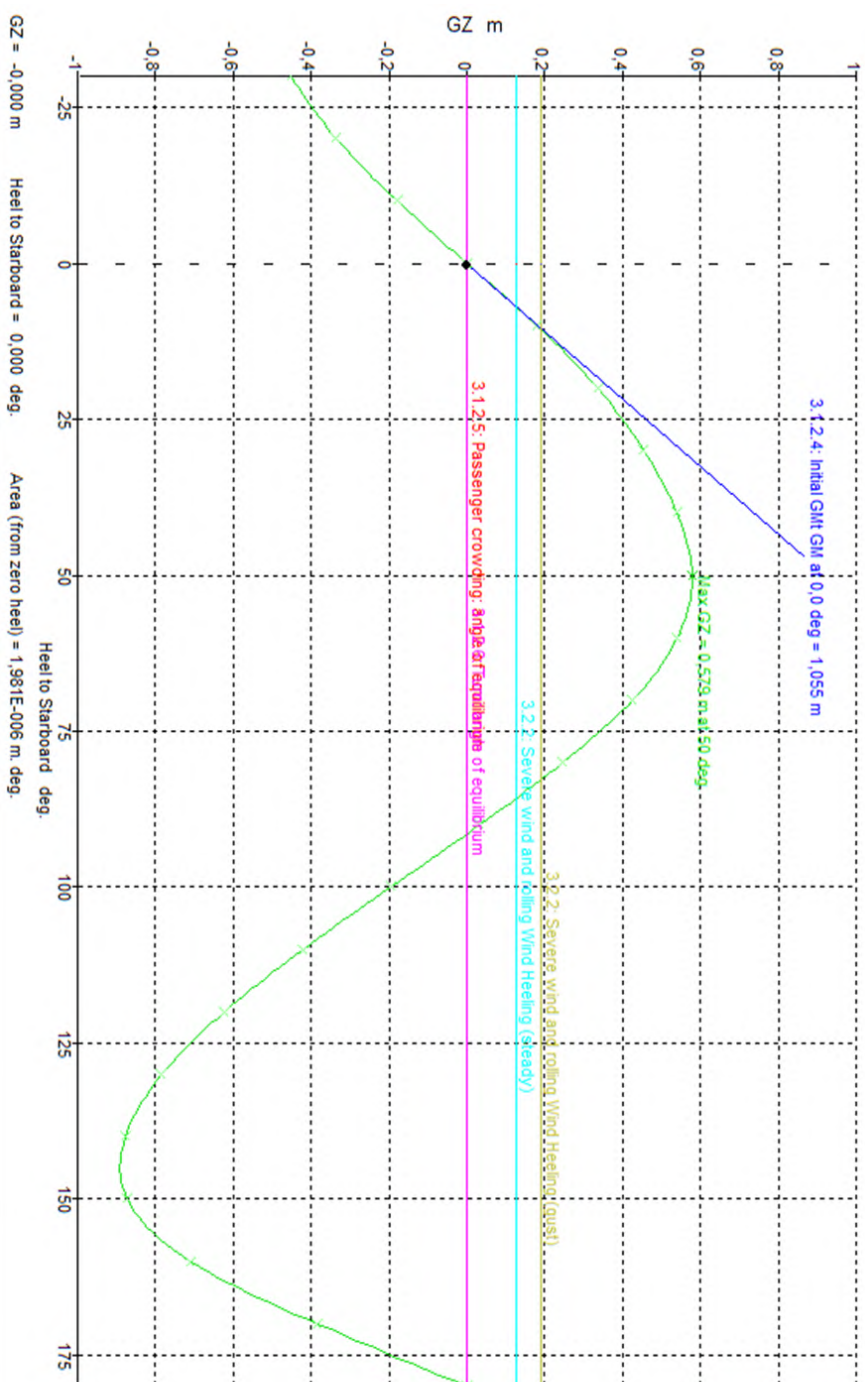
Item Name	Quantity	Unit Mass (Tonne)	Total Mass (Tonne)	Unit Volume (m³)	Total Volume (m³)	Long Arm (m)	Trans. Arm (m)	Vert. Arm (m)	Total FSM (tonne.m)	FSM Type
Lightship	1	107.104	107.104			13.185	0.000	2.287	0.000	User Specified
Deck House A	1	15.6	15.6			12	0.000	5.050	0.000	User Specified
Deck House B	1	1.35	1.35			1.5	0.000	5.050	0.000	User Specified
Machinery	1	2.586	2.586			6.13	0.000	1.850	0.000	User Specified
Equipment & Outfitting	1	31.475	31.475			12.825	0.000	3.000	0.000	User Specified
Payload	1	0.440	0.440			14	0.000	2.300	0.000	User Specified
Fresh Water	98%	1.859	0.930	1.859	0.930	11.495	1.162	1.000	1.046	Maximum
Seawage	98%	1.859	0.930	1.859	0.930	11.495	-1.162	1.000	1.046	Maximum
Total Loadcase			160.414	37.180	18.590	12.770	0.000	2.697	2.093	
FS correction								0.013		
VCG fluid								2.710		

	No	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin (%)
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships		3.1.2.1: Area 0 to 30 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle	0,0	deg	0,0	Pass	
		angle of vanishing stability	30	deg	30		
		shall not be less than (>=)	91,4	deg		Pass	+137,88
			3.151	m.deg	7.497		
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships		3.1.2.1: Area 0 to 40 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle	0,0	deg	0,0	Pass	
		first downflooding angle	40,0	deg	40,0		
		angle of vanishing stability	n/a	deg			
		shall not be less than (>=)	91,4	deg		Pass	+142,30
			5.157	m.deg	12.495		
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships		3.1.2.1: Area 30 to 40 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle	30,0	deg	30,0	Pass	
		first downflooding angle	40,0	deg	40,0		
		angle of vanishing stability	n/a	deg			
		shall not be less than (>=)	91,4	deg		Pass	+190,77
			1.7189	m.deg	4.998		



A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater in the range from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle angle of max. GZ shall not be less than (>=) Intermediate values angle at which this GZ occurs	30,0 90,0 50,0 0,200	deg deg deg m	30,0 50,0 0,579	Pass Pass Pass	+189,50
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ shall not be less than (>=)	25,0	deg	50,0	Pass	+100,00
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMT spec. heel angle shall not be less than (>=)	0,0 0,150	deg m	1,055	Pass Pass	+603,33
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.5: Passenger crowding: angle of equilibrium Pass. crowding arm = nPass M / disp. D cos^n(phi) number of passengers: nPass = passenger mass: M = distance from centre line: D = cosine power: n = shall not be greater than (<=) Intermediate values Heel arm amplitude	0 0,075 0,000 0 10	tonne m deg	0,000	Pass Pass	+100,00
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.6: Turn: angle of equilibrium Turn arm: a v^2 / (R g) h cos^n(phi) constant: a = vessel speed: v = turn radius, R, as percentage of LWL h = KG - mean draft / 2 cosine power: n = shall not be greater than (<=) Intermediate values Heel arm amplitude	0,9996 0,000 510,00 1,770 0 10,0	kn % m deg	0,000	Pass Pass	+100,00

A.749 (18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.2.2: Severe wind and rolling			Pass	
Wind arm: $a = P \cdot A \cdot (h - H) / (g \cdot \text{disp.}) \cdot \cos^n(\phi)$	constant: a =	0,99966			
wind pressure: P =	area centroid height (from zero point): h =	504,0	Pa		
additional area: A =	H = vert. centre of projected lat. u/water area	6,000	m		
cosine power: n =	gust ratio	50,000	m <sup>2</sup>		
	Area2 integrated to the lesser of	0,972	m		
	roll back angle from equilibrium (with steady heel arm)	0			
	Area 1 upper integration range, to the lesser of:	1,5			
spec. heel angle	first downflooding angle	25,0 (-18,1)	deg	-18,1	
angle of vanishing stability (with gust heel arm)	angle of vanishing stability (with gust heel arm)	50,0	deg	50,0	
Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of:	angle of max. GZ	n/a	deg		
angle of max. GZ	Select required angle for angle of steady heel ratio:	82,8	deg		
	Criteria:	50,0	deg	50,0	
Angle of steady heel shall not be greater than (<=)	Deck edge immersion angle	Deck edge immersion angle		Pass	
Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than (<=)	Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than (<=)	16,0	deg	6,9	Pass
Area1 / Area2 shall not be less than (>=)	Intermediate values	80,00	%	22,03	Pass
Intermediate values	Model windage area	100,00	%	133,91	Pass
Model windage area	Model windage area centroid height (from zero point)	69,164	m <sup>2</sup>		
Total windage area	Total windage area	3,106	m		
Heel arm amplitude	Total windage area centroid height (from zero point)	119,164	m <sup>2</sup>		
Equilibrium angle with steady heel arm	Equilibrium angle with steady heel arm	4,321	m		
Equilibrium angle with gust heel arm	Equilibrium angle with gust heel arm	0,126	m		
Deck edge immersion angle	Deck edge immersion angle	6,9	deg	10,6	
Area1 (under GZ), from 10,6 to 50,0 deg.	Area1 (under GZ), from 10,6 to 50,0 deg.	171,227	deg	31,4	
Area1 (under HA), from 10,6 to 50,0 deg.	Area1 (under HA), from 10,6 to 50,0 deg.	74,781	deg	171,227	
Area1, from 10,6 to 50,0 deg.	Area1, from 10,6 to 50,0 deg.	96,446	deg	74,781	
Area2 (under GZ), from -18,1 to 10,6 deg.	Area2 (under GZ), from -18,1 to 10,6 deg.	-18,841	deg	96,446	
Area2 (under HA), from -18,1 to 10,6 deg.	Area2 (under HA), from -18,1 to 10,6 deg.	54,276	deg	-18,841	
Area2, from -18,1 to 10,6 deg.	Area2, from -18,1 to 10,6 deg.	73,117	deg	54,276	



GZ = -0.000 m    Heel to Starboard = 0.000 deg.    Area (from zero heel) = 1,981E-006 m. deg.

**Stability**

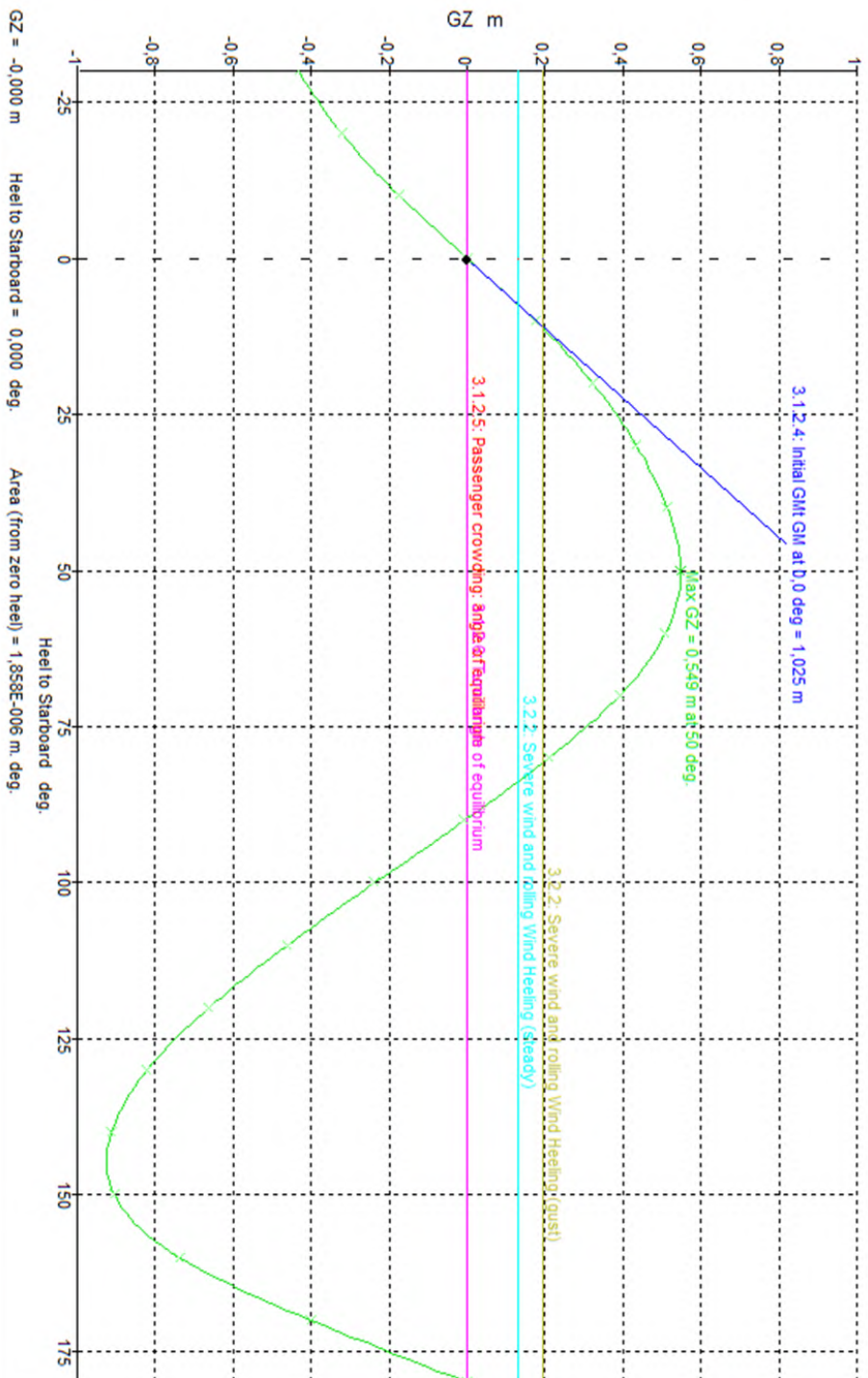
- █ 3.1.2.4: Initial GMT GM at 0.0 deg = 1.055 m
- █ 3.1.2.5: Passenger crowding: angle of equilibrium
- █ 3.1.2.6: Turn: angle of equilibrium
- █ 3.2.2: Severe wind and rolling Wind Heeling (steady)
- █ 3.2.2: Severe wind and rolling Wind Heeling (gust)
- █ Max GZ = 0.579 m at 50 deg.

Item Name	Quantity	Unit Mass (Tonne)	Total Mass (Tonne)	Unit Volume (m³)	Total Volume (m³)	Long Arm (m)	Trans. Arm (m)	Vert. Arm (m)	Total FSM (tonne.m)	FSM Type
Lightship	1	107.104	107.104			13.185	0.000	2.287	0.000	User Specified
Deck House A	1	15.6	15.6			12	0.000	5.050	0.000	User Specified
Deck House B	1	1.35	1.35			1.5	0.000	5.050	0.000	User Specified
Machinery	1	2.586	2.586			6.13	0.000	1.850	0.000	User Specified
Equipment & Outfitting	1	31.475	31.475			12.825	0.000	3.000	0.000	User Specified
Payload	1	0.440	0.440			14	0.000	2.300	0.000	User Specified
Fresh Water	10%	1.859	0.930	1.859	0.930	11.495	1.162	1.000	1.046	Maximum
Seawage	10%	1.859	0.930	1.859	0.930	11.495	-1.162	1.000	1.046	Maximum
Total Loadcase			160.414	37.180	18.590	12.770	0.000	2.697	2.093	
FS correction								0.013		
VCG fluid								2.710		

No	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin (%)
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle	0,0	deg	0,0	Pass	
	angle of vanishing stability	30,0	deg	30,0		
	shall not be less than (>=)	89,7	deg			
		3.1513	m.deg	7.2114	Pass	+128,84
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle	0,0	deg	0,0	Pass	
	first downflooding angle	40,0	deg	40,0		
	angle of vanishing stability	n/a	deg			
	shall not be less than (>=)	89,7	deg			
		5.1566	m.deg	1.1970	Pass	+132,12
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle	30,0	deg	30,0	Pass	
	first downflooding angle	40,0	deg	40,0		
	angle of vanishing stability	n/a	deg			
	shall not be less than (>=)	89,7	deg			
		1.7189	m.deg	4.7582	Pass	+176,81

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater in the range from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle angle of max. GZ shall not be less than (>=) Intermediate values angle at which this GZ occurs							Pass	
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ shall not be less than (>=)	25,0	deg	50,0	Pass	+100,00			
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMT spec. heel angle shall not be less than (>=)	0,0 0,150	deg m	1,025	Pass	+583,33			
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.5: Passenger crowding: angle of equilibrium Pass. crowding arm = nPass M / disp. D cos^n(phi) number of passengers: nPass = passenger mass: M = distance from centre line: D = cosine power: n = shall not be greater than (<=) Intermediate values Heel arm amplitude	0 0,075 0,000 0 10,0	tonne m deg		Pass		+100,00		
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.6: Turn: angle of equilibrium Turn arm: a v^2 / (R g) h cos^n(phi) constant: a = vessel speed: v = turn radius, R, as percentage of Lwl h = KG - mean draft / 2 cosine power: n = shall not be greater than (<=) Intermediate values Heel arm amplitude	0,9996 0,000 510,00 1,811 0 10,0	kn % m deg		Pass		+100,00		
				0,000					

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.2.2: Severe wind and rolling			Pass	
Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$	constant: a =	0,99966			
wind pressure: P =	area centroid height (from zero point): h =	504,0	Pa		
additional area: A =	H = vert. centre of projected lat. v'Water area	6,000	m		
cosine power: n =	gust ratio	50,000	m <sup>2</sup>		
	Area2 integrated to the lesser of	0,959	m		
	roll back angle from equilibrium (with steady heel arm)	0			
	Area 1 upper integration range, to the lesser of:	1,5			
spec. heel angle	first downflooding angle	25,0 (-17,7)	deg	-17,7	
angle of vanishing stability (with gust heel arm)	angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of:	50,0	deg	50,0	
Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of:	angle of max. GZ	n/a	deg		
angle of max. GZ	Select required angle for angle of steady heel ratio:	80,8	deg		
	Criteria:	50,0	deg	50,0	
Angle of steady heel shall not be greater than (<=)	DeckEdgeImmersionAngle			Pass	
Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than (<=)	Angle of steady heel shall not be greater than (<=)	16,0	deg	7,3	Pass
Area1 / Area2 shall not be less than (>=)	Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than (<=)	80,00	%	22,98	Pass
Intermediate values	Area1 / Area2 shall not be less than (>=)	100,00	%	120,60	Pass
Model windage area	Intermediate values				
Model windage area centroid height (from zero point)	Model windage area		m <sup>2</sup>	69,769	
Total windage area	Model windage area centroid height (from zero point)		m	3,095	
Heel arm amplitude	Total windage area		m <sup>2</sup>	119,769	
Equilibrium angle with steady heel arm	Total windage area centroid height (from zero point)		m	4,308	
Deck edge immersion angle	Heel arm amplitude		m	0,130	
Area1 (under GZ), from 11,2 to 50,0 deg.	Equilibrium angle with steady heel arm		deg	7,3	
Area1 (under HA), from 11,2 to 50,0 deg.	Equilibrium angle with gust heel arm		deg	11,2	
Area1, from 11,2 to 50,0 deg.	Deck edge immersion angle		deg	31,9	
Area2 (under GZ), from -17,7 to 11,2 deg.	Area1 (under GZ), from 11,2 to 50,0 deg.		m.deg	162,147	
Area2 (under HA), from -17,7 to 11,2 deg.	Area1 (under HA), from 11,2 to 50,0 deg.		m.deg	75,412	
Area2, from -17,7 to 11,2 deg.	Area1, from 11,2 to 50,0 deg.		m.deg	86,735	
	Area2 (under GZ), from -17,7 to 11,2 deg.		m.deg	-15,729	
	Area2 (under HA), from -17,7 to 11,2 deg.		m.deg	56,189	
	Area2, from -17,7 to 11,2 deg.		m.deg	71,918	



GZ = -0.000 m Heel to Starboard = 0.000 deg.

Area (from zero heel) = 1.858E+006 m. deg.

**Stability**

- GZ
- 3.1.2.4: Initial GMT GM at 0.0 deg = 1.025 m
- 3.1.2.5: Passenger crowding: angle of equilibrium
- 3.1.2.6: Turn: angle of equilibrium
- 3.2.2: Severe wind and rolling Wind Heeling (Steady)
- 3.2.2: Severe wind and rolling Wind Heeling (gust)
- Max GZ = 0.549 m at 50 deg.



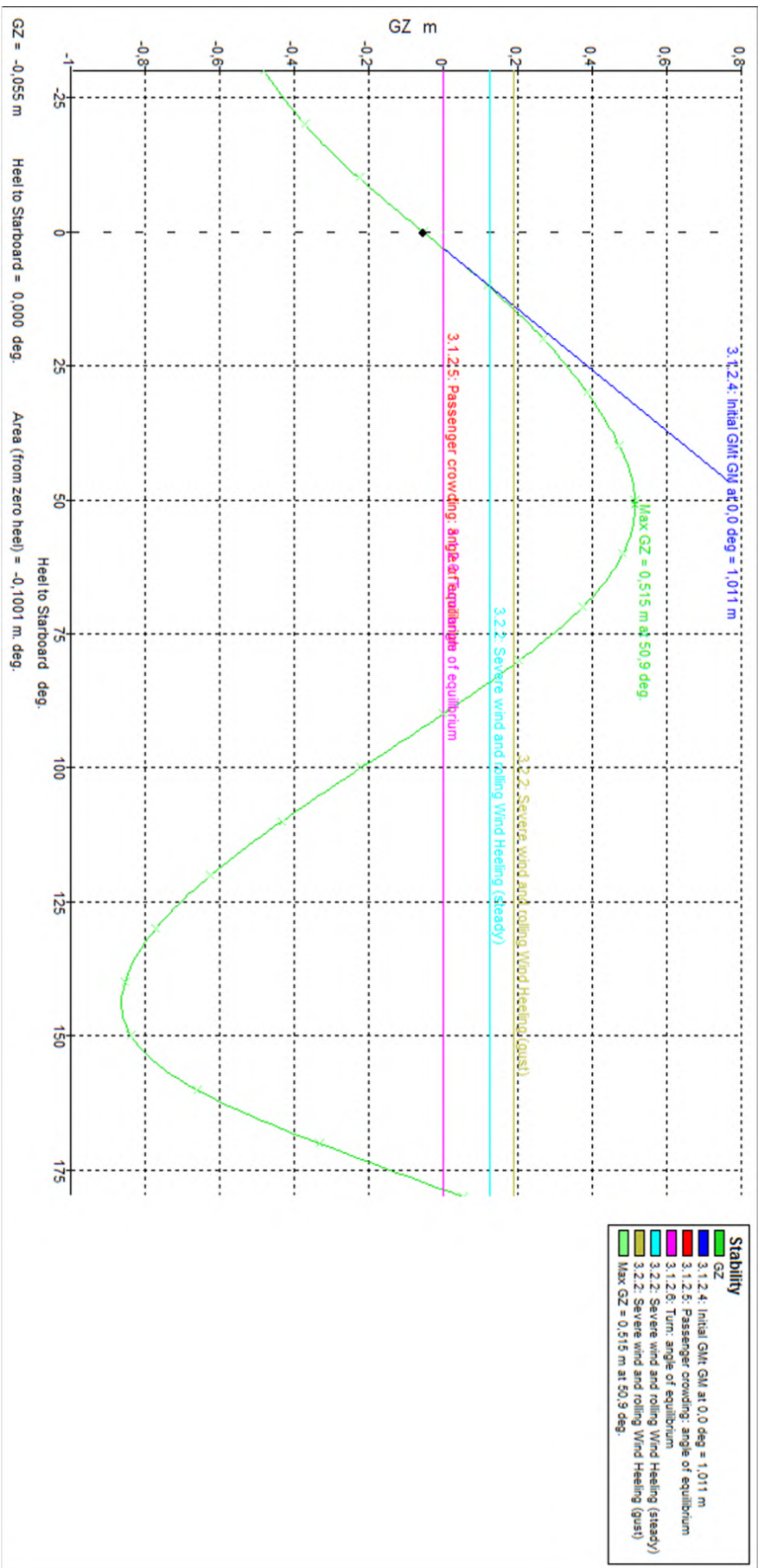
Maxsurf Stability L.C.2

Item Name	Quantity	Unit Mass (Tonne)	Total Mass (Tonne)	Unit Volume (m³)	Total Volume (m³)	Long Arm (m)	Trans. Arm (m)	Vert. Arm (m)	Total FSM (tonne.m)	FSM Type
Lightship	1	107.104	107.104			13.185	0.000	2.287	0.000	User Specified
Deck House A	1	15.6	15.6			12	0.000	5.050	0.000	User Specified
Deck House B	1	1.35	1.35			1.5	0.000	5.050	0.000	User Specified
Machinery	1	2.586	2.586			6.13	0.000	1.850	0.000	User Specified
Equipment & Outfitting	1	31.475	31.475			12.825	0.000	3.000	0.000	User Specified
Payload	1	0.440	0.440			14	0.000	2.300	0.000	User Specified
Passenger	1	3	3			13	3	3	0	User Specified
Fresh Water	50%	1.859	0.930	1.859	0.930	11.495	1.162	1.000	1.046	Maximum
Seawage	50%	1.859	0.930	1.859	0.930	11.495	-1.162	1.000	1.046	Maximum
Total Loadcase			163.414	3.718	1.859	12.792	0.000	2.690	2.092	
FS correction								0.013		
VCG Fluid								2.702		

No	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin (%)
A.749 (18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle	0,0	deg	0,0	Pass	
	angle of vanishing stability shall not be less than (>=)	30,0	deg	30,0		
		89,9	deg			
		3.1513	m.deg	5.5820	Pass	+77,13
A.749 (18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle	0,0	deg	0,0	Pass	
	first downflooding angle angle of vanishing stability shall not be less than (>=)	40,0	deg	40,0		
		n/a	deg			
		89,9	deg			
		5.1566	m.deg	9.8987	Pass	+91,96
A.749 (18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle	30,0	deg	30,0	Pass	
	first downflooding angle angle of vanishing stability shall not be less than (>=)	40,0	deg	40,0		
		n/a	deg			
		89,9	deg			
		1.7189	m.deg	4.317	Pass	+151,13

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater in the range from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle	30,0	deg	30,0	Pass	
	angle of max. GZ shall not be less than (>=)	50,9	deg	50,9	Pass	+157,50
	Intermediate values angle at which this GZ occurs	0,200	m	0,515	Pass	
			deg	50,9		
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ shall not be less than (>=)	25,0	deg	50,9	Pass	+103,64
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMT spec. heel angle shall not be less than (>=)	0,0	deg	1,011,000	Pass	+574,00
		0,150	m		Pass	
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.5: Passenger crowding: angle of equilibrium	0	tonne		Pass	
	Pass. crowding arm = nPass M / disp. D cos^n(phi)	0,075	m			
	number of passengers: nPass =	0,000				
	passenger mass: M =	0	deg	3,1	Pass	+68,76
	distance from centre line: D =	10,0	m	0,000		
	cosine power: n =					
	shall not be greater than (<=)					
	Intermediate values					
	Heel arm amplitude					
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.6: Turn: angle of equilibrium	0,9996	kn		Pass	
	Turn arm: a v^2 / (R g) h cos^n(phi)	0,000	%			
	constant: a =	510,00	m			
	vessel speed: v =	1,785,00				
	turn radius, R, as percentage of Lwl	0	deg	3,1	Pass	+68,76
	h = KG - mean draft / 2	10,0	m	0,000		
	cosine power: n =					
	shall not be greater than (<=)					
	Intermediate values					
	Heel arm amplitude					

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships					
3.2.2: Severe wind and rolling					
Wind arm: $a P A (h - H) / (\rho \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$					Pass
constant: a =	0,99966				
wind pressure: P =	504,0	Pa			
area centroid height (from zero point): h =	6,000	m			
additional area: A =	50,000	m <sup>2</sup>			
H = vert. centre of projected lat. v water area	0,978	m			
cosine power: n =	0				
gust ratio	1,5				
Area2 integrated to the lesser of roll back angle from equilibrium (with steady heel arm)	25,0 (-14,6)	deg	-14,6		
Area 1 upper integration range, to the lesser of: spec. heel angle	50,0	deg	50,0		
first downflooding angle	n/a	deg			
angle of vanishing stability (with gust heel arm)	80,8	deg			
Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of: angle of max. GZ	50,9	deg	50,9		
Select required angle for angle of steady heel ratio: Criteria:	DeckEdgeImmersionAngle				Pass
Angle of steady heel shall not be greater than (<=)	16,0	deg	10,4	Pass	+34,77
Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than (<=)	80,00	%	32,49	Pass	+59,39
Area1 / Area2 shall not be less than (>=)	100,00	%	102,10	Pass	+2,10
Intermediate values					
Model windage area	68,884,000	m <sup>2</sup>			
Model windage area centroid height (from zero point)	3,112,000	m			
Total windage area	118,884,000	m <sup>2</sup>			
Total windage area centroid height (from zero point)	4,326,000	m			
Heel arm amplitude	0,125	m			
Equilibrium angle with steady heel arm	10,4	deg	10,4		
Equilibrium angle with gust heel arm	14,4	deg	14,4		
Deck edge immersion angle	32,1	deg	32,1		
Area1 (under GZ), from 14,4 to 50,0 deg.	138,912,0000	m.deg			
Area1 (under HA), from 14,4 to 50,0 deg.	66,879,0000	m.deg			
Area1, from 14,4 to 50,0 deg.	72,033,0000	m.deg			
Area2 (under GZ), from -14,6 to 14,4 deg.	-16,226,0000	m.deg			
Area2 (under HA), from -14,6 to 14,4 deg.	54,327,0000	m.deg			
Area2, from -14,6 to 14,4 deg.	70,553,0000	m.deg			



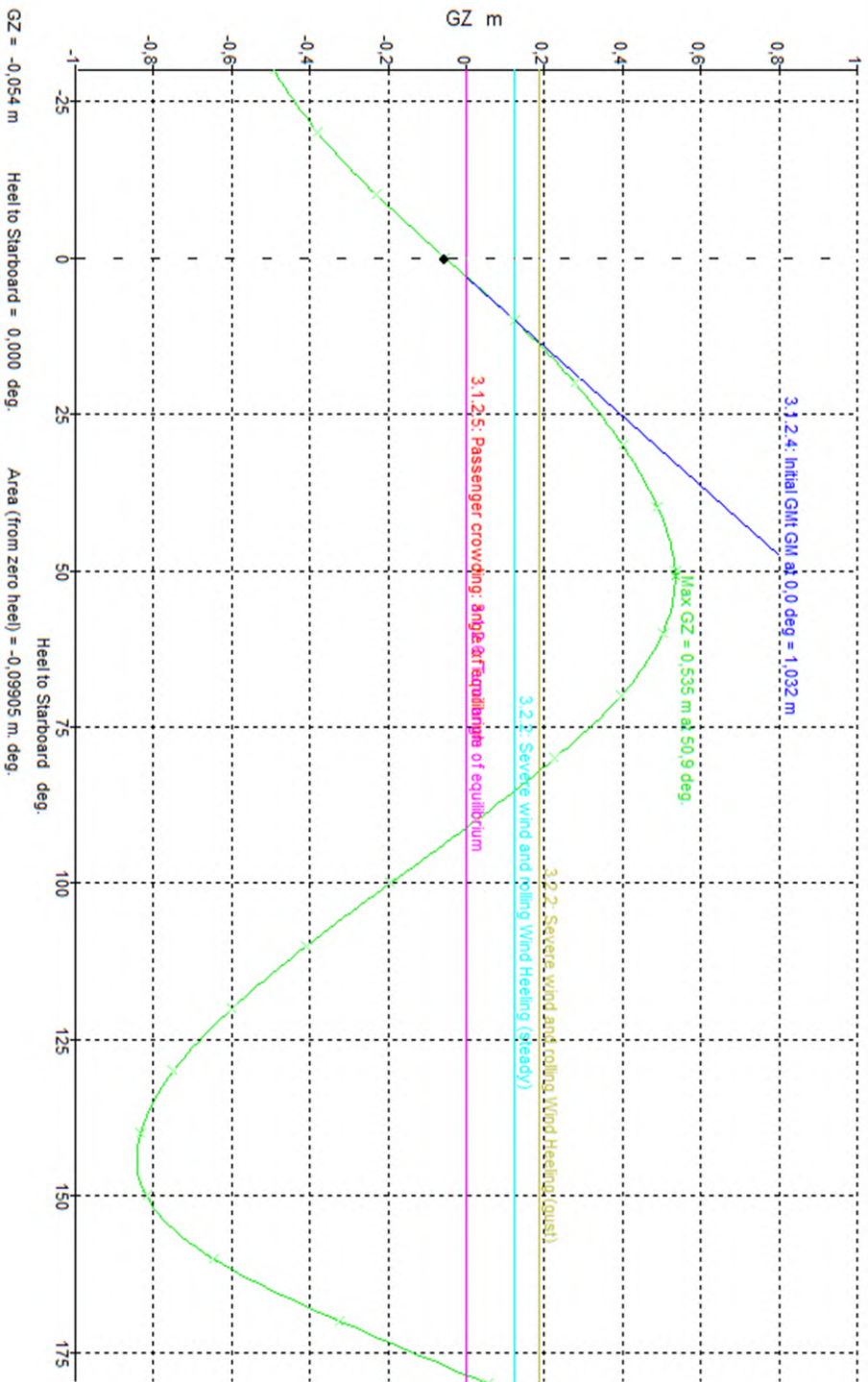
Item Name	Quantity	Unit Mass (Tonne)	Total Mass (Tonne)	Unit Volume (m³)	Total Volume (m³)	Long Arm (m)	Trans. Arm (m)	Vert. Arm (m)	Total FSM (tonne.m)	FSM Type
Lightship	1	107.104	107.104			13.185	0.000	2.287	0.000	User Specified
Deck House A	1	15.6	15.6			12	0.000	5.050	0.000	User Specified
Deck House B	1	1.35	1.35			1.5	0.000	5.050	0.000	User Specified
Machinery	1	2.586	2.586			6.13	0.000	1.850	0.000	User Specified
Equipment & Outfitting	1	31.475	31.475			12.825	0.000	3.000	0.000	User Specified
Pay/Load	1	0.440	0.440			14	0.000	2.300	0.000	User Specified
Passenger	1	3	3			13	3	3	0	User Specified
Fresh Water	98%	1.859	0.930	1.859	0.930	11.495	1.162	1.000	1.046	Maximum
Seawage	98%	1.859	0.930	1.859	0.930	11.495	-1.162	1.000	1.046	Maximum
Total Loadcase			163.414			12.792	0.000	2.690	2.092	
FS correction								0.013		
VCG fluid								2.702		

No	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin (%)
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle	0,0	deg	0,0	Pass	
	angle of vanishing stability shall not be less than (>=)	30,0	deg	30,0		
		91,1	deg			
		3.1513	m.deg	5.7820	Pass	+83,48
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle	0,0	deg	0,0	Pass	
	first downflooding angle angle of vanishing stability shall not be less than (>=)	40,0	deg	40,0		
		n/a	deg			
		91,1	deg			
		5.1566	m.deg	1.0255	Pass	+98,87
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle	30,0	deg	30,0	Pass	
	first downflooding angle angle of vanishing stability shall not be less than (>=)	40,0	deg	40,0		
		n/a	deg			
		91,1	deg			
		1.7189	m.deg	4.4730	Pass	+160,22

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater in the range from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle	30,0	deg	30,0	Pass	
	angle of max. GZ	90,0	deg	50,9	Pass	+167,50
	shall not be less than (>=)	0,200	m	0,535	Pass	
	Intermediate values					
	angle at which this GZ occurs		deg	50,9		
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25,0	deg	50,9	Pass	+103,64
	shall not be less than (>=)				Pass	
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMT	0,0	deg	1,032	Pass	+588,00
	spec. heel angle	0,150	m		Pass	
	shall not be less than (>=)					
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.5: Passenger crowding: angle of equilibrium				Pass	
	Pass. crowding arm = nPass M / disp. D cos^n(phi)	0	tonne			
	number of passengers: npass =	0,075	m			
	passenger mass: M =	0,000	deg	3,0	Pass	+69,71
	distance from centre line: D =	0	m			
	cosine power: n =	10,0	m	0,000		
	shall not be greater than (<=)					
	Intermediate values					
	Heel arm amplitude					
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.6: Turn: angle of equilibrium				Pass	
	Turn arm: a v^2 / (R g) h cos^n(phi)	0,9996	kn			
	constant: a =	0,000	%			
	vessel speed: v =	510,00	m			
	turn radius, R, as percentage of Lwl	1,764	deg	3,0	Pass	+69,71
	h = KG - mean draft / 2	0	m			
	cosine power: n =	10,0	m	0,000		
	shall not be greater than (<=)					
	Intermediate values					
	Heel arm amplitude					



A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.2.2: Severe wind and rolling				Pass	
Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$	constant: a =	0,99966				
wind pressure: P =	area centroid height (from zero point): h =	504,0	Pa			
additional area: A =	H = vert. centre of projected lat. v'water area	6,000	m			
cosine power: n =	gust ratio	50,000	m <sup>2</sup>			
gust ratio	Area2 integrated to the lesser of	0,985	m			
roll back angle from equilibrium (with steady heel arm)	roll back angle from equilibrium (with steady heel arm)	0				
Area 1 upper integration range, to the lesser of:	Area 1 upper integration range, to the lesser of:	1,5				
spec. heel angle	spec. heel angle	25,0 (-14,9)	deg	-14,9		
first downflooding angle	first downflooding angle	50,0	deg	50,0		
angle of vanishing stability (with gust heel arm)	angle of vanishing stability (with gust heel arm)	n/a	deg			
Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of:	Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of:	82,1	deg	82,1		
angle of max. GZ	angle of max. GZ	50,9	deg	50,9		
Select required angle for angle of steady heel ratio:	Select required angle for angle of steady heel ratio:	DeckEdgeImmersionAngle			Pass	
Criteria:	Criteria:					
Angle of steady heel shall not be greater than (<=)	Angle of steady heel shall not be greater than (<=)	16,0	deg	10,1	Pass	+37,06
Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than (<=)	Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than (<=)	80,00	%	31,61	Pass	+60,49
Area1 / Area2 shall not be less than (>=)	Area1 / Area2 shall not be less than (>=)	100,00	%	109,02	Pass	+9,02
Intermediate values	Intermediate values					
Model windage area	Model windage area	68,555	m <sup>2</sup>	68,555		
Model windage area centroid height (from zero point)	Model windage area centroid height (from zero point)	3,118	m	3,118		
Total windage area	Total windage area	118,555	m <sup>2</sup>	118,555		
Total windage area centroid height (from zero point)	Total windage area centroid height (from zero point)	4,333	m	4,333		
Heel arm amplitude	Heel arm amplitude	0,123	m	0,123		
Equilibrium angle with steady heel arm	Equilibrium angle with steady heel arm	10,1	deg	10,1		
Equilibrium angle with gust heel arm	Equilibrium angle with gust heel arm	13,8	deg	13,8		
Deck edge immersion angle	Deck edge immersion angle	31,9	deg	31,9		
Area1 (under GZ), from 13,8 to 50,0 deg.	Area1 (under GZ), from 13,8 to 50,0 deg.	144,905	m.deg	144,905		
Area1 (under HA), from 13,8 to 50,0 deg.	Area1 (under HA), from 13,8 to 50,0 deg.	66,984	m.deg	66,984		
Area1, from 13,8 to 50,0 deg.	Area1, from 13,8 to 50,0 deg.	77,921	m.deg	77,921		
Area2 (under GZ), from -14,9 to 13,8 deg.	Area2 (under GZ), from -14,9 to 13,8 deg.	-18,220	m.deg	-18,220		
Area2 (under HA), from -14,9 to 13,8 deg.	Area2 (under HA), from -14,9 to 13,8 deg.	53,253	m.deg	53,253		
Area2, from -14,9 to 13,8 deg.	Area2, from -14,9 to 13,8 deg.	71,474	m.deg	71,474		



GZ = -0.054 m    Heel to Starboard = 0.000 deg.    Area (from zero heel) = -0.09905 m. deg.

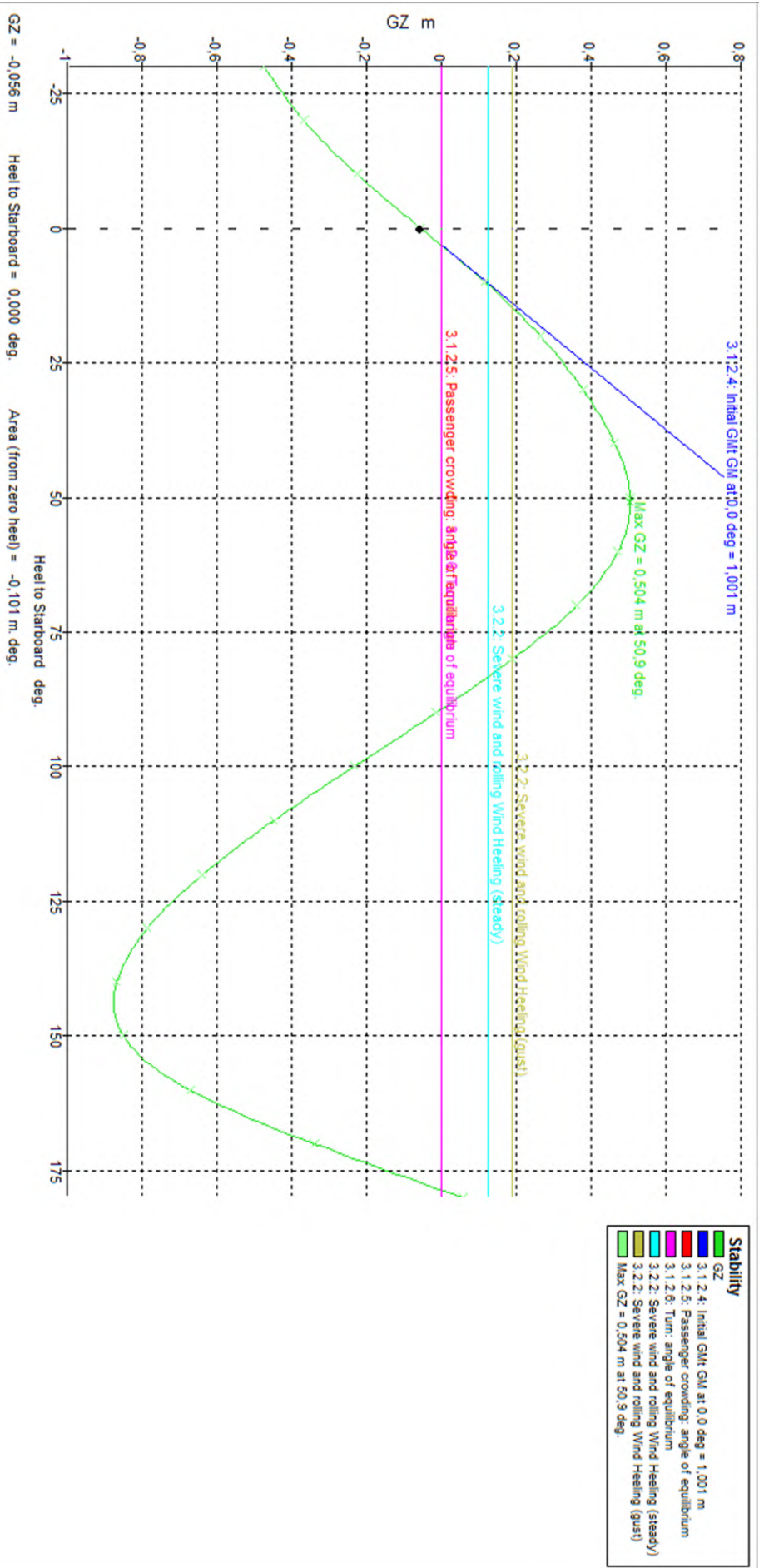
Stability	
<span style="color: green;">█</span>	GZ
<span style="color: blue;">█</span>	3.1.2.4: Initial GMT-GM at 0.0 deg = 1.032 m
<span style="color: red;">█</span>	3.1.2.5: Passenger crowding: angle of equilibrium
<span style="color: cyan;">█</span>	3.1.2.6: Turn: angle of equilibrium
<span style="color: cyan;">█</span>	3.2.2: Severe wind and rolling Wind Heeling (steady)
<span style="color: cyan;">█</span>	3.2.2: Severe wind and rolling Wind Heeling (gust)
<span style="color: yellow;">█</span>	Max GZ = 0.535 m at 50.9 deg.

Item Name	Quantity	Unit Mass (Tonne)	Total Mass (Tonne)	Unit Volume (m³)	Total Volume (m³)	Long Arm (m)	Trans. Arm (m)	Vert. Arm (m)	Total FSM (tonne.m)	FSM Type
Lightship	1	107.104	107.104			13.185	0.000	2.287	0.000	User Specified
Deck House A	1	15.6	15.6			12	0.000	5.050	0.000	User Specified
Deck House B	1	1.35	1.35			1.5	0.000	5.050	0.000	User Specified
Machinery	1	2.586	2.586			6.13	0.000	1.850	0.000	User Specified
Equipment & Outfitting	1	31.475	31.475			12.825	0.000	3.000	0.000	User Specified
Payload	1	0.440	0.440			14	0.000	2.300	0.000	User Specified
Passenger	1	3	3			13	3	3	0	User Specified
Fresh Water	10%	1.859	0.930	1.859	0.930	11.495	1.162	1.000	1.046	Maximum
Seawage	10%	1.859	0.930	1.859	0.930	11.495	-1.162	1.000	1.046	Maximum
Total Loadcase			163.414	3.718	1.859	12.792	0.000	2.690	2.092	
FS correction								0.013		
VCG fluid								2.702		

No	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin (%)
A. 749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1. Area 0 to 30 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle	0,0	deg	0,0	Pass	
	angle of vanishing stability shall not be less than (>=)	3.1513	m.deg	5.4696	Pass	+73,57
A. 749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1. Area 0 to 40 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle	0,0	deg	0,0	Pass	
	first downflooding angle angle of vanishing stability shall not be less than (>=)	40,0 n/a 89,3 5.1566	deg deg deg m.deg	40,0	Pass	+88,04
A. 749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1. Area 30 to 40 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle	30,0	deg	30,0	Pass	
	first downflooding angle angle of vanishing stability shall not be less than (>=)	40,0 n/a 89,3 1.7189	deg deg deg m.deg	40,0	Pass	+145,90

A. 749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater in the range from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle angle of max. GZ shall not be less than (>=) Intermediate values angle at which this GZ occurs		30,0	deg	30,0	Pass	
A. 749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ shall not be less than (>=)		25,0	deg	50,9	Pass	+103,64
A. 749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMT spec. heel angle shall not be less than (>=)		0,0	deg		Pass	
A. 749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMT spec. heel angle shall not be less than (>=)		0,150	m	1,001	Pass	+567,33
A. 749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.5: Passenger crowding: angle of equilibrium Pass. crowding arm = nPass M / disp. D cos^n(phi) number of passengers: nPass = passenger mass: M = distance from centre line: D = cosine power: n = shall not be greater than (<=) Intermediate values Heel arm amplitude		0	tonne		Pass	
			0,075	m			
			0,000	m			
			0	deg	3,2	Pass	+68,17
			10,0	m	0,000		
A. 749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.6: Turn: angle of equilibrium Turn arm: a v^2 / (R g) h cos^n(phi) constant: a = vessel speed: v = turn radius, R, as percentage of Lwl h = KG - mean draft / 2 cosine power: n = shall not be greater than (<=) Intermediate values Heel arm amplitude		0,9996	kn		Pass	
			0,000	%			
			510,00	m			
			1,805	m			
			0	deg	3,2	Pass	+68,17
			10,0	m	0,000		

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.2.2: Severe wind and rolling			Pass	
	Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi h)$				
	constant: a =	0,99966			
	wind pressure: p =	504,0	Pa		
	area centroid height (from zero point): h =	6,000	m		
	additional area: A =	50,000	m <sup>2</sup>		
	H = vert. centre of projected lat. u water area	0,972	m		
	cosine power: n =	0			
	gust ratio	1,5			
	Area2 integrated to the lesser of				
	roll back angle from equilibrium (with steady heel arm)	25,0 (-14,3)	deg	-14,3	
	Area 1 upper integration range, to the lesser of:				
	spec. heel angle	50,0	deg	50,0	
	first downflooding angle	n/a	deg		
	angle of vanishing stability (with gust heel arm)	80,0	deg		
	Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of:				
	angle of max. GZ	50,9	deg	50,9	
	Select required angle for angle of steady heel ratio:				
	Criteria:		Deck edge immersion angle		Pass
	Angle of steady heel shall not be greater than (<=)	16,0	deg	10,7	Pass +33,27
	Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than (<=)	80,00	%	33,01	Pass +58,74
	Area1 / Area2 shall not be less than (>=)	100,00	%	100,10	Pass -2,45
	Intermediate values				
	Model windage area	69,160	m <sup>2</sup>		
	Model windage area centroid height (from zero point)	3,106	m		
	Total windage area	119,160	m <sup>2</sup>		
	Total windage area centroid height (from zero point)	4,321	m		
	Heel arm amplitude	0,127	m		
	Equilibrium angle with steady heel arm	10,7	deg		
	Equilibrium angle with gust heel arm	14,7	deg		
	Deck edge immersion angle	32,3	deg		
	Area1 (under GZ), from 14,7 to 50,0 deg.	135,412	m.deg		
	Area1 (under HA), from 14,7 to 50,0 deg.	66,954	m.deg		
	Area1, from 14,7 to 50,0 deg.	68,458	m.deg		
	Area2 (under GZ), from -14,3 to 14,7 deg.	-14,977	m.deg		
	Area2 (under HA), from -14,3 to 14,7 deg.	55,198	m.deg		
	Area2, from -14,3 to 14,7 deg.	70,175	m.deg		



**Stability**

- █ GZ
- █ 3.1.2.4: Initial GM at 0.0 deg = 1.001 m
- █ 3.1.2.5: Passenger crowding: angle of equilibrium
- █ 3.1.2.6: Turn: angle of equilibrium
- █ 3.2.2: Severe wind and rolling Wind Heeling (Steady)
- █ 3.2.2: Severe wind and rolling Wind Heeling (gust)
- █ Max GZ = 0.504 m at 50.9 deg.

Maxsurf Stability L.C.3

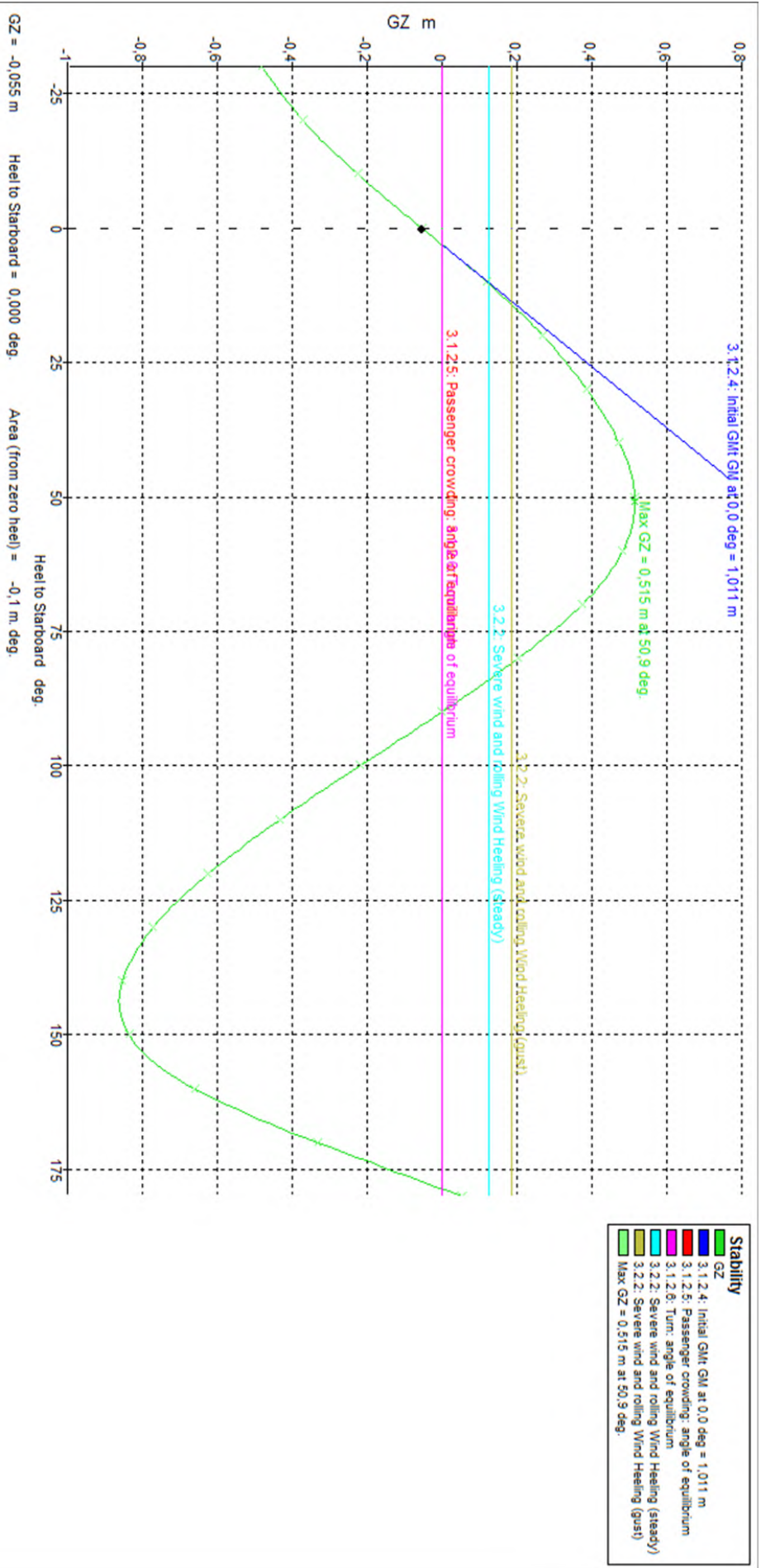
Item Name	Quantity	Unit Mass (Tonne)	Total Mass (Tonne)	Unit Volume (m³)	Total Volume (m³)	Long Arm (m)	Trans. Arm (m)	Vert. Arm (m)	Total FSM (tonne.m)	FSM Type
Lightship	1	107.104	107.104			13.185	0.000	2.287	0.000	User Specified
Deck House A	1	15.6	15.6			12	0.000	5.050	0.000	User Specified
Deck House B	1	1.35	1.35			1.5	0.000	5.050	0.000	User Specified
Machinery	1	2.586	2.586			6.13	0.000	1.850	0.000	User Specified
Equipment & Outfitting	1	31.475	31.475			12.825	0.000	3.000	0.000	User Specified
Payload	1	0.648	0.648			14	0.000	2.300	0.000	User Specified
Passenger	1	3	3			13	3	3	0	User Specified
Fresh Water	50%	1.859	0.930	1.859	0.930	11.496	1.162	1.000	1.046	Maximum
Seawage	50%	1.859	0.930	1.859	0.930	11.496	-1.162	1.000	1.046	Maximum
Total Loadcase			163.622	3.718	1.859	12.794	0.000	2.690	2.092	
FS correction								0.013		
VCG fluid								2.702		



No	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin (%)
A. 749 (18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30 from the greater of spec. heel angle to the lesser of	0,0	deg	0,0	Pass	
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	angle of vanishing stability	89,9	deg			
	shall not be less than (>=)	3.1513	m.deg	5.5809	Pass	+77,10
A. 749 (18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40 from the greater of spec. heel angle to the lesser of	0,0	deg	0,0	Pass	
	spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
	first downflooding angle	n/a	deg			
	angle of vanishing stability	89,9	deg			
	shall not be less than (>=)	5.1566	m.deg	9.8982	Pass	+91,95
A. 749 (18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40 from the greater of spec. heel angle to the lesser of	30,0	deg	30,0	Pass	
	spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
	first downflooding angle	n/a	deg			
	angle of vanishing stability	89,9	deg			
	shall not be less than (>=)	1.7189	m.deg	4.317	Pass	+151,17

A. 749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater In the range from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle angle of max. GZ shall not be less than (>=) Intermediate values angle at which this GZ occurs							Pass		
A. 749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ shall not be less than (>=)					25,0	deg	50,9	Pass	+103,64
A. 749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMT spec. heel angle shall not be less than (>=)					0,0	deg		Pass	
A. 749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMT spec. heel angle shall not be less than (>=)					0,15	m	1,011	Pass	+574,00
A. 749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.5: Passenger crowding: angle of equilibrium Pass. crowding arm = nPass M / disp. D cos^n(phi) number of passengers: nPass = passenger mass: M = distance from centre line: D = cosine power: n = shall not be greater than (<=) Intermediate values Heel arm amplitude					0	tonne		Pass	
A. 749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.5: Passenger crowding: angle of equilibrium Pass. crowding arm = nPass M / disp. D cos^n(phi) number of passengers: nPass = passenger mass: M = distance from centre line: D = cosine power: n = shall not be greater than (<=) Intermediate values Heel arm amplitude					0,075	m		Pass	
A. 749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.5: Passenger crowding: angle of equilibrium Pass. crowding arm = nPass M / disp. D cos^n(phi) number of passengers: nPass = passenger mass: M = distance from centre line: D = cosine power: n = shall not be greater than (<=) Intermediate values Heel arm amplitude					0,000	deg	3,1	Pass	+68,77
A. 749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.5: Passenger crowding: angle of equilibrium Pass. crowding arm = nPass M / disp. D cos^n(phi) number of passengers: nPass = passenger mass: M = distance from centre line: D = cosine power: n = shall not be greater than (<=) Intermediate values Heel arm amplitude					10,0	m	0,000		
A. 749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.6: Turn: angle of equilibrium Turn arm: a v^2 / (R g) h cos^n(phi) constant: a = vessel speed: v = turn radius, R, as percentage of Lwl h = KG - mean draft / 2 cosine power: n = shall not be greater than (<=) Intermediate values Heel arm amplitude								Pass	
A. 749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.6: Turn: angle of equilibrium Turn arm: a v^2 / (R g) h cos^n(phi) constant: a = vessel speed: v = turn radius, R, as percentage of Lwl h = KG - mean draft / 2 cosine power: n = shall not be greater than (<=) Intermediate values Heel arm amplitude					0,9996			Pass	
A. 749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.6: Turn: angle of equilibrium Turn arm: a v^2 / (R g) h cos^n(phi) constant: a = vessel speed: v = turn radius, R, as percentage of Lwl h = KG - mean draft / 2 cosine power: n = shall not be greater than (<=) Intermediate values Heel arm amplitude					0,000	kn			
A. 749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.6: Turn: angle of equilibrium Turn arm: a v^2 / (R g) h cos^n(phi) constant: a = vessel speed: v = turn radius, R, as percentage of Lwl h = KG - mean draft / 2 cosine power: n = shall not be greater than (<=) Intermediate values Heel arm amplitude					510,00	%			
A. 749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.6: Turn: angle of equilibrium Turn arm: a v^2 / (R g) h cos^n(phi) constant: a = vessel speed: v = turn radius, R, as percentage of Lwl h = KG - mean draft / 2 cosine power: n = shall not be greater than (<=) Intermediate values Heel arm amplitude					1,783,00	m			
A. 749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.6: Turn: angle of equilibrium Turn arm: a v^2 / (R g) h cos^n(phi) constant: a = vessel speed: v = turn radius, R, as percentage of Lwl h = KG - mean draft / 2 cosine power: n = shall not be greater than (<=) Intermediate values Heel arm amplitude					0				
A. 749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.6: Turn: angle of equilibrium Turn arm: a v^2 / (R g) h cos^n(phi) constant: a = vessel speed: v = turn radius, R, as percentage of Lwl h = KG - mean draft / 2 cosine power: n = shall not be greater than (<=) Intermediate values Heel arm amplitude					10,0	deg	3,1	Pass	+68,77
A. 749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.6: Turn: angle of equilibrium Turn arm: a v^2 / (R g) h cos^n(phi) constant: a = vessel speed: v = turn radius, R, as percentage of Lwl h = KG - mean draft / 2 cosine power: n = shall not be greater than (<=) Intermediate values Heel arm amplitude							0,000		

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.2.2: Severe wind and rolling			Pass	
Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^2 \alpha (\phi/h)$	constant: a =	0,99966			
Wind pressure: P =	area centroid height (from zero point): h =	504,0	Pa		
additional area: A =	H = vert. centre of projected lat. u/water area	6,000	m		
cosine power: n =	gust ratio	50,000	m <sup>2</sup>		
gust ratio	Area2 integrated to the lesser of	0,979	m		
roll back angle from equilibrium (with steady heel arm)	Area 1 upper integration range, to the lesser of:	0			
spec. heel angle	first downflooding angle	1,5			
angle of vanishing stability (with gust heel arm)	angle of vanishing stability (with gust heel arm)	25,0(-14,6)	deg	-14,6	
Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of:	angle of max. GZ	50,0	deg	50,0	
Select required angle for angle of steady heel ratio:	Criteria:	Deck edge immersion angle		Pass	
Angle of steady heel shall not be greater than (<=)	Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than (<=)	16,0	deg	10,4	Pass +34,82
Area1 / Area2 shall not be less than (>=)	Intermediate values	80,00	%	32,44	Pass +59,45
Model windage area	Model windage area centroid height (from zero point)	100,00	%	102,36	Pass +2,36
Total windage area	Total windage area		m <sup>2</sup>	68,843,000	
Heel arm amplitude	Heel arm amplitude		m	3,112,000	
Equilibrium angle with steady heel arm	Equilibrium angle with steady heel arm		m	118,843,000	
Equilibrium angle with gust heel arm	Equilibrium angle with gust heel arm		m	4,327,000	
Deck edge immersion angle	Deck edge immersion angle		deg	0,125	
Area1 (under GZ), from 14,4 to 50,0 deg.	Area1 (under GZ), from 14,4 to 50,0 deg.		deg	10,4	
Area1 (under HA), from 14,4 to 50,0 deg.	Area1 (under HA), from 14,4 to 50,0 deg.		deg	14,4	
Area1, from 14,4 to 50,0 deg.	Area1, from 14,4 to 50,0 deg.		deg	32,2	
Area2 (under GZ), from -14,6 to 14,4 deg.	Area2 (under GZ), from -14,6 to 14,4 deg.		m.deg	138,951,0000	
Area2 (under HA), from -14,6 to 14,4 deg.	Area2 (under HA), from -14,6 to 14,4 deg.		m.deg	66,798,0000	
Area2, from -14,6 to 14,4 deg.	Area2, from -14,6 to 14,4 deg.		m.deg	72,153,0000	
			m.deg	-16,260,0000	
			m.deg	54,228,0000	
			m.deg	70,488,0000	



**Stability**

- GZ
- 3.1.2.4: Initial GM: GM at 0.0 deg = 1.011 m
- 3.1.2.5: Passenger crowding: angle of equilibrium
- 3.1.2.6: Turn: angle of equilibrium
- 3.2.2: Severe wind and rolling Wind Heeling (steady)
- 3.2.2: Severe wind and rolling Wind Heeling (gust)
- Max GZ = 0.515 m at 50.9 deg.

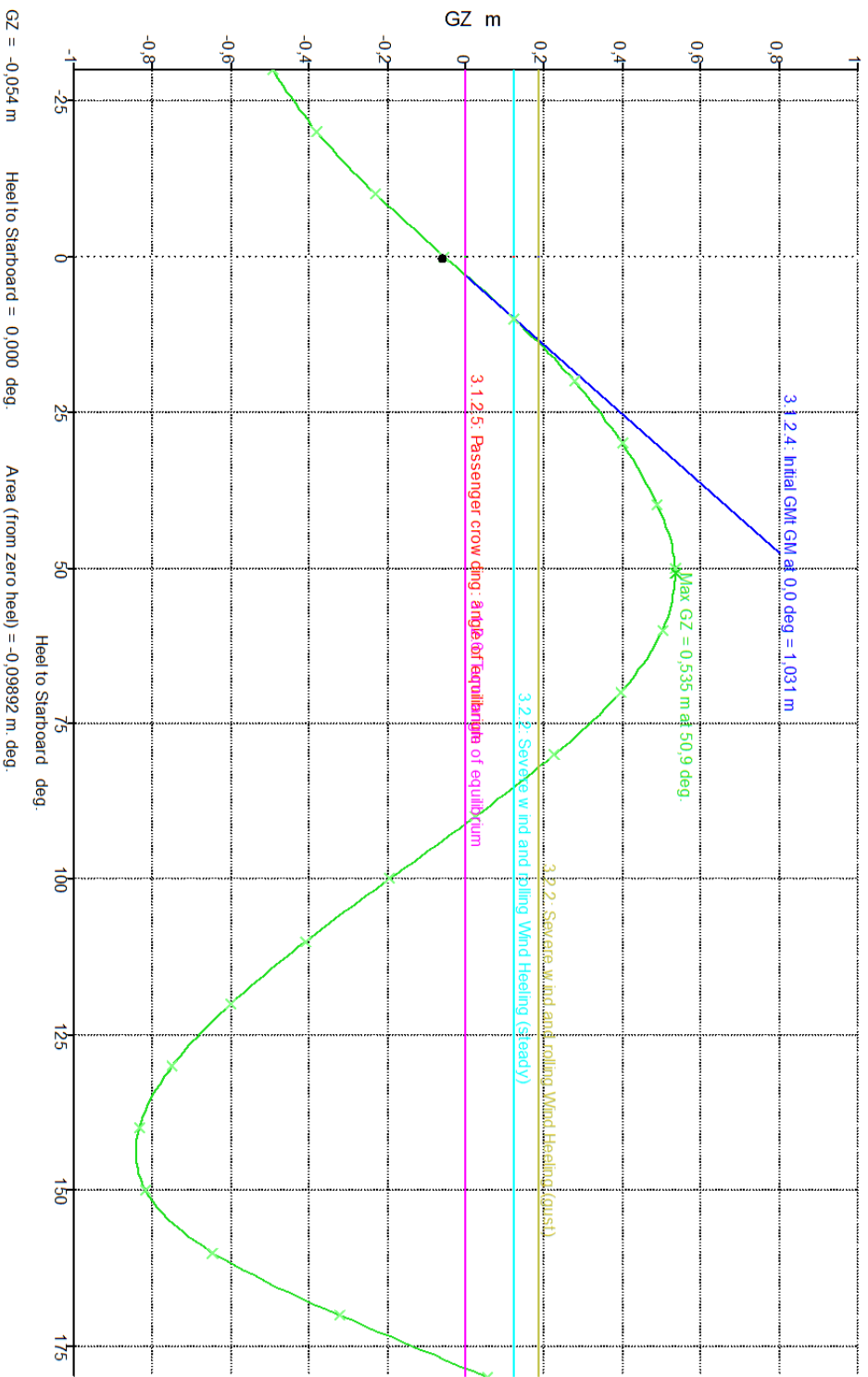
Item Name	Quantity	Unit Mass (Tonne)	Total Mass (Tonne)	Unit Volume (m³)	Total Volume (m³)	Long Arm (m)	Trans. Arm (m)	Vert. Arm (m)	Total FSM (tonne.m)	FSM Type
Lightship	1	107.104	107.104			13.185	0.000	2.287	0.000	User Specified
Deck House A	1	15.6	15.6			12	0.000	5.050	0.000	User Specified
Deck House B	1	1.35	1.35			1.5	0.000	5.050	0.000	User Specified
Machinery	1	2.586	2.586			6.13	0.000	1.850	0.000	User Specified
Equipment & Outfitting	1	31.475	31.475			12.825	0.000	3.000	0.000	User Specified
Payload	1	0.648	0.648			14	0.000	2.300	0.000	User Specified
Passenger	1	3	3			13	3	3	0	User Specified
Fresh Water	98%	1.859	0.930	1.859	0.930	11.496	1.162	1.000	1.046	Maximum
Seawage	98%	1.859	0.930	1.859	0.930	11.496	-1.162	1.000	1.046	Maximum
Total Loadcase			163.622	3.718	1.859	12.794	0.000	2.690	2.092	
FS correction								0.013		
VCG fluid								2.702		

No	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin (%)
A.749 (18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30 from the greater of spec. heel angle to the lesser of	0,0	deg	0,0	Pass	
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	angle of vanishing stability	91,1	deg			
	shall not be less than (>=)	3.151	m.deg	5.781	Pass	+83,43
A.749 (18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40 from the greater of				Pass	
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
	to the lesser of	40,0	deg	40,0		
	spec. heel angle	n/a	deg			
	first downflooding angle	91,1	deg			
	angle of vanishing stability	5.157	m.deg	10.254	Pass	+98,85
A.749 (18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40 from the greater of				Pass	
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	to the lesser of	40,0	deg	40,0		
	spec. heel angle	n/a	deg			
	first downflooding angle	91,1	deg			
	angle of vanishing stability	1.719	m.deg	4.473	Pass	+160,25
	shall not be less than (>=)					

A.749 (18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater in the range from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle	30,0	deg	30,0	Pass	
	angle of max. GZ	90,0	deg	50,9		
	shall not be less than ( $\geq$ )	0,200	m	0,535	Pass	+167,50
	Intermediate values					
	angle at which this GZ occurs		deg	50,9		
A.749 (18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ shall not be less than ( $\geq$ )	25,0	deg	50,9	Pass	+103,64
A.749 (18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMT spec. heel angle shall not be less than ( $\geq$ )	0,0	deg	1,031	Pass	+587,33
		0,150	m			
A.749 (18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.5: Passenger crowding: angle of equilibrium				Pass	
	Pass. crowding arm = nPass M / disp. D cos $\wedge$ (phi)	0				
	number of passengers: nPass =	0,075	tonne			
	passenger mass: M =	0,000	m			
	distance from centre line: D =	0				
	cosine power: n =	10,0	deg	3,0	Pass	+69,72
	shall not be greater than ( $\leq$ )					
	Intermediate values					
	Heel arm amplitude		m	0,000		
A.749 (18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.6: Turn: angle of equilibrium				Pass	
	Turn arm: a v $\wedge$ 2 / (R g) h cos $\wedge$ (phi)	0,9996				
	constant: a =	0,000	kn			
	vessel speed: v =	510,00	%			
	turn radius, R, as percentage of Lwl	1,763	m			
	h = KG - mean draft / 2	0				
	cosine power: n =	10,0	deg	3,0	Pass	+69,72
	shall not be greater than ( $\leq$ )					
	Intermediate values					
	Heel arm amplitude		m	0,000		

A.749(18) C13 - Design criteria applicable to all ships	3.2.2: Severe wind and rolling				Pass	
Wind arm: $a P A (h - H) / (\rho \text{ disp } ) \cos^n(\phi h)$	constant: a =	0,99966				
Wind pressure: P =	area centroid height (from zero point): h =	504,0	Pa			
additional area: A =	H = vert. centre of projected lat. u/water area	6,000	m			
cosine power: n =	gust ratio	50,000	m <sup>2</sup>			
	Area2 integrated to the lesser of	0,986	m			
	roll back angle from equilibrium (with steady heel arm)	0				
	Area 1 upper integration range, to the lesser of:	1,5				
	spec. heel angle	25,0 (-14,9)	deg	-14,9		
	first downflooding angle	50,0	deg	50,0		
	angle of vanishing stability (with gust heel arm)	n/a	deg			
	Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of:	82,2	deg			
	angle of max. GZ	50,9	deg	50,9		
	Select required angle for angle of steady heel ratio:	DeckEdgeImmersionAngle			Pass	
	Criteria:					
	Angle of steady heel shall not be greater than (<=)	16,0	deg	10,1	Pass	+37,11
	Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than (<=)	80,00	%	31,56	Pass	+60,55
	Area1 / Area2 shall not be less than (>=)	100,00	%	109,28	Pass	+9,28
	Intermediate values					
	Model windage area		m <sup>2</sup>	68,513		
	Model windage area centroid height (from zero point)		m	3,118		
	Total windage area		m <sup>2</sup>	118,513		
	Total windage area centroid height (from zero point)		m	4,334		
	Heel arm amplitude		m	0,123		
	Equilibrium angle with steady heel arm		deg	10,1		
	Equilibrium angle with gust heel arm		deg	13,8		
	Deck edge immersion angle		deg	31,9		
	Area1 (under GZ), from 13,8 to 50,0 deg.		m.deg	144,934		
	Area1 (under HA), from 13,8 to 50,0 deg.		m.deg	66,901		
	Area1, from 13,8 to 50,0 deg.		m.deg	78,033		
	Area2 (under GZ), from -14,9 to 13,8 deg.		m.deg	-18,249		
	Area2 (under HA), from -14,9 to 13,8 deg.		m.deg	53,158		
	Area2, from -14,9 to 13,8 deg.		m.deg	71,407		





**Stability**

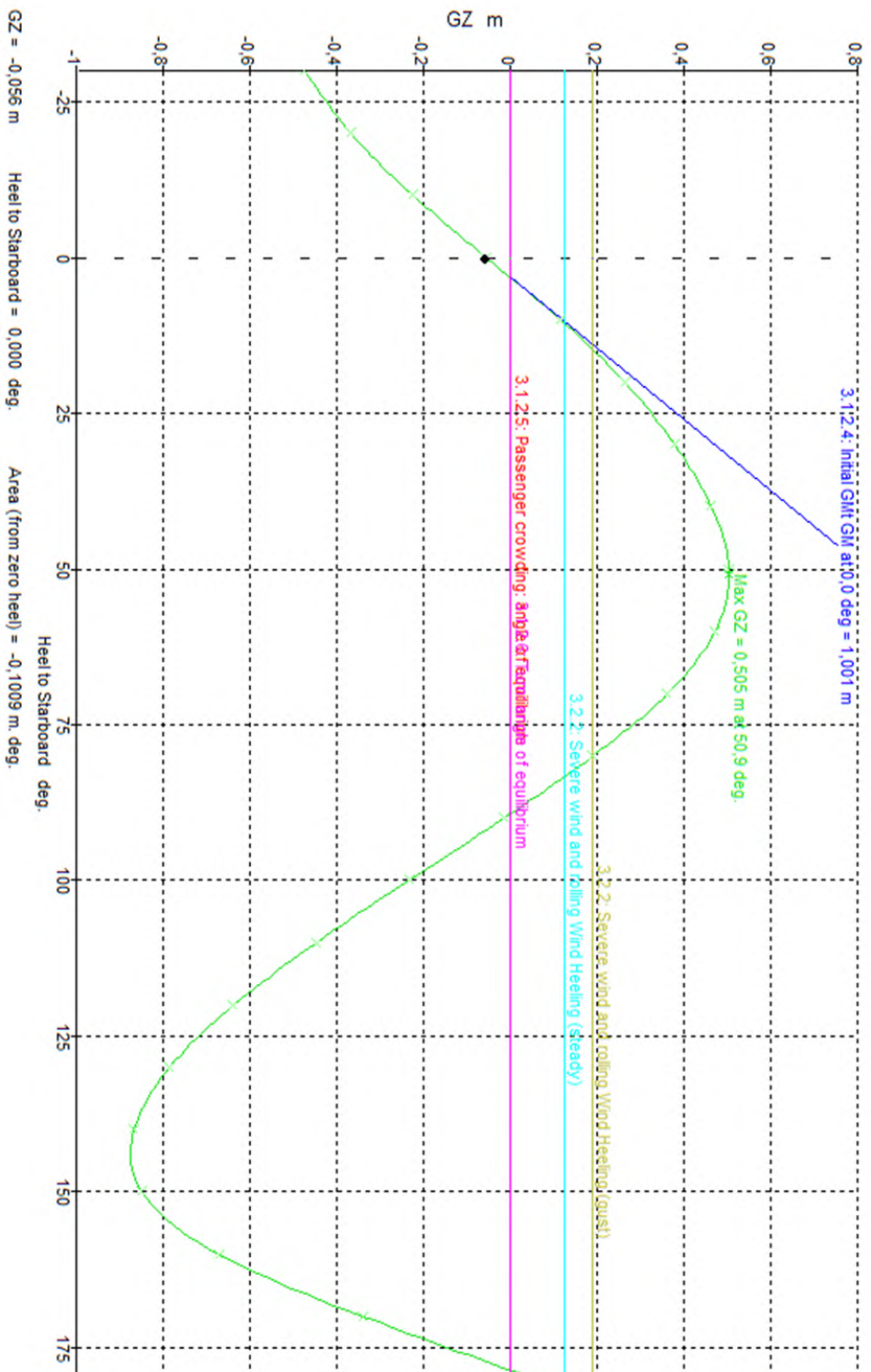
- 1 GZ
- 3.1.2.4 Initial GMT GM at 0.0 deg = 1.031 m
- 3.1.2.5 Passenger crowding angle of equilibrium
- 3.1.2.6 Turn angle of equilibrium
- 3.2.2 Severe wind and rolling Wind Heeling (Steady)
- 3.2.2 Severe wind and rolling Wind Heeling (gust)
- Max GZ = 0.535 m at 50.9 deg

Item Name	Quantity	Unit Mass (Tonne)	Total Mass (Tonne)	Unit Volume (m³)	Total Volume (m³)	Long Arm (m)	Trans. Arm (m)	Vert. Arm (m)	Total FSM (tonne.m)	FSM Type
Lighthouse	1	107.104	107.104			13.185	0.000	2.287	0.000	User Specified
Deck House A	1	15.6	15.6			12	0.000	5.050	0.000	User Specified
Deck House B	1	1.35	1.35			1.5	0.000	5.050	0.000	User Specified
Machinery	1	2.586	2.586			6.13	0.000	1.850	0.000	User Specified
Equipment & Outfitting	1	31.475	31.475			12.825	0.000	3.000	0.000	User Specified
Payload	1	0.648	0.648			14	0.000	2.300	0.000	User Specified
Passenger	1	3	3			13	3	3	0	User Specified
Fresh Water	10%	1.859	0.930	1.859	0.930	11.496	1.162	1.000	1.046	Maximum
Seawage	10%	1.859	0.930	1.859	0.930	11.496	-1.162	1.000	1.046	Maximum
Total Loadcase			163.622	3.718	1.859	12.794	0.000	2.690	2.092	
FS correction								0.013		
VCG fluid								2.702		

No	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin (%)
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30 from the greater of spec. heel angle to the lesser of	0,0	deg	0,0	Pass	
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	angle of vanishing stability	89,3	deg			
	shall not be less than (>=)	3,1513	m.deg	5,4687	Pass	+73,54
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40 from the greater of				Pass	
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
	to the lesser of	40,0	deg	40,0		
	spec. heel angle	n/a	deg			
	first downflooding angle	89,3	deg			
	angle of vanishing stability	5,1566	m.deg	9,6963	Pass	+88,04
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40 from the greater of				Pass	
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	to the lesser of	40,0	deg	40,0		
	spec. heel angle	n/a	deg			
	first downflooding angle	89,3	deg			
	angle of vanishing stability	1,7189	m.deg	4,228	Pass	+145,95

A. 749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater In the range from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle angle of max. GZ shall not be less than (>=) Intermediate values angle at which this GZ occurs							Pass	
A. 749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ shall not be less than (>=)		25,0	deg		50,9		Pass	+103,64
A. 749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMT spec. heel angle shall not be less than (>=)		0,0	deg				Pass	
A. 749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMT spec. heel angle shall not be less than (>=)		0,150	m		1,001		Pass	+567,33
A. 749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.5: Passenger crowding: angle of equilibrium Pass. crowding arm = nPass M / disp. D cos^n(phi) number of passengers: nPass = passenger mass: M = distance from centre line: D = cosine power: n = shall not be greater than (<=) Intermediate values Heel arm amplitude		0 0,075 0,000 0 10,0	tonne m deg				Pass	+68,18
A. 749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.6: Turn: angle of equilibrium Turn arm: a v^2 / (R g) h cos^n(phi) constant: a = vessel speed: v = turn radius, R, as percentage of Lwl h = KG - mean draft / 2 cosine power: n = shall not be greater than (<=) Intermediate values Heel arm amplitude		0,9996 0,000 510,00 1,804 0 10,0	kn % m deg				Pass	+68,18
						0,000			

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.2.2: Severe wind and rolling		Pass	
Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi h)$	Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi h)$			
constant: a =	0,99966			
wind pressure: P =	504,0	Pa		
area centroid height (from zero point): h =	6,000	m		
additional area: A =	50,000	m <sup>2</sup>		
H = vert. centre of projected lat. u'water area	0,973	m		
cosine power: n =	0			
gust ratio	1,5			
Area2 integrated to the lesser of	25,0 (-14,3)	deg	-14,3	
roll back angle from equilibrium (with steady heel arm)				
Area 1 upper integration range, to the lesser of:				
spec. heel angle	50,0	deg	50,0	
first downflooding angle	n/a	deg		
angle of vanishing stability (with gust heel arm)	80,1	deg		
Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of:	50,9	deg	50,9	
angle of max. GZ				
Select required angle for angle of steady heel ratio:	DeckEdgeImmersionAngle		Pass	
Criteria:			Pass	
Angle of steady heel shall not be greater than (<=)	16,0	deg	10,7	+33,33
Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than (<=)	80,00	%	32,95	Pass
Area1 / Area2 shall not be less than (>=)	100,00	%	100,36	Pass
Intermediate values				
Model windage area	69,118	m <sup>2</sup>	3,107	
Model windage area centroid height (from zero point)	119,118	m <sup>2</sup>	4,321	
Total windage area	119,118	m	0,126	
Total windage area centroid height (from zero point)	4,321	m	14,7	
Heel arm amplitude	10,7	deg	32,4	
Equilibrium angle with steady heel arm	14,7	deg	135,459	
Equilibrium angle with gust heel arm	32,4	deg	66,875	
Deck edge immersion angle	135,459	m.deg	68,584	
Area1 (under GZ), from 14,7 to 50,0 deg.	66,875	m.deg	-15,015	
Area1 (under HA), from 14,7 to 50,0 deg.	68,584	m.deg	55,095	
Area1, from 14,7 to 50,0 deg.	-15,015	m.deg	70,111	
Area2 (under GZ), from -14,3 to 14,7 deg.	55,095	m.deg		
Area2 (under HA), from -14,3 to 14,7 deg.	70,111	m.deg		
Area2, from -14,3 to 14,7 deg.				



Stability	
Green	GZ
Blue	3.1.2.4: Initial GMT GM at 0.0 deg = 1.001 m
Magenta	3.1.2.5: Passenger crowding: angle of equilibrium
Cyan	3.1.2.6: Turn: angle of equilibrium
Yellow	3.2.2: Severe wind and rolling Wind Heeling (steady)
Light Green	3.2.2: Severe wind and rolling Wind Heeling (gust)
Dark Green	Max GZ = 0.505 m at 50.9 deg.

Maxsurf Stability L.C.4

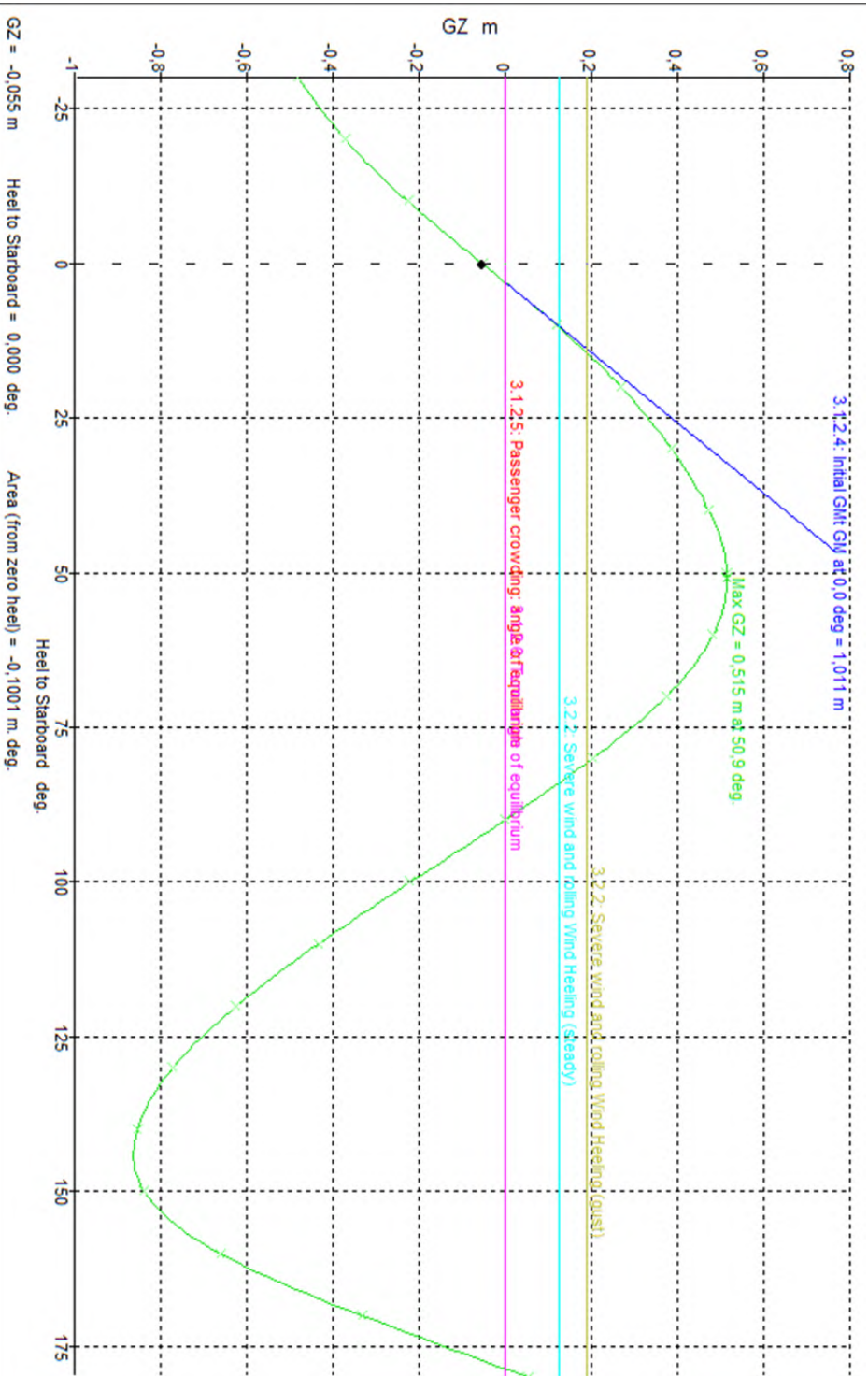
Item Name	Quantity	Unit Mass (Tonne)	Total Mass (Tonne)	Unit Volume (m³)	Total Volume (m³)	Long Arm (m)	Trans. Arm (m)	Vert. Arm (m)	Total FSM (tonne.m)	FSM Type
Lightship	1	107.104	107.104			13.185	0.000	2.287	0.000	User Specified
Deck House A	1	15.6	15.6			12	0.000	5.050	0.000	User Specified
Deck House B	1	1.35	1.35			1.5	0.000	5.050	0.000	User Specified
Machinery	1	2.586	2.586			6.13	0.000	1.850	0.000	User Specified
Equipment & Outfitting	1	31.475	31.475			12.825	0.000	3.000	0.000	User Specified
Payload	1	0.480	0.480			14	0.000	2.300	0.000	User Specified
Passenger	1	3	3			13	3	3	0	User Specified
Fresh Water	50%	1.859	0.930	1.859	0.930	11.496	1.162	1.000	1.046	Maximum
Seawage	50%	1.859	0.930	1.859	0.930	11.496	-1.162	1.000	1.046	Maximum
Total Loadcase			163.454	3.718	1.859	12.793	0.000	2.690	2.092	
FS correction								0.013		
VCG fluid								2.702		

No	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin (%)
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30					
	from the greater of					
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0	Pass	
	to the lesser of					
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	spec. heel angle	30,0	deg	30,0	Pass	
	angle of vanishing stability	89,9	deg			
	shall not be less than (>=)	3.1513	m.deg	5.5819	Pass	+77,13
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40					
	from the greater of					
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0	Pass	
	to the lesser of					
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
	first downflooding angle	n/a	deg			
	angle of vanishing stability	89,9	deg			
	shall not be less than (>=)	5.1566	m.deg	9.8987	Pass	+91,96
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40					
	from the greater of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0	Pass	
	to the lesser of					
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
	first downflooding angle	n/a	deg			
	angle of vanishing stability	89,9	deg			
	shall not be less than (>=)	1.7189	m.deg	4.317	Pass	+151,14



A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater In the range from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle angle of max. GZ shall not be less than (>=) Intermediate values angle at which this GZ occurs								Pass	
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ shall not be less than (>=)					25,0	deg	50,9	Pass	+103,64
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMT spec. heel angle shall not be less than (>=)					0,0	deg		Pass	
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.5: Passenger crowding: angle of equilibrium Pass. crowding arm = nPass M / disp. D cos^n(phi) number of passengers: nPass = passenger mass: M = distance from centre line: D = cosine power: n = shall not be greater than (<=) Intermediate values Heel arm amplitude					0 0,075 0,000 0 10,0	tonne m deg		Pass	+574,00    +68,76
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.6: Turn: angle of equilibrium Turn arm: a v^2 / (Rg) h cos^n(phi) constant: a = vessel speed: v = turn radius, R, as percentage of Lwl h = KG - mean draft / 2 cosine power: n = shall not be greater than (<=) Intermediate values Heel arm amplitude					0,9996 0,000 510,00 1,784,000 0 10,0	kn % m deg		Pass	
								0,000		+68,76

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.2.2: Severe wind and rolling			Pass	
Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$	constant: a =	0,99966	Pa		
wind pressure: P =	area centroid height (from zero point): h =	504,0	m		
additional area: A =	H = vert. centre of projected lat. u/water area	6,000	m		
cosine power: n =	gust ratio	50,000	m <sup>2</sup>		
gust ratio	Area2 integrated to the lesser of	0,978	m		
roll back angle from equilibrium (with steady heel arm)	Area 1 upper integration range, to the lesser of:	0			
Area 1 upper integration range, to the lesser of:	spec. heel angle	1,5			
spec. heel angle	first downflooding angle	25,0 (-14,6)	deg	-14,6	
angle of vanishing stability (with gust heel arm)	angle of vanishing stability (with gust heel arm)	50,0	deg	50,0	
angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of:	angle of max. GZ	n/a	deg		
angle of max. GZ	Select required angle for angle of steady heel ratio:	80,8	deg		
Select required angle for angle of steady heel ratio:	Criteria:	50,9	deg	50,9	
Criteria:	Angle of steady heel shall not be greater than ( $\leq$ )	DeckEdgeImmersionAngle		Pass	
Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than ( $\leq$ )	Area1 / Area2 shall not be less than ( $\geq$ )	16,0	deg	10,4	Pass
Area1 / Area2 shall not be less than ( $\geq$ )	Intermediate values	80,00	%	32,48	Pass
Intermediate values	Model windage area	100,00	%	102,15	Pass
Model windage area	Model windage area centroid height (from zero point)		m <sup>2</sup>	68.877.000	
Model windage area centroid height (from zero point)	Total windage area		m	3.112.000	
Total windage area	Total windage area centroid height (from zero point)		m <sup>2</sup>	118.877.000	
Total windage area centroid height (from zero point)	Heel arm amplitude		m	4.327.000	
Heel arm amplitude	Equilibrium angle with steady heel arm		m	0,125	
Equilibrium angle with steady heel arm	Equilibrium angle with gust heel arm		deg	10,4	
Equilibrium angle with gust heel arm	Deck edge immersion angle		deg	14,4	
Deck edge immersion angle	Area1 (under GZ), from 14,4 to 50,0 deg.		deg	32,1	
Area1 (under GZ), from 14,4 to 50,0 deg.	Area1 (under HA), from 14,4 to 50,0 deg.		m.deg	138.922.0000	
Area1 (under HA), from 14,4 to 50,0 deg.	Area1, from 14,4 to 50,0 deg.		m.deg	66.864.0000	
Area1, from 14,4 to 50,0 deg.	Area2 (under GZ), from -14,6 to 14,4 deg.		m.deg	72.058.0000	
Area2 (under GZ), from -14,6 to 14,4 deg.	Area2 (under HA), from -14,6 to 14,4 deg.		m.deg	-16.234.0000	
Area2 (under HA), from -14,6 to 14,4 deg.	Area2, from -14,6 to 14,4 deg.		m.deg	54.308.0000	
Area2, from -14,6 to 14,4 deg.			m.deg	70.542.0000	



GZ = -0.055 m    Heel to Starboard = 0.000 deg.    Area (from zero heel) = -0.1001 m. deg.

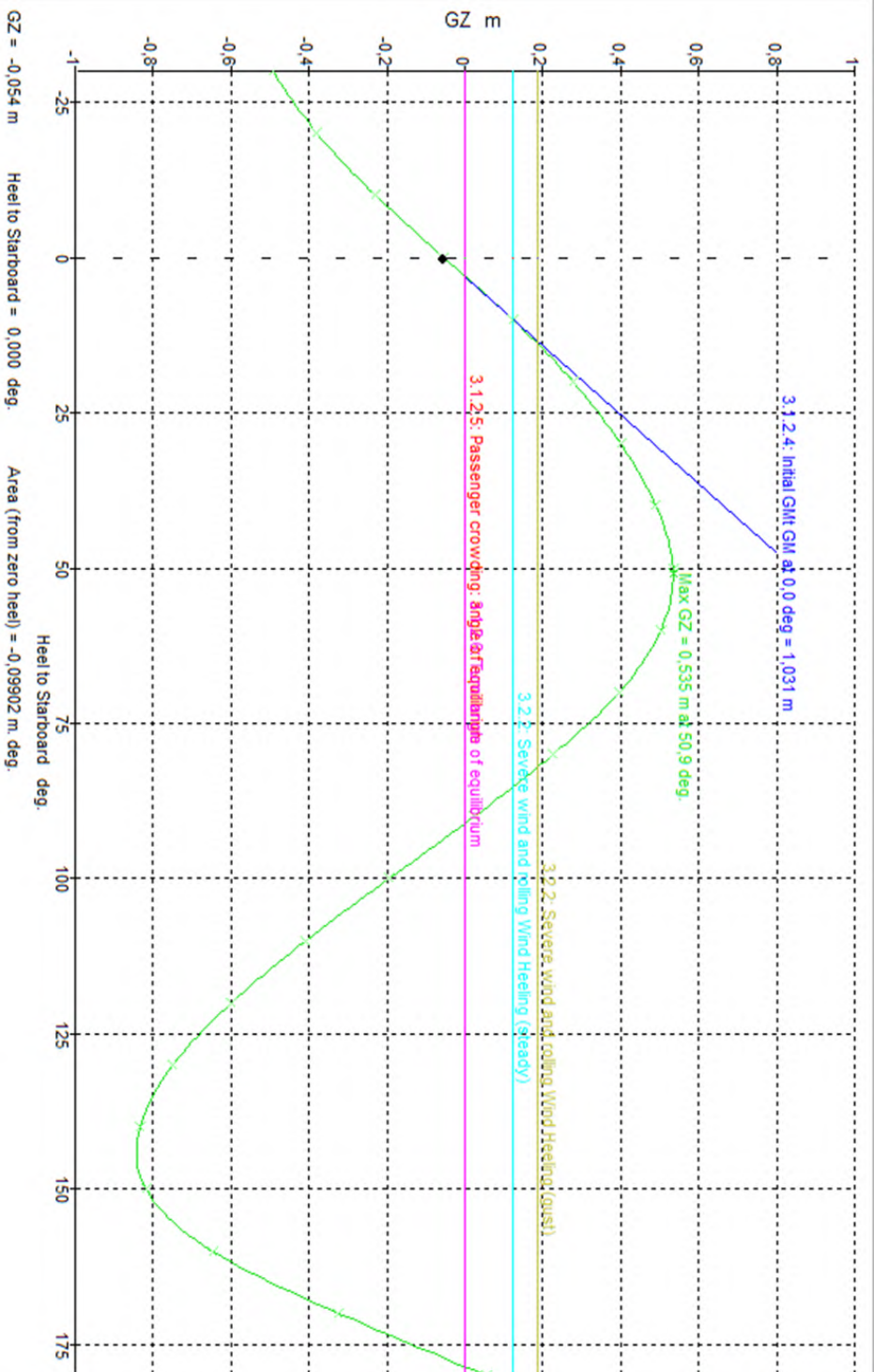
Stability	
Green line	GZ
Blue line	3.1.2.4: Initial GM at 0.0 deg = 1.011 m
Red line	3.1.2.5: Passenger crowding: angle of equilibrium
Cyan line	3.1.2.6: Turn: angle of equilibrium
Magenta line	3.2.2: Severe wind and rolling Wind Heeling (steady)
Yellow line	3.2.2: Severe wind and rolling Wind Heeling (gust)
Green text	Max GZ = 0.515 m at 50.9 deg.

Item Name	Quantity	Unit Mass (Tonne)	Total Mass (Tonne)	Unit Volume (m³)	Total Volume (m³)	Long Arm (m)	Trans. Arm (m)	Vert. Arm (m)	Total FSM (tonne.m)	FSM Type
Lightship	1	107.104	107.104			13.185	0.000	2.287	0.000	User Specified
Deck House A	1	15.6	15.6			12	0.000	5.050	0.000	User Specified
Deck House B	1	1.35	1.35			1.5	0.000	5.050	0.000	User Specified
Machinery	1	2.586	2.586			6.13	0.000	1.850	0.000	User Specified
Equipment & Outfitting	1	31.475	31.475			12.825	0.000	3.000	0.000	User Specified
Payload	1	0.480	0.480			14	0.000	2.300	0.000	User Specified
Passenger	1	3	3			13	3	3	0	User Specified
Fresh Water	98%	1.859	0.930	1.859	0.930	11.496	1.162	1.000	1.046	Maximum
Seawage	98%	1.859	0.930	1.859	0.930	11.496	-1.162	1.000	1.046	Maximum
Total Loadcase			163.454	3.718	1.859	12.793	0.000	2.690	2.092	
FS correction								0.013		
VCG fluid								2.702		

No	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin (%)
A. 749(18) CH3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30					
	from the greater of					
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0	Pass	
	to the lesser of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
A. 749(18) CH3 - Design criteria applicable to all ships	angle of vanishing stability	91,1	deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	3.1513	m.deg	5.7818	Pass	+83,47
A. 749(18) CH3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40					
	from the greater of					
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
A. 749(18) CH3 - Design criteria applicable to all ships	first downflooding angle	n/a	deg			
	angle of vanishing stability	91,1	deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	5.1566	m.deg	1.0255	Pass	+98,87
A. 749(18) CH3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40					
	from the greater of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
A. 749(18) CH3 - Design criteria applicable to all ships	first downflooding angle	n/a	deg			
	angle of vanishing stability	91,1	deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	1.7189	m.deg	4.4731	Pass	+160,23

A. 749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2.: Max GZ at 30 or greater in the range from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle angle of max. GZ shall not be less than ( $\geq$ ) Intermediate values angle at which this GZ occurs							Pass	
A. 749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ shall not be less than ( $\geq$ )	25,0	deg	50,9	Pass	+103,64			
A. 749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMT spec. heel angle shall not be less than ( $\geq$ )	0,0	deg	1,031	Pass	+587,33			
A. 749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.5: Passenger crowding: angle of equilibrium Pass. crowding arm = $n \text{Pass} M / \text{disp. } D \cdot \cos^n(\phi)$ number of passengers: $n \text{Pass} =$ passenger mass: $M =$ distance from centre line: $D =$ cosine power: $n =$ shall not be greater than ( $\leq$ ) Intermediate values Heel arm amplitude	0 0,075 0,000 0 10,0	tonne m deg		Pass		+69,71		
A. 749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.6: Turn: angle of equilibrium Turn arm: $a \sqrt{v^2 / (R g)} h \cos^n(\phi)$ constant: $a =$ vessel speed: $v =$ turn radius, $R$ , as percentage of $Lwl$ $h = KG - \text{mean draft} / 2$ cosine power: $n =$ shall not be greater than ( $\leq$ ) Intermediate values Heel arm amplitude	0,9996 0,000 510,00 1,764 0 10,0	 kn % m deg		Pass		3,0	Pass	+69,71
				0,000					

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.2.2: Severe wind and rolling			Pass	
Wind arm: $a P A (h - H) / (\rho \text{ disp.}) \cos^n(\phi h)$	Wind arm: $a P A (h - H) / (\rho \text{ disp.}) \cos^n(\phi h)$				
constant: a =	constant: a =	0,99966			
wind pressure: P =	wind pressure: P =	504,0	Pa		
area centroid height (from zero point): h =	area centroid height (from zero point): h =	6,000	m		
additional area: A =	additional area: A =	50,000	m <sup>2</sup>		
H = vert. centre of projected lat. u water area	H = vert. centre of projected lat. u water area	0,985	m		
cosine power: n =	cosine power: n =	0			
gust ratio	gust ratio	1,5			
Area2 integrated to the lesser of	Area2 integrated to the lesser of				
roll back angle from equilibrium (with steady heel arm)	roll back angle from equilibrium (with steady heel arm)	25,0 (-14,9)	deg	-14,9	
Area 1 upper integration range, to the lesser of:	Area 1 upper integration range, to the lesser of:				
spec. heel angle	spec. heel angle	50,0	deg	50,0	
first downflooding angle	first downflooding angle	n/a	deg		
angle of vanishing stability (with gust heel arm)	angle of vanishing stability (with gust heel arm)	82,2	deg		
Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of:	Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of:	50,9	deg	50,9	
angle of max. GZ	angle of max. GZ				
Select required angle for angle of steady heel ratio:	Select required angle for angle of steady heel ratio:	DeckEdgeImmersionAngle		Pass	
Criteria:	Criteria:			Pass	
Angle of steady heel shall not be greater than (<=)	Angle of steady heel shall not be greater than (<=)	16,0	deg	10,1	+37,06
Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than (<=)	Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than (<=)	80,00	%	31,60	+60,50
Area1 / Area2 shall not be less than (>=)	Area1 / Area2 shall not be less than (>=)	100,00	%	109,07	+9,07
Intermediate values	Intermediate values				
Model windage area	Model windage area	68,547	m <sup>2</sup>	68,547	
Model windage area centroid height (from zero point)	Model windage area centroid height (from zero point)	3,118	m	3,118	
Total windage area	Total windage area	118,547	m <sup>2</sup>	118,547	
Total windage area centroid height (from zero point)	Total windage area centroid height (from zero point)	4,333	m	4,333	
Heel arm amplitude	Heel arm amplitude	0,123	m	0,123	
Equilibrium angle with steady heel arm	Equilibrium angle with steady heel arm	10,1	deg	10,1	
Equilibrium angle with gust heel arm	Equilibrium angle with gust heel arm	13,8	deg	13,8	
Deck edge immersion angle	Deck edge immersion angle	31,9	deg	31,9	
Area1 (under GZ), from 13,8 to 50,0 deg.	Area1 (under GZ), from 13,8 to 50,0 deg.	144,913	m.deg	144,913	
Area1 (under HA), from 13,8 to 50,0 deg.	Area1 (under HA), from 13,8 to 50,0 deg.	66,969	m.deg	66,969	
Area1, from 13,8 to 50,0 deg.	Area1, from 13,8 to 50,0 deg.	77,944	m.deg	77,944	
Area2 (under GZ), from -14,9 to 13,8 deg.	Area2 (under GZ), from -14,9 to 13,8 deg.	-18,227	m.deg	-18,227	
Area2 (under HA), from -14,9 to 13,8 deg.	Area2 (under HA), from -14,9 to 13,8 deg.	53,235	m.deg	53,235	
Area2, from -14,9 to 13,8 deg.	Area2, from -14,9 to 13,8 deg.	71,461	m.deg	71,461	



**Stability**

- GZ
- 3.1.2.4: Initial GM at 0.0 deg = 1.031 m
- 3.1.2.5: Passenger crowding: angle of equilibrium
- 3.1.2.6: Turn: angle of equilibrium
- 3.2.2: Severe wind and rolling Wind Heeling (steady)
- 3.2.2: Severe wind and rolling Wind Heeling (gust)
- Max GZ = 0.535 m at 50.9 deg.

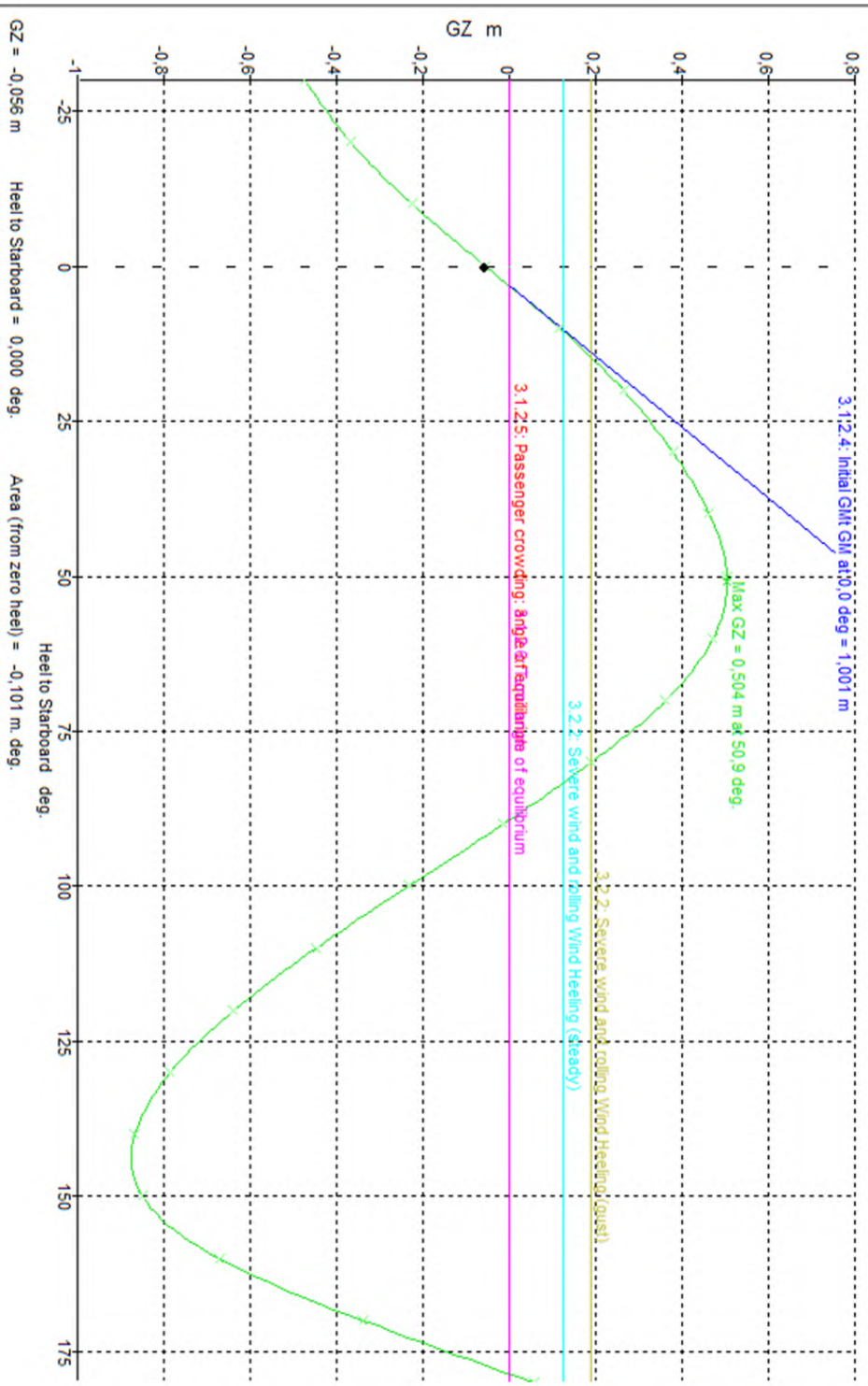


Item Name	Quantity	Unit Mass (Tonne)	Total Mass (Tonne)	Unit Volume (m <sup>3</sup> )	Total Volume (m <sup>3</sup> )	Long Arm (m)	Trans. Arm (m)	Vert. Arm (m)	Total FSM (tonne.m)	FSM Type
Lightship	1	107.104	107.104			13.185	0.000	2.287	0.000	User Specified
Deck House A	1	15.6	15.6			12	0.000	5.050	0.000	User Specified
Deck House B	1	1.35	1.35			1.5	0.000	5.050	0.000	User Specified
Machinery	1	2.586	2.586			6.13	0.000	1.850	0.000	User Specified
Equipment & Outfitting	1	31.475	31.475			12.825	0.000	3.000	0.000	User Specified
Payload	1	0.480	0.480			14	0.000	2.300	0.000	User Specified
Passenger	1	3	3			13	3	3	0	User Specified
Fresh Water	10%	1.859	0.930	1.859	0.930	11.496	1.162	1.000	1.046	Maximum
Seawage	10%	1.859	0.930	1.859	0.930	11.496	-1.162	1.000	1.046	Maximum
Total Loadcase			163.454	3.718	1.859	12.793	0.000	2.690	2.092	
FS correction								0.013		
VCG fluid								2.702		

No	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin (%)
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30 from the greater of spec. heel angle to the lesser of	0,0	deg	0,0	Pass	
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	angle of vanishing stability	89,3	deg			
	shall not be less than (>=)	3.1513	m.deg	5.4696	Pass	+73,57
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40 from the greater of	0,0	deg	0,0	Pass	
	spec. heel angle to the lesser of	40,0	deg	40,0		
	spec. heel angle	n/a	deg			
	first downflooding angle angle of vanishing stability	89,3	deg			
	shall not be less than (>=)	5.1566	m.deg	9.6966	Pass	+88,04
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40 from the greater of	30,0	deg	30,0	Pass	
	spec. heel angle to the lesser of	40,0	deg	40,0		
	spec. heel angle	n/a	deg			
	first downflooding angle angle of vanishing stability	89,3	deg			
	shall not be less than (>=)	1.719	m.deg	4.227	Pass	+145,92

A. 749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater in the range from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle	30,0	deg	30,0	Pass	
	angle of max. GZ	90,0	deg	50,9		
	shall not be less than (>=)	0,200	m	0,504	Pass	+152,00
	Intermediate values					
	angle at which this GZ occurs		deg	50,9		
A. 749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ shall not be less than (>=)	25,0	deg	50,9	Pass	+103,64
A. 749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMT spec. heel angle shall not be less than (>=)	0,0	deg	1,001	Pass	+567,33
A. 749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.5: Passenger crowding: angle of equilibrium				Pass	
	Pass. crowding arm = nPass M / disp. D cos^n(phi)	0				
	number of passengers: nPass =	0,075	tonne			
	passenger mass: M =	0,000	m			
	distance from centre line: D =	0				
	cosine power: n =	10,0	deg	3,2	Pass	+68,17
	shall not be greater than (<=)					
	Intermediate values					
	Heel arm amplitude		m	0,000		
A. 749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.6: Turn: angle of equilibrium				Pass	
	Turn arm: $a \cdot v^2 / (R \cdot g) \cdot h \cdot \cos^n(\phi h)$					
	constant: a =	0,9996				
	vessel speed: v =	0,000	kn			
	turn radius, R, as percentage of Lwl	510,00	%			
	h = KG - mean draft / 2	1,805	m			
	cosine power: n =	0				
	shall not be greater than (<=)	10,0	deg	3,2	Pass	+68,17
	Intermediate values					
	Heel arm amplitude		m	0,000		

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.2.2: Severe wind and rolling				Pass	
Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$	constant: a =	0,99966	Pa			
wind pressure: P =	area centroid height (from zero point): h =	504,0	m			
additional area: A =	H = vert. centre of projected lat. u/Water area	50,000	m <sup>2</sup>			
cosine power: n =	gust ratio	0,972	m			
	Area2 integrated to the lesser of	0	1,5			
	roll back angle from equilibrium (with steady heel arm)	25,0 (-14,3)	deg	-14,3		
	Area 1 upper integration range, to the lesser of:					
	spec. heel angle	50,0	deg	50,0		
	first downflooding angle	n/a	deg			
	angle of vanishing stability (with gust heel arm)	80,0	deg			
	Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of:	50,9	deg	50,9		
	angle of max. GZ					
	Select required angle for angle of steady heel ratio:	DeckEdgeImmersionAngle			Pass	
	Criteria:					
	Angle of steady heel shall not be greater than (<=)	16,0	deg	10,7	Pass	+33,29
	Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than (<=)	80,00	%	33,00	Pass	+58,75
	Area1 / Area2 shall not be less than (>=)	100,00	%	100,15	Pass	-2,39
	Intermediate values					
	Model windage area		m <sup>2</sup>	69,152		
	Model windage area centroid height (from zero point)		m	3,107		
	Total windage area		m <sup>2</sup>	119,152		
	Heel arm amplitude		m	4,321		
	Equilibrium angle with steady heel arm		deg	0,127		
	Equilibrium angle with gust heel arm		deg	10,7		
	Deck edge immersion angle		deg	14,7		
	Area1 (under GZ), from 14,7 to 50,0 deg.		m.deg	135,424		
	Area1 (under HA), from 14,7 to 50,0 deg.		m.deg	66,939		
	Area1, from 14,7 to 50,0 deg.		m.deg	68,484		
	Area2 (under GZ), from -14,3 to 14,7 deg.		m.deg	-14,985		
	Area2 (under HA), from -14,3 to 14,7 deg.		m.deg	55,178		
	Area2, from -14,3 to 14,7 deg.		m.deg	70,164		



Stability	
Green line	GZ
Blue line	3.1.2.4: Initial GMT GM at 0.0 deg = 1,001 m
Red line	3.1.2.5: Passenger crowding: angle of equilibrium
Magenta line	3.1.2.6: Turn: angle of equilibrium
Cyan line	3.2.2: Severe wind and rolling Wind Heeling (steady)
Yellow line	3.2.2: Severe wind and rolling Wind Heeling (Gust)
Green dot	Max GZ = 0,504 m at 50,9 deg.

Maxsurf Stability L.C.5

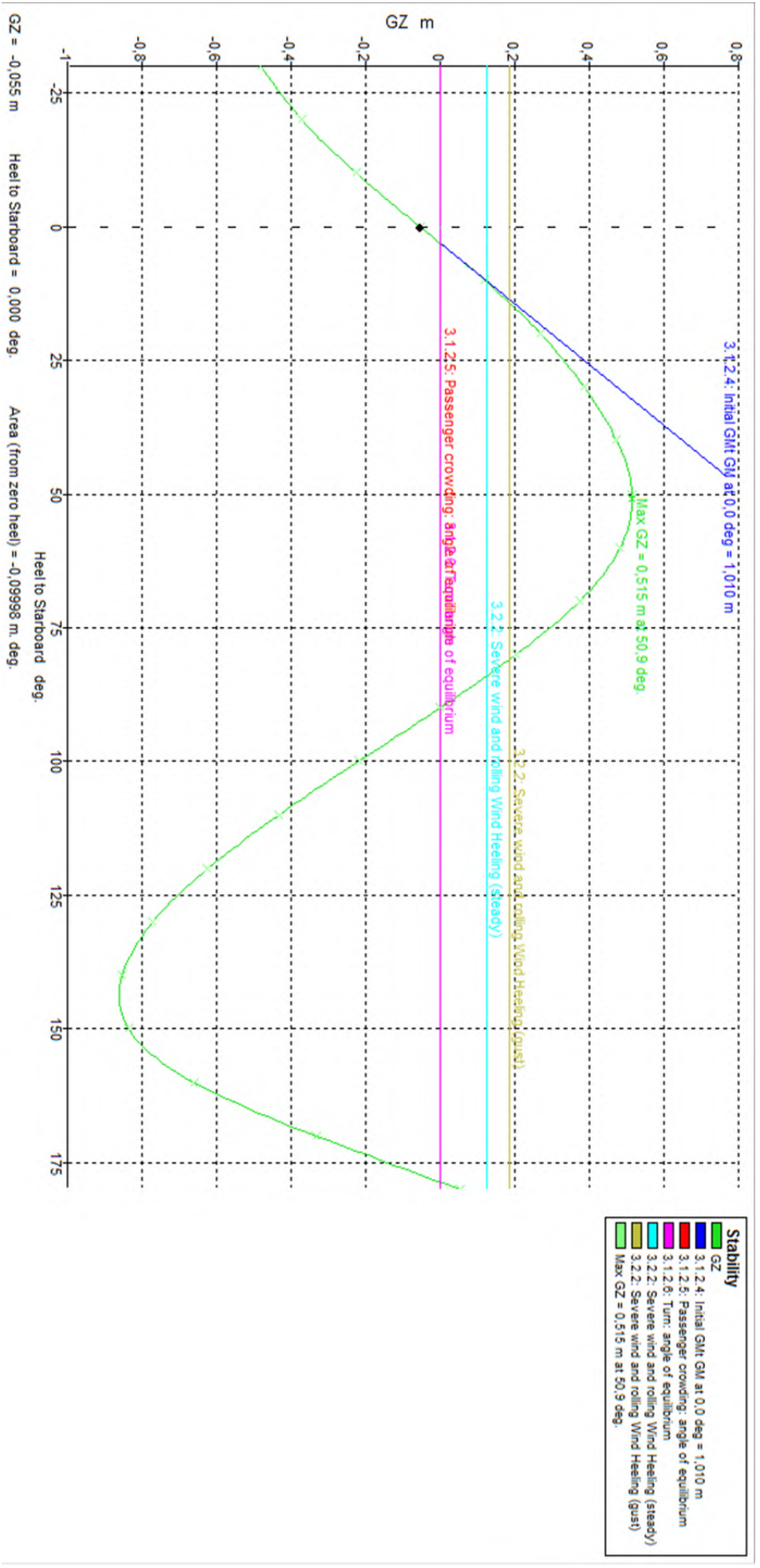
Item Name	Quantity	Unit Mass (Tonne)	Total Mass (Tonne)	Unit Volume (m³)	Total Volume (m³)	Long Arm (m)	Trans. Arm (m)	Vert. Arm (m)	Total FSM (tonne.m)	FSM Type
Lighthouse	1	107.104	107.104			13.185	0.000	2.287	0.000	User Specified
Deck House A	1	15.6	15.6			12	0.000	5.050	0.000	User Specified
Deck House B	1	1.35	1.35			1.5	0.000	5.050	0.000	User Specified
Machinery	1	2.586	2.586			6.13	0.000	1.850	0.000	User Specified
Equipment & Outfitting	1	31.475	31.475			12.825	0.000	3.000	0.000	User Specified
Payload	1	0.688	0.688			14	0.000	2.300	0.000	User Specified
Passenger	1	3	3			13	3	3	0	User Specified
Fresh Water	50%	1.859	0.930	1.859	0.930	11.496	1.162	1.000	1.046	Maximum
Seawage	50%	1.859	0.930	1.859	0.930	11.496	-1.162	1.000	1.046	Maximum
Total Loadcase			163.662	3.718	1.859	12.794	0.000	2.689	2.092	
FS correction								0.013		
VCG fluid								2.702		

No	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin (%)
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
	to the lesser of					
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	angle of vanishing stability	90,0	deg			
	shall not be less than (>=)	3.1513	m.deg	5.5808	Pass	+77,09
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
	first downflooding angle	n/a	deg			
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	angle of vanishing stability	90,0	deg			
	shall not be less than (>=)	5.1566	m.deg	9.8983	Pass	+91,95
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	first downflooding angle	n/a	deg			
	angle of vanishing stability	90,0	deg			
	shall not be less than (>=)	1.7189	m.deg	4.318	Pass	+151,18

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater in the range from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle angle of max. GZ shall not be less than (>=) Intermediate values angle at which this GZ occurs							Pass	
			30,0	deg	30,0				
			90,0	deg		50,9		Pass	
			50,9	deg		0,515		Pass	+157,50
			0,200	m					
				deg		50,9			
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ shall not be less than (>=)							Pass	
			25,0	deg		50,9		Pass	+103,64
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt spec. heel angle shall not be less than (>=)							Pass	
			0,0	deg		1,010		Pass	+573,33
			0,150	m					
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.5: Passenger crowding: angle of equilibrium Pass. crowding arm = nPass M / disp. D.cos^n(phi) number of passengers: nPass = passenger mass: M = distance from centre line: D = cosine power: n = shall not be greater than (<=) Intermediate values Heel arm amplitude							Pass	
			0						
			0,075	tonne					
			0,000	m					
			0						
			10,0	deg		3,1		Pass	+68,78
				m		0,000			
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.6: Turn: angle of equilibrium Turn arm: a v^2 / (R g) h cos^n(phi) constant: a = vessel speed: v = turn radius, R, as percentage of Lwl h = KG - mean draft / 2 cosine power: n = shall not be greater than (<=) Intermediate values Heel arm amplitude							Pass	
			0,9996						
			0,000	kn					
			510,00	%					
			1,783,000	m					
			0						
			10,0	deg		3,1		Pass	+68,78
				m		0,000			



A.749 (18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.2.2: Severe wind and rolling		Pass	
Wind arm: a P A (h - H) / (g disp.) cos^n(phi)	constant: a =	0,99966		Pass
wind pressure: P =	area centroid height (from zero point): h =	504,0	Pa	
additional area: A =	H = vert. centre of projected lat. u'water area	6,000	m	
cosine power: n =	gust ratio	50,000	m^2	
Area2 integrated to the lesser of	roll back angle from equilibrium (with steady heel arm)	0,979	m	
Area 1 upper integration range, to the lesser of:	Area 1 upper integration range, to the lesser of:	0		
spec: heel angle	first downflooding angle	1,5	deg	
angle of vanishing stability (with gust heel arm)	angle of vanishing stability (with gust heel arm)	25,0 (-14,6)	deg	-14,6
Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of:	angle of max. GZ	50,0	deg	50,0
Select required angle for angle of steady heel ratio:	Criteria:	n/a	deg	
Angle of steady heel shall not be greater than (<=)	Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than (<=)	80,8	deg	50,9
Area1 / Area2 shall not be less than (>=)	Intermediate values	50,9	deg	50,9
Model windage area	Model windage area	Deck edge immersion angle	Angle	Pass
Model windage area centroid height (from zero point)	Model windage area	16,0	deg	Pass
Total windage area	Total windage area	80,00	%	Pass
Total windage area centroid height (from zero point)	Total windage area centroid height (from zero point)	100,00	%	Pass
Heel arm amplitude	Heel arm amplitude	68,835,000	m^2	
Equilibrium angle with steady heel arm	Equilibrium angle with steady heel arm	3,113,000	m	
Equilibrium angle with gust heel arm	Equilibrium angle with gust heel arm	118,835,000	m^2	
Deck edge immersion angle	Deck edge immersion angle	4,327,000	m	
Area1 (under GZ), from 14,4 to 50,0 deg.	Area1 (under GZ), from 14,4 to 50,0 deg.	0,125	m	
Area1 (under HA), from 14,4 to 50,0 deg.	Area1 (under HA), from 14,4 to 50,0 deg.	138,961,0000	m.deg	
Area2 (under GZ), from -14,6 to 14,4 deg.	Area2 (under GZ), from -14,6 to 14,4 deg.	66,783,0000	m.deg	
Area2 (under HA), from -14,6 to 14,4 deg.	Area2 (under HA), from -14,6 to 14,4 deg.	72,178,0000	m.deg	
Area2, from -14,6 to 14,4 deg.	Area2, from -14,6 to 14,4 deg.	-16,268,0000	m.deg	
		54,208,0000	m.deg	
		70,476,0000	m.deg	

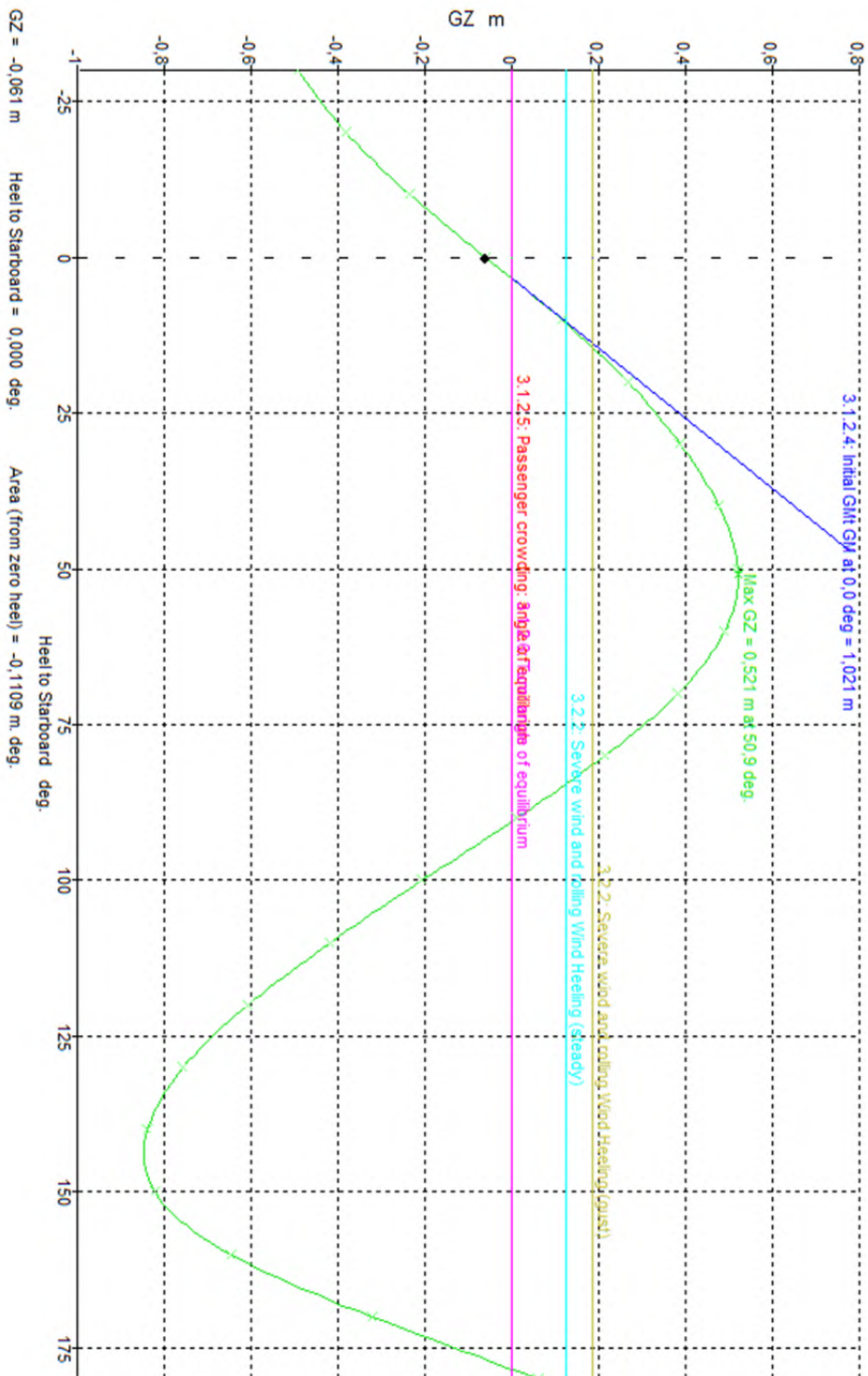


Item Name	Quantity	Unit Mass (Tonne)	Total Mass (Tonne)	Unit Volume (m³)	Total Volume (m³)	Long Arm (m)	Trans. Arm (m)	Vert. Arm (m)	Total FSM (tonne.m)	FSM Type
Lightship	1	107.104	107.104			13.185	0.000	2.287	0.000	User Specified
Deck House A	1	15.6	15.6			12	0.000	5.050	0.000	User Specified
Deck House B	1	1.35	1.35			1.5	0.000	5.050	0.000	User Specified
Machinery	1	2.586	2.586			6.13	0.000	1.850	0.000	User Specified
Equipment & Outfitting	1	31.475	31.475			12.825	0.000	3.000	0.000	User Specified
Payload	1	0.688	0.688			14	0.000	2.300	0.000	User Specified
Passenger	1	3	3			13	3	3	0	User Specified
Fresh Water	98%	1.859	0.930	1.859	0.930	11.496	1.162	1.000	1.046	Maximum
Seawage	98%	1.859	0.930	1.859	0.930	11.496	-1.162	1.000	1.046	Maximum
Total Loadcase			163.662	3.718	1.859	12.794	0.000	2.689	2.092	
FS correction								0.013		
VCG fluid								2.702		

No	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin (%)
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle	0,0	deg	0,0	Pass	
	angle of vanishing stability	30,0	deg	30,0		
	shall not be less than (>=)	90,5	deg			
		3.1513	m.deg	5.5006	Pass	+74,55
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle	0,0	deg	0,0	Pass	
	first downflooding angle	40,0	deg	40,0		
	angle of vanishing stability	n/a	deg			
	shall not be less than (>=)	90,5	deg			
		5.1566	m.deg	9.8450	Pass	+90,92
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle	30,0	deg	30,0	Pass	
	first downflooding angle	40,0	deg	40,0		
	angle of vanishing stability	n/a	deg			
	shall not be less than (>=)	90,5	deg			
		1.7189	m.deg	4.344	Pass	+152,74

A. 749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater in the range from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle angle of max. GZ shall not be less than (>=) Intermediate values angle at which this GZ occurs					30,0 deg	30,0 deg	Pass						
A. 749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ shall not be less than (>=)					25,0 deg	50,9 deg	Pass	+103,64					
A. 749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMT spec. heel angle shall not be less than (>=)					0,0 deg	1,021 m	Pass	+580,67					
A. 749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.5: Passenger crowding: angle of equilibrium Pass. crowding arm = nPass M / disp. D.cos^n(phi) number of passengers: nPass = passenger mass: M = distance from centre line: D = cosine power: n = shall not be greater than (<=) Intermediate values Heel arm amplitude					0,075 tonne	0,000 m	0	3,4 deg	Pass	+65,71			
A. 749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.6: Turn: angle of equilibrium Turn arm: a v^2 / (R g) h cos^n(phi) constant: a = vessel speed: v = turn radius, R, as percentage of Lwl h = KG - mean draft / 2 cosine power: n = shall not be greater than (<=) Intermediate values Heel arm amplitude					0,9996	0,000 km	510,00 %	1,773,000 m	0	10,0 deg	3,4	Pass	+65,71
									0,000 m					

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.2.2: Severe wind and rolling				Pass	
Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi h)$	constant: a =	0,99966				
wind pressure: P =	area centroid height (from zero point): h =	504,0	Pa			
additional area: A =	H = vert. centre of projected lat. u' water area	6,000	m			
cosine power: n =	gust ratio	50,000	m <sup>2</sup>			
Area2 integrated to the lesser of	roll back angle from equilibrium (with steady heel arm)	0,982	m			
Area 1 upper integration range, to the lesser of:	spec. heel angle	0				
first downflooding angle	angle of vanishing stability (with gust heel arm)	1,5	deg	-14,4		
angle of vanishing stability (with gust heel arm)	Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of:	25,0 (-14,4)	deg	-14,4		
angle of max. GZ	Select required angle for angle of steady heel ratio:	50,9	deg	50,9	Pass	
Criteria:	Angle of steady heel shall not be greater than (<=)	DeckEdgeImmersionAngle			Pass	
Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than (<=)	Area1 / Area2 shall not be less than (>=)	16,0	deg	10,6	Pass	+33,66
Intermediate values	Model windage area	80,00	%	33,14	Pass	+58,58
Model windage area	Model windage area centroid height (from zero point)	100,00	%	103,30	Pass	+3,30
Total windage area	Total windage area centroid height (from zero point)		m <sup>2</sup>	68.670.000		
Heel arm amplitude	Equilibrium angle with steady heel arm		m	3.116.000		
Equilibrium angle with gust heel arm	Deck edge immersion angle		m <sup>2</sup>	118.670.000		
Area1 (under GZ), from 14,5 to 50,0 deg.	Area1 (under HA), from 14,5 to 50,0 deg.		m	4.331.000		
Area1 (under HA), from 14,5 to 50,0 deg.	Equilibrium angle with steady heel arm		m	0,124		
Area1, from 14,5 to 50,0 deg.	Deck edge immersion angle		deg	10,6		
Area2 (under GZ), from -14,4 to 14,5 deg.	Area1 (under GZ), from 14,5 to 50,0 deg.		deg	14,5		
Area2 (under HA), from -14,4 to 14,5 deg.	Area1, from 14,5 to 50,0 deg.		deg	32,0		
Area2, from -14,4 to 14,5 deg.	Area2 (under GZ), from -14,4 to 14,5 deg.		m.deg	139,371.0000		
	Area2 (under HA), from -14,4 to 14,5 deg.		m.deg	66,119.0000		
	Area2, from -14,4 to 14,5 deg.		m.deg	73,253.0000		
			m.deg	-17,214.0000		
			m.deg	53,699.0000		
			m.deg	70,913.0000		



Stability	
█	GZ
█	3.1.2.4: Initial GMt (GZ) at 0.0 deg = 1.021 m
█	3.1.2.5: Passenger crowding; angle of equilibrium
█	3.1.2.6: Turn; angle of equilibrium
█	3.2.2: Severe wind and rolling Wind Heeling (steady)
█	3.2.2: Severe wind and rolling Wind Heeling (gust)
█	Max GZ = 0.521 m at 50.9 deg.

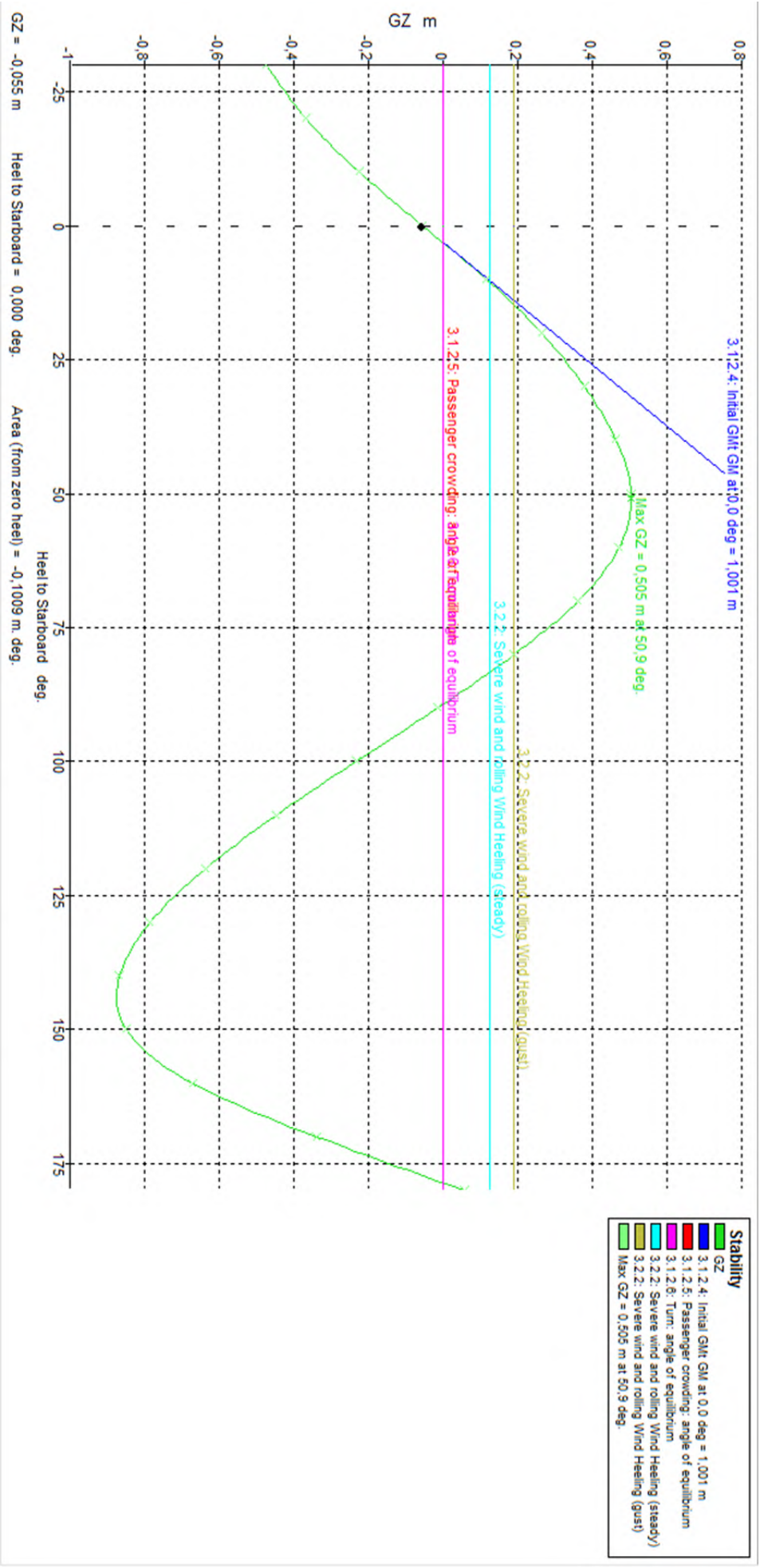
Item Name	Quantity	Unit Mass (Tonne)	Total Mass (Tonne)	Unit Volume (m³)	Total Volume (m³)	Long Arm (m)	Trans. Arm (m)	Vert. Arm (m)	Total FSM (tonne.m)	FSM Type
Lightship	1	107.104	107.104			13.185	0.000	2.287	0.000	User Specified
Deck House A	1	15.6	15.6			12	0.000	5.050	0.000	User Specified
Deck House B	1	1.35	1.35			1.5	0.000	5.050	0.000	User Specified
Machinery	1	2.586	2.586			6.13	0.000	1.850	0.000	User Specified
Equipment & Outfitting	1	31.475	31.475			12.825	0.000	3.000	0.000	User Specified
Payload	1	0.688	0.688			14	0.000	2.300	0.000	User Specified
Passenger	1	3	3			13	3	3	0	User Specified
Fresh Water	10%	1.859	0.930	1.859	0.930	11.496	1.162	1.000	1.046	Maximum
Seawage	10%	1.859	0.930	1.859	0.930	11.496	-1.162	1.000	1.046	Maximum
Total Loadcase			163.662	3.718	1.859	12.794	0.000	2.689	2.092	
FS correction								0.013		
VCG fluid								2.702		



No		Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin (%)
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships		3.1.2.1: Area 0 to 30 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle	0,0	deg	0,0	Pass	
		angle of vanishing stability	30,0	deg	30,0		
		shall not be less than (>=)	89,3	deg		Pass	+73,54
			3.1513	m.deg	5.4687		
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships		3.1.2.1: Area 0 to 40 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle	0,0	deg	0,0	Pass	
		first downflooding angle	40,0	deg	40,0		
		angle of vanishing stability	n/a	deg			
		shall not be less than (>=)	89,3	deg		Pass	+88,04
			5.1566	m.deg	9.6965		
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships		3.1.2.1: Area 30 to 40 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle	30,0	deg	30,0	Pass	
		first downflooding angle	40,0	deg	40,0		
		angle of vanishing stability	n/a	deg			
		shall not be less than (>=)	89,3	deg		Pass	+145,96
			1.7189	m.deg	4.228		

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater in the range from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle	30,0	deg	30,0	Pass	
	angle of max. GZ	90,0	deg	50,9	Pass	
	shall not be less than (>=)	0,200	m	0,505	Pass	+152,50
	Intermediate values					
	angle at which this GZ occurs		deg	50,9		
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ				Pass	
	shall not be less than (>=)	25,0	deg	50,9	Pass	+103,64
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMT				Pass	
	spec. heel angle	0,0	deg		Pass	
	shall not be less than (>=)	0,150	m	1,001	Pass	+567,33
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.5: Passenger crowding: angle of equilibrium				Pass	
	Pass. crowding arm = nPass M / disp. D cos^n(phi)					
	number of passengers: nPass =	0				
	passenger mass: M =	0,075	tonne			
	distance from centre line: D =	0,000	m			
	cosine power: n =	0				
	shall not be greater than (<=)	10,0	deg	3,2	Pass	+68,18
	Intermediate values					
	Heel arm amplitude		m	0,000		
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.6: Turn: angle of equilibrium				Pass	
	Turn arm: a v^2 / (R g) h cos^n(phi)					
	constant: a =	0,9996				
	vessel speed: v =	0,000	kn			
	turn radius, R, as percentage of Lwl	510,00	%			
	h = KG - mean draft / 2	1,803,000	m			
	cosine power: n =	0				
	shall not be greater than (<=)	10,0	deg	3,2	Pass	+68,18
	Intermediate values					
	Heel arm amplitude		m	0,000		

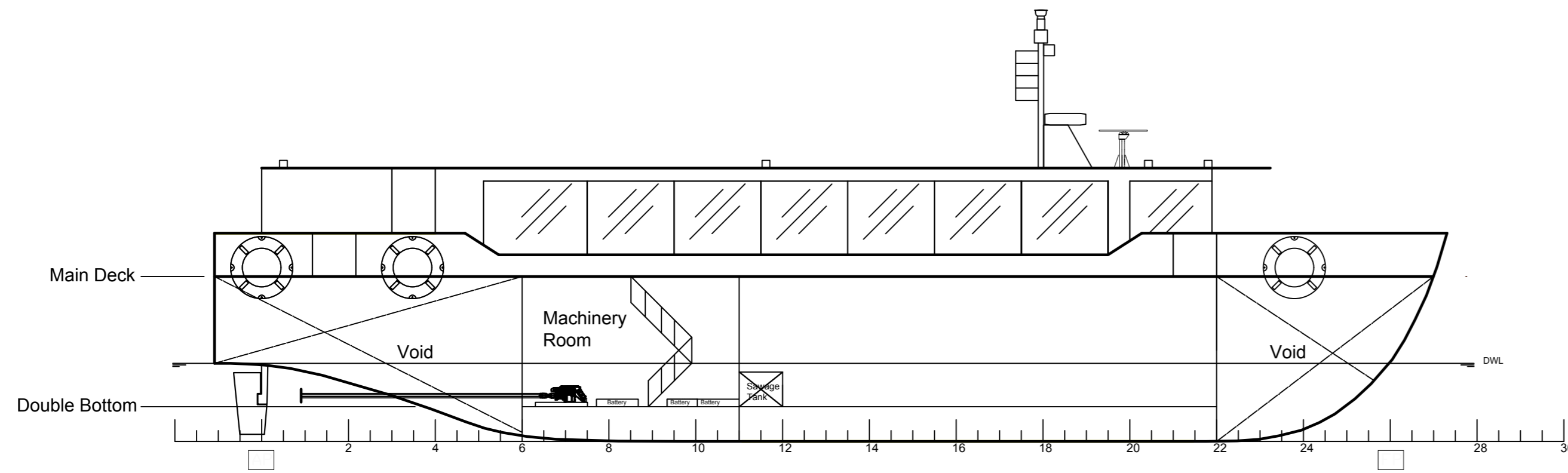
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.2.2: Severe wind and rolling			Pass	
Wind arm: a P A (h - H) / (g disp.) cos <sup>n</sup> (phi)	constant: a =	0,99966			
wind pressure: p =	area centroid height (from zero point): h =	504,0	Pa		
additional area: A =	H = vert. centre of projected lat. u water area	6,000	m		
cosine power: n =	gust ratio	50,000	m <sup>v2</sup>		
Area2 integrated to the lesser of	roll back angle from equilibrium (with steady heel arm)	0,973	m		
Area 1 upper integration range, to the lesser of:	spec. heel angle	0			
first downflooding angle	angle of vanishing stability (with gust heel arm)	1,5	deg		
angle of vanishing stability (with gust heel arm)	Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of:	25,0(-14,3)	deg	-14,3	
angle of max: GZ	Select required angle for angle of steady heel ratio:	50,0	deg	50,0	
Criteria:	Angle of steady heel shall not be greater than (<=)	DeckEdgeImmersionAngle	deg	Pass	+33,34
Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than (<=)	Area1 / Area2 shall not be less than (>=)	16,0	deg	10,7	Pass
intermediate values	Model windage area	80,00	%	32,94	Pass
Model windage area	Total windage area centroid height (from zero point)	100,00	%	100,41	Pass
Total windage area	Heel arm amplitude		m <sup>v2</sup>	69,110,000	
Total windage area centroid height (from zero point)	Equilibrium angle with steady heel arm		m	3,107,000	
Heel arm amplitude	Equilibrium angle with gust heel arm		m	4,322,000	
Equilibrium angle with steady heel arm	Deck edge immersion angle		m	0,126	
Equilibrium angle with gust heel arm	Area1 (under GZ), from 14,7 to 50,0 deg.		deg	10,7	
Deck edge immersion angle	Area1 (under HA), from 14,7 to 50,0 deg.		deg	14,7	
Area1 (under GZ), from 14,7 to 50,0 deg.	Area1, from 14,7 to 50,0 deg.		deg	32,4	
Area1 (under HA), from 14,7 to 50,0 deg.	Area2 (under GZ), from -14,3 to 14,7 deg.		m.deg	135,470,0000	
Area2 (under GZ), from -14,3 to 14,7 deg.	Area2 (under HA), from -14,3 to 14,7 deg.		m.deg	66,860,0000	
Area2 (under HA), from -14,3 to 14,7 deg.	Area2, from -14,3 to 14,7 deg.		m.deg	68,610,0000	
Area2, from -14,3 to 14,7 deg.			m.deg	-15,023,0000	
			m.deg	55,075,0000	
				70,099,0000	



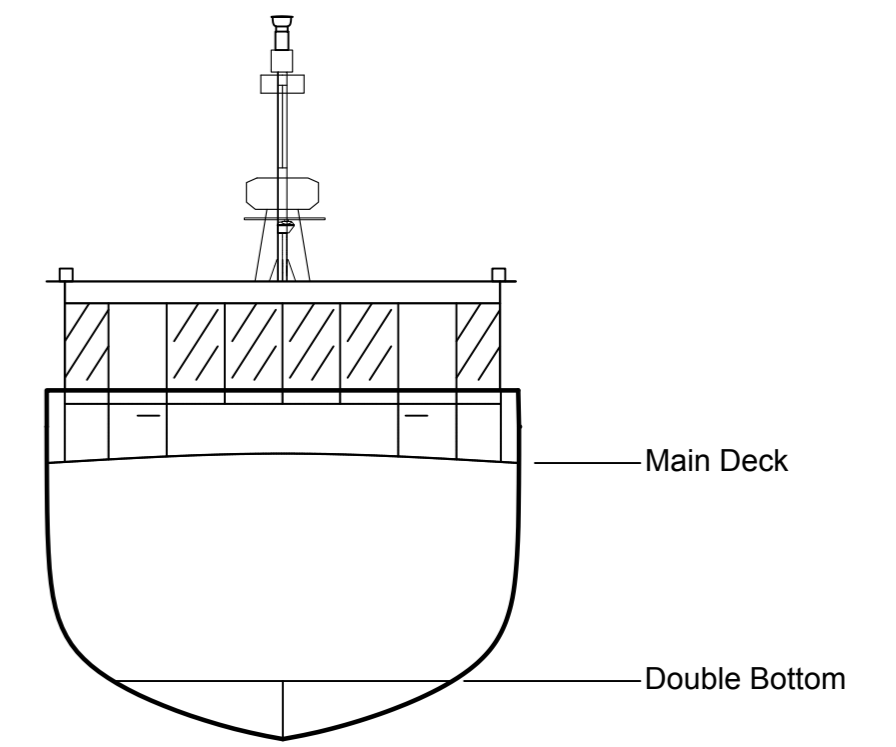
**LAMPIRAN 3**  
**GAMBAR RENCANA GARIS, RENCANA UMUM, *FIRE &***  
***SAFETY PLAN* DAN MODEL 3D**



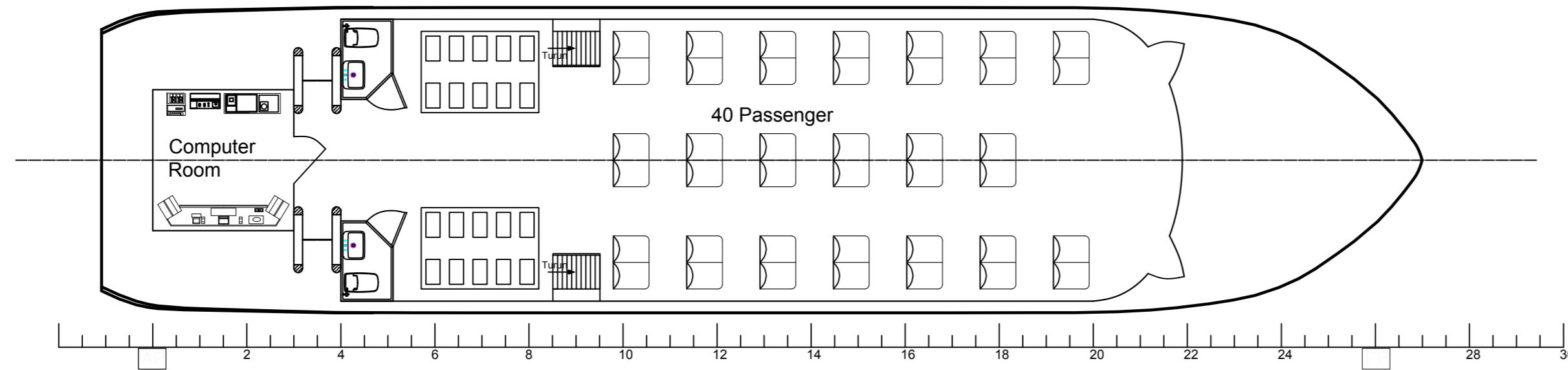
### Outboard Side View



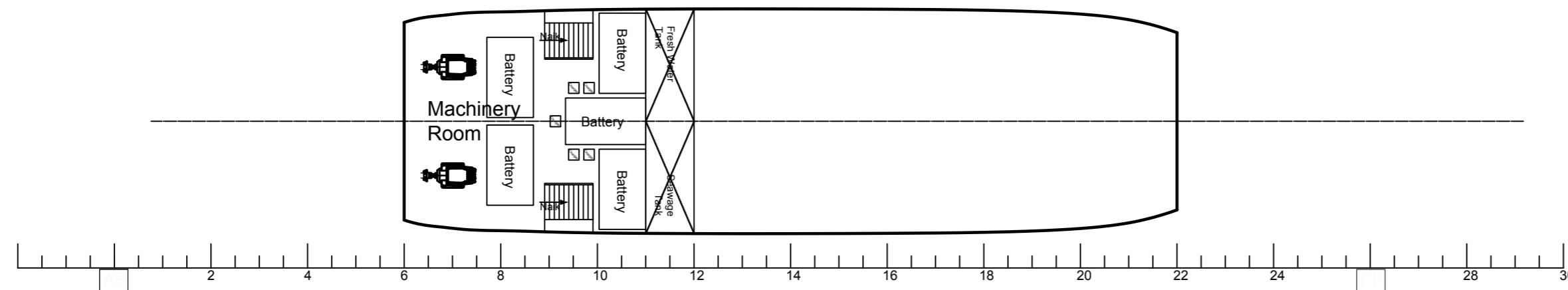
### Outboard Front View



### Main Deck



### Double Bottom



PRINCIPAL DIMENSIONS	
SHIP TYPE	Passenger Ferry
LENGTH OVER ALL (LOA)	28.39 m
LENGTH BETWEEN PERPENDICULARS (LBP)	26 m
BREADTH (B)	6.5 m
HEIGHT (H)	3.8 m
DRAUGHT (T)	1.8 m
BLOCK COEFFICIENT (CB)	0.380
SERVICE SPEED (Vs)	16 KNOT

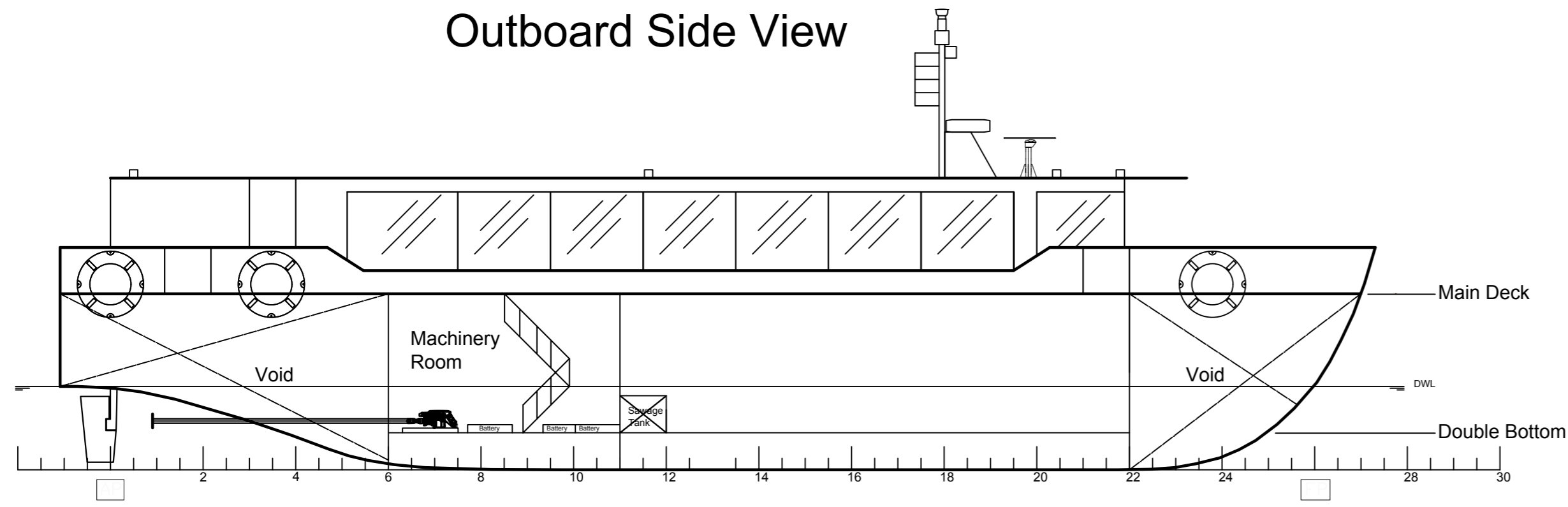
DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE  
 FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

### PASSENGER FERRY

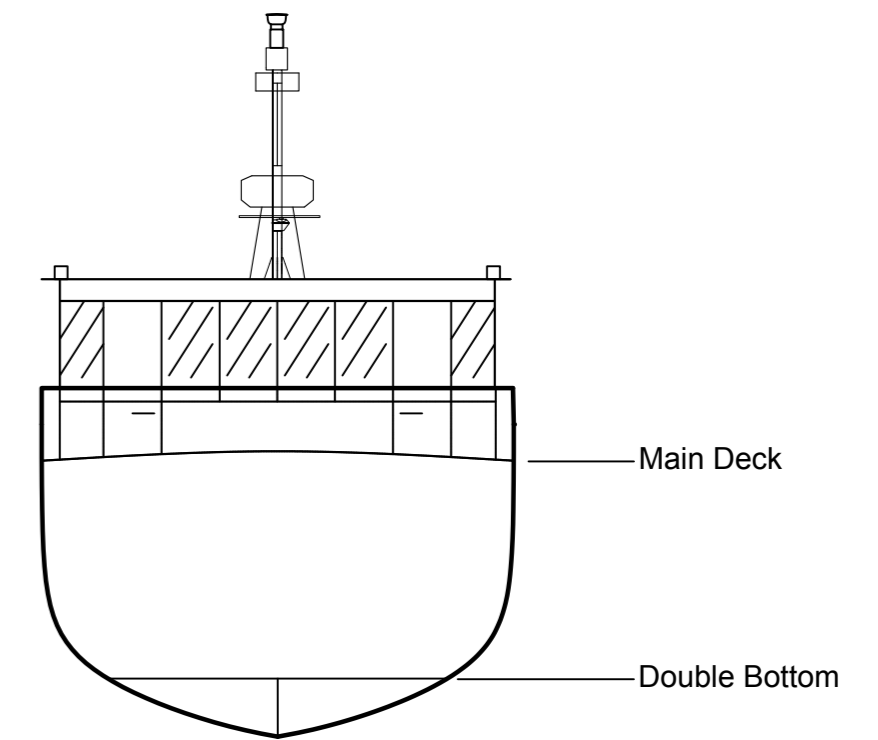
#### GENERAL ARRANGEMENT

SCALE	1 : 100	SIGNATURE	DATE	REMARKS
DRAWN	Wahyu Rachmatdhani			0411154000007
APPROVED	Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.			A2

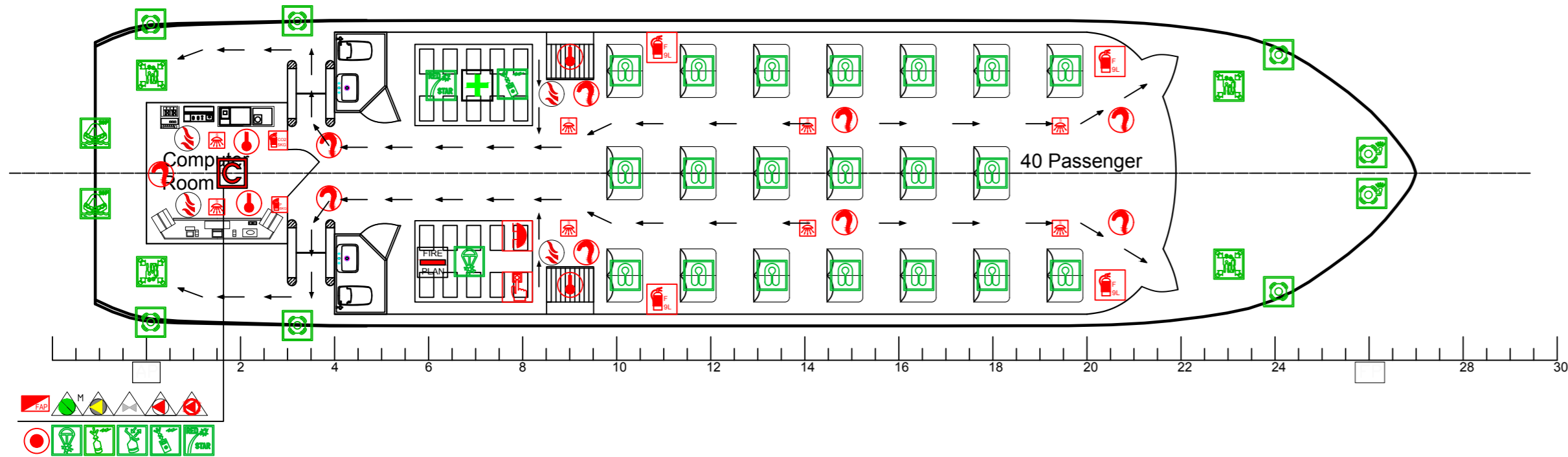
Outboard Side View



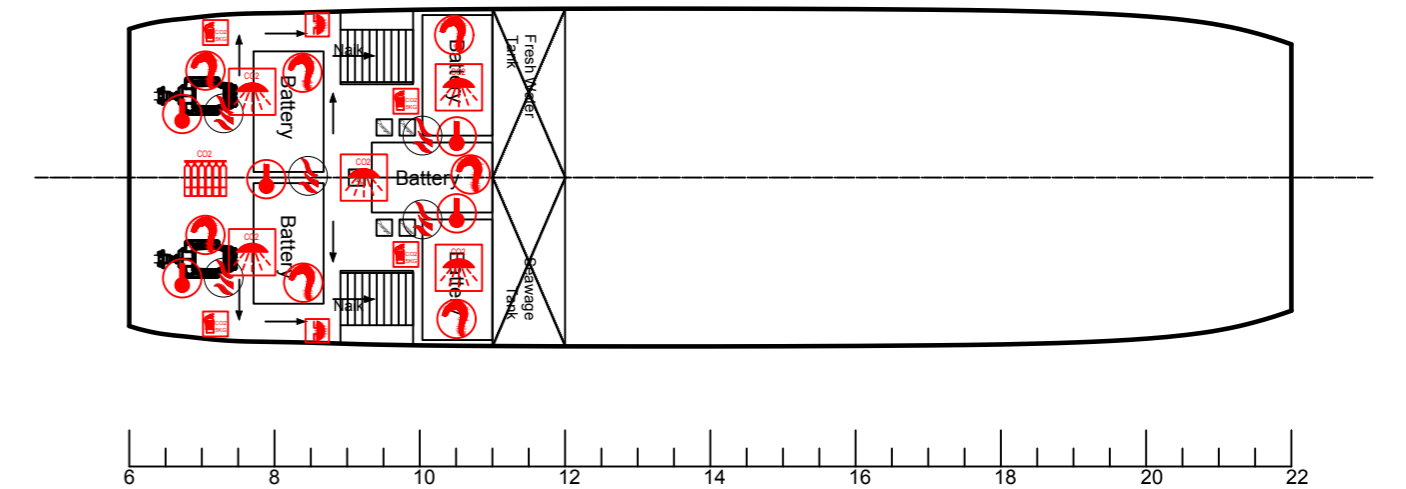
Outboard Front View



Main Deck



Double Bottom



SYMBOL	DESIGNATION
	INFLATABLE LIFERAFT FOR 20 PERSONS (THROWN TYPE)
	ROCKET PARACHUTE FLARE
	SAT. EMERGENCY POSITION INDICATING RADIO BEACON (SAT. EPIRB)
	RADAR TRANSPONDER
	TWO WAY RADIO TELEPHONE APPARATUS
	MUSTER STATION
	FIRST AID KIT
	LIFEBUOY
	LIFEBUOY WITH SELF-IGNITING LIGHT
	LIFEBUOY WITH SELF-IGNITING LIGHT AND SMOKE SIGNAL
	LIFEJACKET WITH LIGHT AND WHISTLE
	IMMERSION SUIT
	EMERGENCY ESCAPE BREATHING DEVICES (EEBD)
	RED STAR HAND FLARES

SYMBOL	DESIGNATION
	REMOTE CONTROL
	SHUT OFF FOR ENGINE ROOM VENTILATORS
	REMOTE SHUT OFF FOR FUEL PUMPS, SEPARATOR & OIL PUMPS
	QUICK CLOSING VALVE STATION FOR SHUT OFF FUEL PUMP
	SHUT OFF FOR MAIN FIRE PUMP
	SHUT OFF FOR EMERGENCY FIRE PUMP
	"A" CLASS DIVISION
	"B" CLASS DIVISION
	MAIN ESCAPE ROUTE
	SAFETY AND FIRE CONTROL PLAN
	CONTROL STATION
	FIRE FLAP
	KATUB PENAHAN API

SYMBOL	DESIGNATION
	FIRE HYDRANT WITH COUPLING FOR WATER EXTINGUISHING SYSTEM
	INTERNATIONAL SHORE CONNECTION
	FOAM MONITOR
	FIRE HOSE BOX FOR WATER EXTINGUISHING SYSTEM (18Mx400 HOSE, 400x190 SPRAY/JET NOZZLE COUPLING (STORZ TYPE, SPANNER))
	SPACE PROTECTED BY SPRINKLER SYSTEM (FOR PAINT STORE)
	PORTABLE FIRE EXTINGUISHER CO2 TYPE 5 KG
	PORTABLE FIRE EXTINGUISHER FOAM TYPE 9 LITRES
	PORTABLE FIRE EXTINGUISHER DRY POWDER TYPE 6 Kg

SYMBOL	DESIGNATION
	CO2 CYLINDER (45 KG EACH) : QTY = 32 BOTTLES
	SPACE PROTECTED BY CO2 FIRE EXTINGUISHING SYSTEM
	MANUALLY OPERATED CALL POINT
	SMOKE DETECTOR
	HEAT DETECTOR
	FLAME DETECTOR
	PUSH BUTTONSWITCH FOR GENERAL ALARM
	FIRE ALARM PANEL ( FIRE DETECTING SYSTEM )
	FIRE ALARM BELL & GENERAL ALARM
	CO2 HORN ( SIGNAL LIGHT COLUMN )

SYMBOL	DESIGNATION
	LOCKER'S WITH FIREMAN'S OUTFITTING : 1x FIRE PROTECTIVE CLOTHING 1x PAIR OF BOOT 1x GLOVES 1x RIGID HELMET 1x FIRE AXE 1x TORCH LAMP 1x CROWBAR 700 mm LONG 1x FIRE BUCKET 15 Litres 1x SELF CONTAINED BREATHING APPARATUS 1200 Litres ( INCL. SAFETY BELT ) 2x SPARE AIR BOTTLES ( 1200 Litres EACH ) 1x 30 M FIRE SAFETY LINE 1x DRILL

PRINCIPAL DIMENSIONS

SHIP TYPE	Passenger Ferry
LENGTH OVER ALL (LOA)	28.39 m
LENGTH BETWEEN PERPENDICULARS (LBP)	26 m
BREADTH (B)	6.5 m
HEIGHT (H)	3.8 m
DRAUGHT (T)	1.8 m
BLOCK COEFFICIENT (CB)	0.380
SERVICE SPEED (Vs)	16 KNOT

DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER				
PASSENGER FERRY				
FIRE AND SAFETY PLAN				
SCALE	1 : 100	SIGNATURE	DATE	REMARKS
DRAWN	Wahyu Rachmatdhan			0411154000007
APPROVED	Ir. Wasis Dwi Aryanaw, M.Sc., Ph.D.			A2



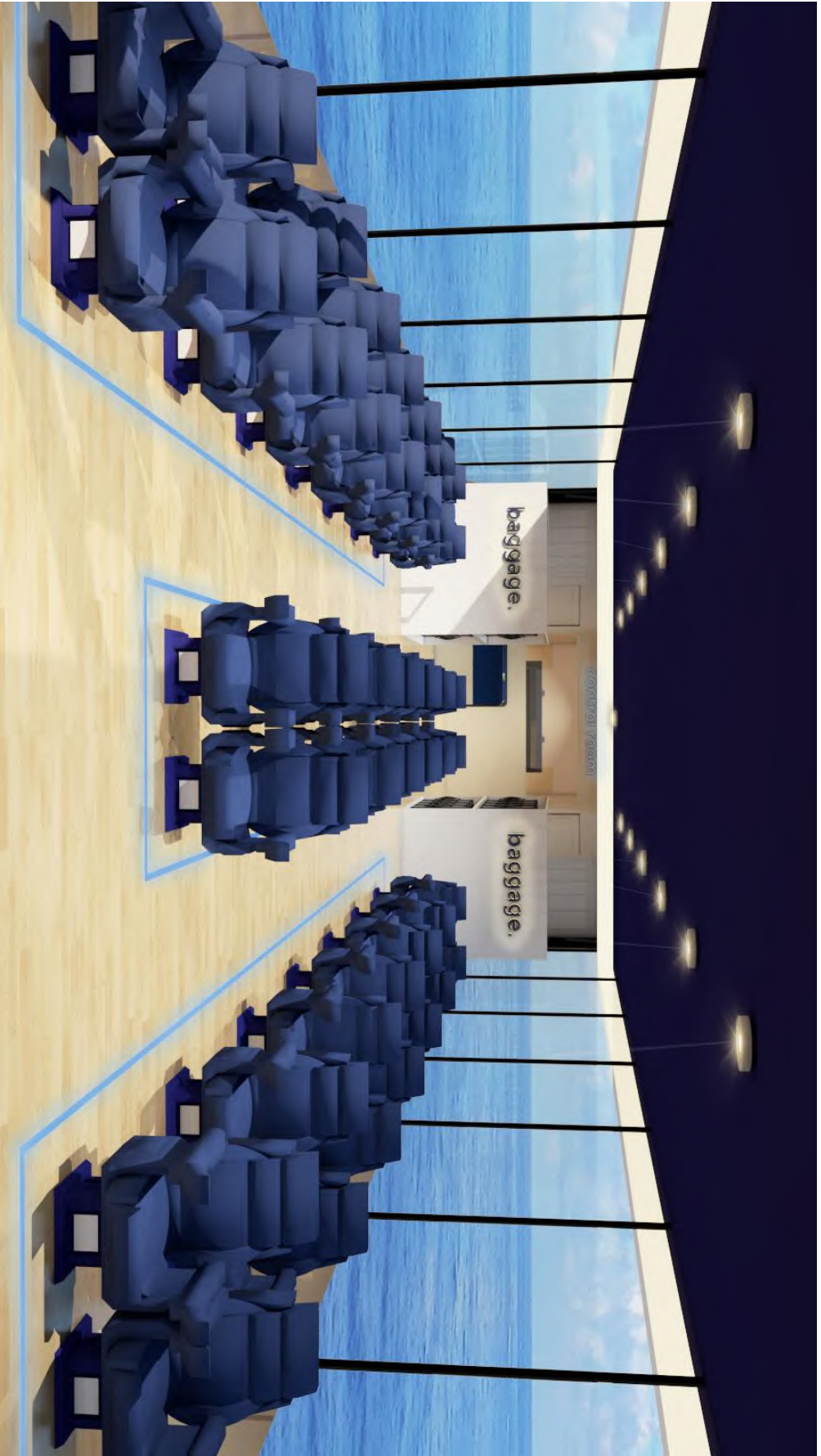








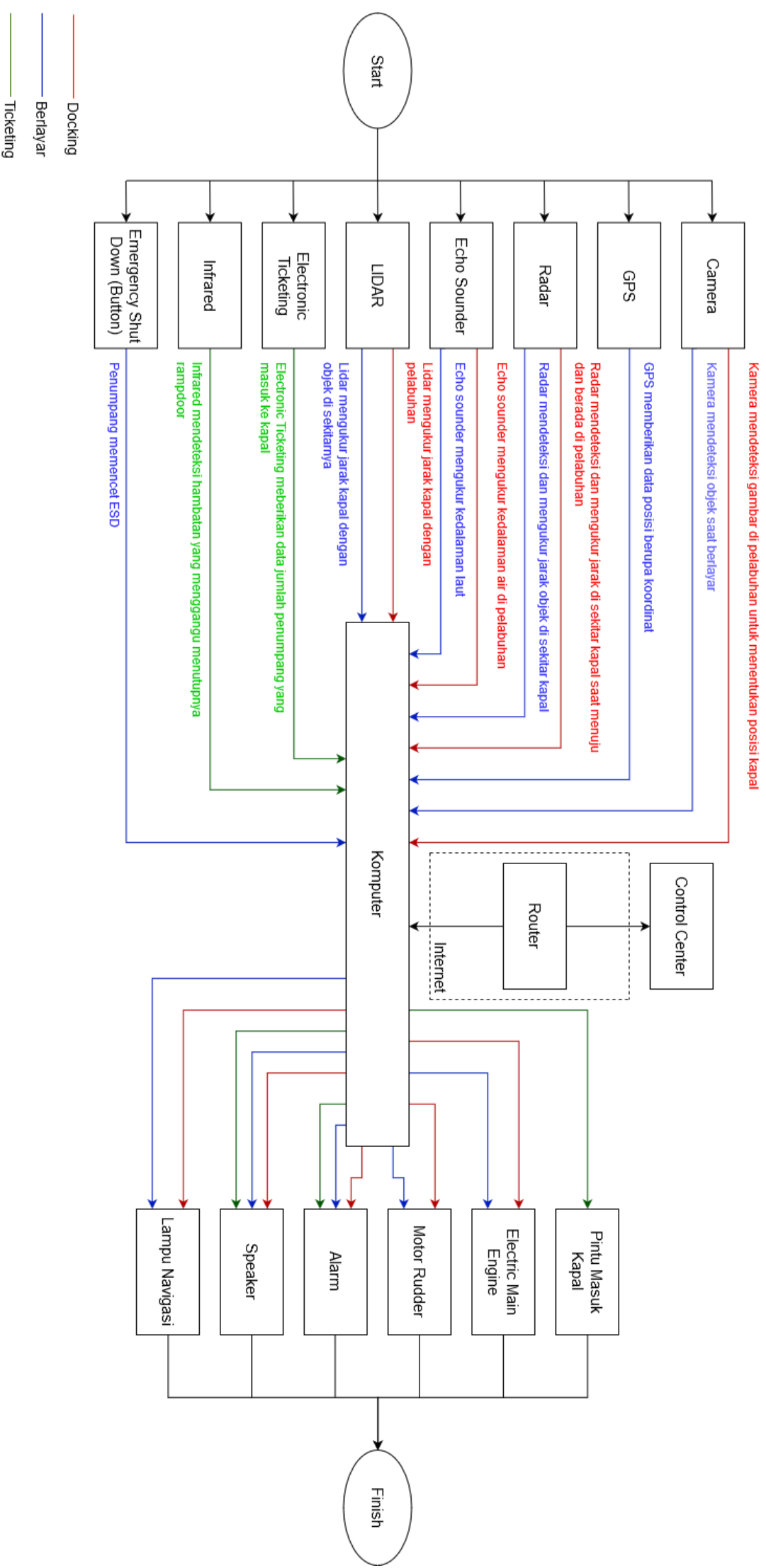






**LAMPIRAN 4**  
**DIAGRAM**





**LAMPIRAN 5**  
**BROSUR**



**Product Info**

**SKU** : DC0\*66005  
**Color** : Rose Gold  
**Material** : Polycarbonate  
**Warranty** : Limited 10 year global warranty  
**Dimensions** : 75 x 30 x 53 cm  
**Weight** : 5.2 kg  
**Volume** : 108 L

75 cm



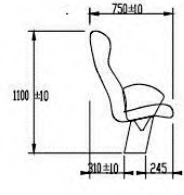
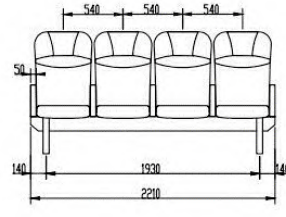
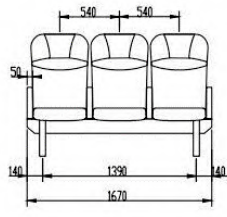
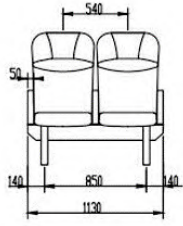
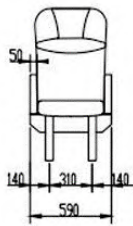
30 cm

53 cm



**Product Info**

**SKU** : AE1\*94002  
**Color** : Black  
**Material** : Polyester  
**Warranty** : Limited 2 year global warranty  
**Dimensions** : 15 x 44 x 34 cm  
**Weight** : 1 kg  
**Volume** : 20 L



YOU ARE HERE [Kompilasi Data](#) → [Data Antropometri](#)

## Data Antropometri

### Rekap Data Antropometri Indonesia

Suku - PAPUA, Jenis Kelamin - Semua Jenis Kelamin, Tahun - Semua Tahun s/d Semua Tahun, Usia - Semua Usia s/d Semua Usia

Dimensi	Keterangan	5th	50th	95th	SD
D1	Tinggi tubuh	167	167	167	0
D2	Tinggi mata	155.2	155.2	155.2	0
D3	Tinggi bahu	140	140	140	0
D4	Tinggi siku	105	105	105	0
D5	Tinggi pinggul	92	92	92	0
D6	Tinggi tulang ruas	73.5	73.5	73.5	0
D7	Tinggi ujung jari	64.3	64.3	64.3	0
D8	Tinggi dalam posisi duduk	89	89	89	0
D9	Tinggi mata dalam posisi duduk	74.3	74.3	74.3	0
D10	Tinggi bahu dalam posisi duduk	58.5	58.5	58.5	0
D11	Tinggi siku dalam posisi duduk	24	24	24	0
D12	Tebal paha	14.5	14.5	14.5	0
D13	Panjang lutut	55.6	55.6	55.6	0
D14	Panjang popliteal	43	43	43	0
D15	Tinggi lutut	53.7	53.7	53.7	0
D16	Tinggi popliteal	45	45	45	0
D17	Lebar sisi bahu	43	43	43	0
D18	Lebar bahu bagian atas	36	36	36	0
D19	Lebar pinggul	34.5	34.5	34.5	0
D20	Tebal dada	19.5	19.5	19.5	0

#### FILTER DATA

Suku

Jenis Kelamin

Tahun

s/d

Usia

s/d

PROSES

D21	Tebal perut	19	19	19	0
D22	Panjang lengan atas	39.1	39.1	39.1	0
D23	Panjang lengan bawah	54	54	54	0
D24	Panjang rentang tangan ke depan	74.8	74.8	74.8	0
D25	Panjang bahu-genggaman tangan ke depan	65	65	65	0
D26	Panjang kepala	18	18	18	0
D27	Lebar kepala	16.8	16.8	16.8	0
D28	Panjang tangan	17	17	17	0
D29	Lebar tangan	9	9	9	0
D30	Panjang kaki	24	24	24	0
D31	Lebar kaki	9	9	9	0
D32	Panjang rentangan tangan ke samping	168.3	168.3	168.3	0
D33	Panjang rentangan siku	83	83	83	0
D34	Tinggi genggaman tangan ke atas dalam posisi berdiri	201.4	201.4	201.4	0
D35	Tinggi genggaman ke atas dalam posisi duduk	118.5	118.5	118.5	0
D36	Panjang genggaman tangan ke depan	70	70	70	0

### Deep Blue battery (i3-type)

The latest battery technology from the BMW i3 series: high energy density, long service life, robust, and built to the highest standards of quality and safety.

With 40 kWh of usable capacity, the i3-type Deep Blue battery provides plenty of power for a full day on the water and paves the way for all sorts of new Deep Blue applications.



### Deep Blue battery (i8-type)

A single 10.0 kWh Deep Blue battery can power a 25 kW Deep Blue motor, bringing system weight to under 250 kg – perfect for smaller vessels or those with narrow hulls. Thanks to special cell technology, many applications do not require active cooling.



### Technical data

	i3-type	i8-type
<b>Nominal voltage</b>	360 V	355 V
<b>Max. continuous performance</b>	55 kW	25 kW
<b>Capacity</b>	40.0 kWh	10.0 kWh
<b>Weight</b>	278 kg	97 kg
<b>Dimensions</b>	1660 x 964 x 174 mm	1460 x 305 (240) x 330 mm

2212-00 Fast charger 2900 W for Power 48-5000 **NEW** Charge current 50 A, charges the Power 48-5000 from 0 to 100% in < 2 hours, waterproof to IP65

## Technical data

Inboards	Deep Blue 25i	Deep Blue 50i	Deep Blue 100i 900
RPM propeller (maximum)	1,400 rpm	1,400 rpm	900 rpm
Output (peak)	33 kW	60 kW	110 kW
Output (continuous)	25 kW	50 kW	100 kW
Torque	350 Nm	350 Nm	1000 Nm
Weight (incl. electronics)	85 kg	85 kg	450 kg

Saildrive	Deep Blue 25 SD
Max. propeller speed	1,360 rpm
Output (peak)	33 kW
Output (continuous)	25 kW
Torque	180 Nm
Weight (incl. electronics)	125 kg

## Technical data Deep Blue drives

New for  
**2019**



Deep Blue 100i 900

Suitable for yachts up to 120 feet long, this robust direct-drive motor delivers the low rotational speeds necessary to efficiently power large sailing yachts and other heavy displacement vessels. This new addition to the Deep Blue family delivers 100 kW of continuous, emission-free power, ultimate torque, low maintenance and is powered by high-capacity batteries with technology by BMW i.

**100kW**

High torque – for yachts up to 40 m (120 feet)

DB 25 SD      DB25i 1400      DB 50i 1400      DB 100i 900



El. input power continuous in kW	27.6	27.6	55.1	~100
El. input power peak (30 sec) in kW	33.0	33.0	66.0	~110
Max. propulsive power in kW	~16.2	~16.2	~32.4	~58.0
Shaft power, continuous, in kW	24.4	25.1	50.3	100
Maximum torque (continuous), in Nm	180	Up to 343	343	1,060
Motor weight only, including power electronics in kg	125	80	80	465
Standard propeller	Not included	Not included	Not included	Not included
Maximum propeller speed in rpm	1,360	1,400	1,400	900
Battery demand	1 (i3-type) 2 (i8-type)	1 (i3-type) 2 (i8-type)	1 (i3-type) 2 (i8-type)	2 (i3-type)
Hydro-generation compatible	yes	yes	yes	yes
Drive	Saildrive incl. gearbox	Gearbox, homokinetic joint	Gearbox, homokinetic joint	Direct drive, homokinetic joint
Shaft length / shaft diameter options	20" / 51 cm	30, 35, 40 mm 1¼, 1½ "	30, 35, 40 mm 1¼, 1½ "	On request
Liquid Cooling	Sea water 7 l/min, max. 32°C	Sea water 7 l/min, max. 32°C "	Sea water 7 l/min, max. 32°C	Dual-circuit cooling with sea water inlet

NEW 2019



## Product description

- Charge current 50 A
- charges the Power 48-5000 from 0 to 100% in < 2 hours
- waterproof to IP65

### System Management Unit



Fig. 12: System Management Unit

At the digital and power electronics level, the system management unit combines all DEEP BLUE components on board into a single system.

High-performance system controllers ensure the operational reliability of all system functions and their ease of use.

In more complex DEEP BLUE systems, several system management units can be networked with one another.

The system management unit is available in sizes S and L.

### AC Charger

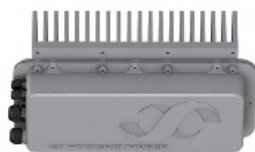


Fig. 13: AC Chargers

The high-voltage batteries of the DEEP BLUE system are charged by means of one or more AC chargers. The AC chargers convert the AC voltage of the shore supply into high-voltage direct current (DC) electricity for charging the high-voltage battery.

The electrical connections are made in a separate switch box (Shore Power Distribution).

### Shore Power Distribution



Fig. 14: Shore Power Distribution S



Fig. 15: Shore Power Distribution L

The Shore Power Distribution S allows the use of a single charger unit. With the Shore Power Distribution L, up to three charger units can be operated. Depending on the model, this unit ensures that the shore power connection is disconnected when the Emergency Off Switch is triggered. In addition, the 12 V battery is supported. The Shore Power Distribution L can contain fuses for AC and DC supplies.



### Product description

- » Allows Travel models to be operated with a throttle instead of the tiller.
- » Includes integrated display showing information on the status of the battery.
- » GPS-based calculation of speed and remaining range.
- » Includes 1.5 m and 5 m connection cables between the motor and the throttle.
- » Also serves as replacement part for Cruise and Ultralight models.

## TORQEEDO PROPELLERS



	Ultralight 402 Ultralight 403 (C)/AC		Travel 503 / 1003 (C)		Travel 1103 C		Cruise 2.0/4.0 R/T Outboards - Splined Shaft Manufactured from 2017		
	Standard		Standard for Travel 503, 1003 (C)		Standard for Travel 1103 C		Standard for Cruise 2.0 R/T	Standard for Cruise 4.0 R/T	
Part number	1912-00	1917-00	1901-00	1973-00	1972-00	1954-00	1955-00	1953-00	
Propeller	v10/p350	v9/p790	v8/p350	v10/p1100	v10/p1100	v13/p4000	v20/p4000	v30/p4000	
Diameter	200 mm (7.9")	292 mm (11.5")	300 mm (11.8")	260 mm (10.2")	260 mm (10.2")	320 mm (12.6")	320 mm (12.6")	300 mm (11.8")	
Pitch	8.2"	8.1"	10.7"	6.2"	6.9"	10.7"	13.5"	16.3"	
Compatible models	Ultralight 402/ Ultralight 403 (C)/AC, Wilderness Systems Helix MD	Travel 503, 1003 (Travel 503 standard: from 2014)	Travel 401, 801 and 503 (Travel 503 standard: before 2014)	Travel 1103 C	Travel 1103 C	Cruise 2.0/4.0 R/T splined (serial number >1705-XXXX)	Cruise 2.0/4.0 R/T splined (serial number >1705-XXXX)	Cruise 2.0/4.0 R/T splined (serial number >1705-XXXX)	
Features	-	-	-	-	Weedless design	More thrust for heavy displacement boats [approx. 12 km/h (7.5 mph)]	Planing with light boats [approx. 200 kg, 18 km/h (approx. 440 lbs, 11 mph)]	Planing with light boats [approx. 200 kg, 24 km/h (approx. 440 lbs, 15 mph)]	



	Cruise 2.0/4.0 R/T Outboards - Smooth Shaft and Actuation Pin, Manufactured between 2009 and 2016			Cruise 2.0/4.0 FP Fixed Pod Models	
	Standard for Cruise 2.0/4.0 R/T			Standard for Cruise 2.0/4.0 FP	
Part number	1916-00	1923-00	1915-00	1954-00	1962-00
Propeller	v19/p4000	v30/p4000	v8/p350	v13/p4000	Folding propeller v13/v4000
Diameter	300 mm (11.8")	320 mm (12.6")	300 mm (11.8")	320 mm (12.6")	330 mm (13.0")
Pitch	10.4"	16.3"	10.7"	10"	9"
Compatible models	Cruise 2.0/4.0 R/T with actuation pin (serial number > 5000)	Cruise 2.0/4.0 R/T with actuation pin (serial number > 5000)	Cruise 2.0/4.0 R/T with actuation pin (serial number > 5000)	Cruise 2.0/4.0 FP	Cruise 2.0/4.0 FP
Features	Weedless design	For planing with light boats [approx. 200 kg, 24 km/h (approx. 440 lbs, 15 mph)]	More thrust for heavy displacement boats [approx. 12 km/h (7.5 mph)]	More thrust for heavy displacement boats [approx. 12 km/h (7.5 mph)]	For sailboats; composite hub (successor of 1932-00) - Aluminum anode for fresh water (included) Part number 1964-00 - Zinc anode for salt water (available for purchase) Part number 1965-00



Automated Mooring Systems

MoorMaster MM200K<sup>12</sup>



December 2018 - DAS-001-02

Cavotec wants to contribute to a future world that is cleaner, safer and more efficient by providing innovative connection solutions for ships, aircraft and mobile equipment today.



Introduction

The MM200K<sup>12</sup> continues the history of Cavotec MoorMaster's highly successful berth deck mounted automated mooring machines. This next generation unit, the MM200K<sup>12</sup> can be considered for any application that requires top of berth vessel mooring as it is intentionally smaller than the MM400E<sup>11</sup> unit. With a reduction in height, depth and outreach, it is intended to better meet the needs of our ferry based customers. With fully integrated HPU and latest technology in hydraulics this standalone unit is a cost effective and efficient solution for your modern day vessel berthing needs with a low cost of ownership. Be it a single, or up to five unit installation; like all MoorMaster<sup>TM</sup> automated mooring equipment the MM200K<sup>12</sup> comes with a full range of control options and a comprehensive ARMADA<sup>TM</sup> diagnostics suite.

Benefits:

- Speed of mooring is approximately 30 seconds, detach less than 15 seconds
- Vessel motion at the quay side is actively controlled using smart vessel technology which can increase the operational uptime of your berth and improve safety
- Only requires a single operator
- Vessel warping functionality is available on berths with multiple MM200K<sup>12</sup> units
- Real time monitoring using Cavotec's ARMADA<sup>TM</sup> (Automated Real-time Monitoring And Data Acquisition) is available to the operator and remote diagnostics through Cavotec's service offerings
- Berth design can be significantly optimized to save on traditional mooring infrastructure and CAPEX.

Technical characteristics

Vessel motion

The MM200K<sup>12</sup> is designed to respond to the following vessel motions:

Sway – Sway motion is controlled to:

- Dissipate and counteract any dynamic loading induced by environmental conditions
- Retract the vacuum pads behind the compressed fender line when parked and not in use

Surge – Surge motion is controlled to:

- Dissipate any dynamic loading induced by environmental conditions
- Permit berths with multiple MM200K<sup>12</sup> units to perform vessel warping
- Hydraulic sidestit<sup>®</sup> option is available for berths where vessel surge motion is not restrained by existing vessel or berth hardware.

Heave / Vertical motion – The MM200K<sup>12</sup>

- is designed to accommodate changes in vessel position height relative to the berth due to:
- Cargo transfer (vessel draft change) and tidal movements
  - Change in water level due to long waves/well
  - Vessel pitch
  - Vessel roll and list
- Accommodating vessel vertical motion beyond ±700mm is achieved in multiple machine applications by unit stepping.





## X66 Series Starlight PTZ Dome Camera



X6621-Z30 2-MP Starlight PTZ Dome Camera

With an impressive variable focal length of 5–150 mm and a 30x optical zoom, the Huawei X6621-Z30 PTZ Dome Camera delivers clear images in various light conditions, including highly-lit environments and areas with sharp light contrasts, offering particularly impressive low light capabilities: with Infrared (IR) light compensation, black and white images require just 0.0002 lux minimum illumination.

The camera supports Artificial Intelligence (AI)-enabled scene adaptation to identify various scenes in real-time and make targeted settings to improve image quality. A tilt angle of  $-20^{\circ}$  to  $90^{\circ}$  and an enlarged field of view ensure that the camera is well suited to complex terrain, while deep learning capability and stream smoothing function ensure fluent high-quality video.

Product Model	X6621-Z30
Image Sensor	1/2.8 inch 2 megapixel progressive scan Complementary Metal Oxide Semiconductor (CMOS)
Maximum Resolution	1920 x 1080
Minimum Illumination	Color: Less than or equal to 0.0005 lx Black/white: Less than or equal to 0.0002 lx
Focal Length	5–150 mm
Optical Zoom Ratio	30x optical zoom and 16x digital zoom
Pan Range	$0^{\circ}$ to $360^{\circ}$
Tilt Range	$-20^{\circ}$ to $+90^{\circ}$
Light Compensation Mode	Infrared
Wide Dynamic Range	120 dB
Intelligent Analysis	Fast movement, abandoned object, removed object, tripwire crossing, intrusion, area entry/exit, loitering, crowd gathering, and parking detection; and head counting.
Power Supply	24 V AC (approx. 25%), PoE++ (IEEE 802.3 bt)
Operating Temperature	$-40^{\circ}\text{C}$ to $+60^{\circ}\text{C}$
Surge Protection Rating	6 kV



## X22 Series Super Starlight Bullet Camera

With a 2 megapixel image sensor, offering up to 1920 x 1080 pixel resolution, and a 2.8-12 mm motorized zoom, the X22 Super Starlight Bullet Camera is designed to operate in a wide variety of environments and scenarios.

With minimum illumination requirements as low as 0.0001 lux (black and white) — a Wide Dynamic Range (WDR), Highlight Compensation (HLC) technology, and ultra-wide operating voltage and temperature ranges (from -40°C to +60°C) all contribute to high-quality imaging in any weather conditions, from bright sun, through rain, to overcast days. Indeed, the camera intelligently adapts its parameters to conditions in real-time, delivering clear, uninterrupted surveillance imagery for the Safe City.

Furthermore, embedded with AI algorithms, the camera supports nine intelligent analysis functions — from object classification and personal attribute recognition to crowd density detection — making the X22 well suited to scenarios that rely on advanced situation awareness.

Product Model	X2221-I
Image Sensor	1/1.8 inch 2 megapixel progressive scan CMOS
Maximum Resolution	1920 x 1080
Minimum Illumination	Color: 0.0004 lx Black/white: 0.0001 lx
Focal Length	2.8-12 mm
Light Compensation Mode	Infrared
Wide Dynamic Range	120 dB
Intelligent Analysis	Detection of fast movements, abandoned objects, removed objects, tripwire crossings, intrusions, area entry/exit, loitering, and crowd gathering; and head counting function.
Power Supply	24 V AC, PoE++ (IEEE 802.3bt)
Operating Temperature	-40°C to +60°C
Surge Protection Rating	6 kV



**The new OPAL™ Performance Series 3D LiDAR**

Introducing the completely redesigned OPAL™ 3D LiDAR scanner from Neptec Technologies.

The OPAL™ is one of the most powerful and versatile 3D LiDAR sensors, and features optimized perception capabilities for detecting small targets at range. OPAL™ scanners are fully compatible with the 3DRi™ Software Development Kit (SDK), a library of proprietary algorithms for developing applications for Object Detection, Tracking, and Classification.

OPAL™ incorporates the latest innovations in laser optics and intelligent 3D processing to deliver an unprecedented combination of range, data density, and acquisition speed in a rugged, all-weather package.

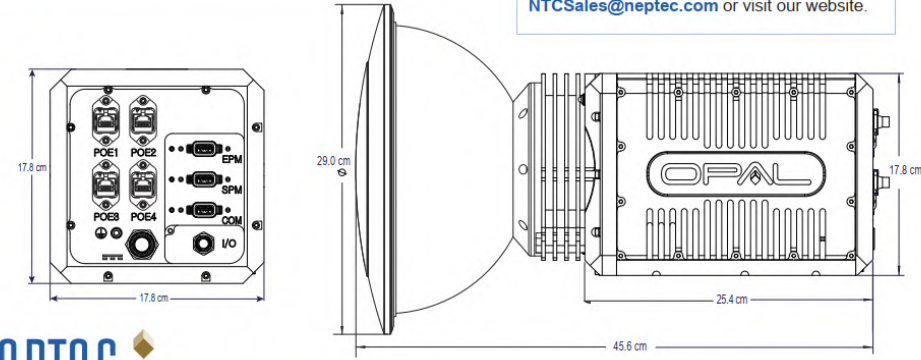
**Designed for real-world, mission-critical autonomy applications**

<p><b>HIGH RESOLUTION</b> 300,000 points per second (single return mode)</p>		<p><b>RUGGED</b> -40°C to +55°C operating temperature, resistant to shock and vibration, in an IP67-certified enclosure</p>
<p><b>CONSISTENT</b> Reliable low-reflectivity target detection in real-world scenarios</p>		<p><b>OBSCURANT PENETRATING</b> Unparalleled performance in dust, smoke, rain and fog</p>
<p><b>LONG RANGE</b> Superior range performance up to 1,000 m</p>		<p><b>CONNECTIVITY</b> Integrated GigE switch and port for GPS/INS</p>
<p><b>USER FRIENDLY</b> Intuitive 3DRi™ software tools for rapid application development</p>		<p><b>INNOVATIVE</b> Advanced laser optics and 3D processing in a size, weight and power optimized package</p>

[www.neptectechnologies.com](http://www.neptectechnologies.com)

**Easy to integrate with IP connectivity**

For more information please contact [NTCSales@neptec.com](mailto:NTCSales@neptec.com) or visit our website.



[www.neptectechnologies.com](http://www.neptectechnologies.com)



Performance Series with Panoramic Field of View

OPAL-P500

OPAL-P1000

Sensor	
Technology Type*	Time of Flight (TOF) 3D Laser Scanner with OPAL™ Obscureant-Penetrating LIDAR Technology
Scanning Mechanism	Fisley Prisms
Range²	Up to 500 m   Up to 1000 m
Multi-return	Up to 7 returns
Accuracy**	<3.5 cm (typical)
Precision*	<2.0 cm (typical)
Field of View	Panoramic 360° horizontal FOV, 45° (+5°/-40°) vertical FOV
Scan Pattern	Non-overlapping
Laser	
Product Classification	Class 1 - Eye safe
Wavelength	1550 nm
Output	
Pulse Repetition Frequency	25 kHz, 50 kHz, 100 kHz, 200 kHz, 300 kHz
Data Stream Format	IPv4 Multi-cast UDP packets
Data Format	Time-stamped position (x,y,z) plus Intensity
Interfaces	
Ethernet (Integrated GIGe switch with PoE)	4
PPS (Time Synchronization)	1
Physical	
Dimensions	17.8 x 17.8 x 45.6 cm ( 7.0 x 7.0 x 18.0 Inches)
Weight (without cables)	13.2 kg (29.1 lbs)
Operating Voltage	18-36 VDC
Power Consumption*	110 W (typical), 220 W maximum
Ingress Protection Rating	Certified to IP66/IP67
Operating temperature†	-40°C to +55°C
Storage temperature	-40°C to +85°C
Shock	Designed to 5 G's
Vibration	Designed to 20 Hz - 2 kHz, 0.04 g² / Hz
Regulatory Compliance	CE

## FBL5000 Pro Series

**FBL5000 Pro** Single Lane Flap Barrier Turnstile

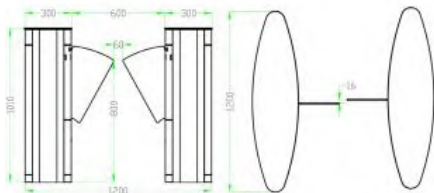
**FBL5011 Pro** Single Lane Flap Barrier Turnstile  
(w/ controller and RFID reader)

**FBL5022 Pro** Single Lane Flap Barrier Turnstile  
(w/ controller and fingerprint & RFID reader)

**Dimensions (mm)**

**Customization**

• 900MM Wide Lane Available



## Specifications

Power requirements	AC 100 ~ 120V/200 ~ 240V, 50/60Hz	
Working temperature	-28°C~60°C	
Working humidity	5%~80%	
Working environment	Indoor/outdoor (if sheltered)	
Speed of throughput	RFID	Maximum 30/ minute
	Fingerprint	Maximum 25/ minute
Lane width(mm)	600	
Footprint(mm*mm)	1200*1200	
Dimensions(mm)	L=1200,W=300,H=1010	
Dimension with packing(mm)	L=1400,W=840,H=1100	
Net weight(kg)	126	
Weight with packing(kg)	196	
LED indicator	Y	
Cabinet material	SUS304 Stainless Steel	
Lid material	Tempered Glass	
Barrier material	Acrylic	
Barrier movement	Retracting	
Emergency mode	Y	
Security level	Medium	
MCBF	2 million	

## BIODATA PENULIS



Wahyu Rachmatdhani, itulah nama lengkap penulis. Dilahirkan di Cimahi pada 16 Februari 1996 silam, Penulis merupakan anak kedua dalam keluarga. Penulis menempuh pendidikan formal tingkat dasar pada TK Amanah, kemudian melanjutkan ke SDN Karya Bakti, SMPN 8 Tangerang Selatan dan SMAN 3 Tangerang Selatan. Setelah lulus SMA, Penulis diterima di Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS pada tahun 2015 melalui jalur Program Kemitraan dan Mandiri.

Di Departemen Teknik Perkapalan, Penulis mengambil Bidang Studi Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal. Selama masa studi di ITS, selain kuliah Penulis juga pernah menjadi *Staff* Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa UKM FOTOGRAFI ITS 2016/2017 serta Ketua UKM FOTOGRAFI ITS 2017/2018. Selain itu, Penulis juga aktif di HIMPUNAN Mahasiswa Teknik Perkapalan ITS sebagai tim Ad Hoc Pengembangan dan Pemberdayaan Sumber Daya Mahasiswa 2017/2018. Penulis juga tercatat sebagai penerima beasiswa Peningkatan Prestasi Akademik ITS 2018.

Selama berkuliah di ITS, penulis telah mengikuti berbagai event yang diadakan oleh BEM ITS dan UKM ITS. Penulis meraih sebagai *Staff* Divisi Acara terbaik pada event Kesma Expo 2015/2016 yang diselenggarakan oleh BEM ITS, Penulis juga menjadi Ketua Pelaksana Event UKAFO Expo 2017 yang diselenggarakan UKM FOTOGRAFI ITS, dan Penulis pun menjadi Wakil Ketua Pelaksana *Young Engineers & Scientists Summit 2017 ASEAN* yang diadakan oleh BEM ITS.

Selama Berkuliah di ITS, penulis juga bekerja sebagai *Junior Engineer* pada perusahaan konsultan *oil & gas* pada semester akhir.

**~ Memberikan Karya Terbaik Bagi Masyarakat, Bangsa, Negara, dan Dunia ~**

Email : [wahyu.rachmatdhani@gmail.com](mailto:wahyu.rachmatdhani@gmail.com)