



TUGAS AKHIR - MN 184802

**DESAIN KAPAL 2-IN-1 PEMBERSIH SAMPAH DAN
TUMPAHAN MINYAK DI PERAIRAN SURABAYA**

**Mikael Anggoro
NRP 04111240000060**

**Dosen Pembimbing
Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.
Danu Utama, S.T., M.T.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019**



TUGAS AKHIR - MN 184802

**DESAIN KAPAL 2-IN-1 PEMBERSIH SAMPAH DAN
TUMPAHAN MINYAK DI PERAIRAN SURABAYA**

**Mikael Anggoro
NRP 04111240000060**

**Dosen Pembimbing
Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.
Danu Utama, S.T., M.T.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019**



FINAL PROJECT - MN 184802

**DESIGN 2-IN-1 TRASH AND OIL SPILL SKIMMER BOAT IN
SURABAYA WATERS**

**Mikael Anggoro
NRP 041112400000060**

**Supervisor
Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.
Danu Utama, S.T., M.T.**

**DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2019**

LEMBAR PENGESAHAN

DESAIN KAPAL 2-IN-1 PEMBERSIH SAMPAH DAN TUMPAHAN MINYAK DI PERAIRAN SURABAYA

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:

MIKAEL ANGGORO
NRP 0411124000060

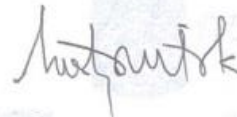
Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing II



Danu Utama, S.T., M.T.
NIP 19901008 201803 1 001

Dosen Pembimbing I



Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.
NIP 19681212 199402 2 001

Mengetahui,

Komisi Departemen Teknik Perkapalan



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

SURABAYA, 24 OKTOBER 2019

LEMBAR REVISI

DESAIN KAPAL 2-IN-1 PEMBERSIH SAMPAH DAN TUMPAHAN MINYAK DI PERAIRAN SURABAYA

TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir
Tanggal 24 Oktober 2019

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

Oleh:

MIKAEL ANGGORO
NRP 0411124000060

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

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



.....

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



.....

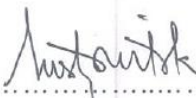
3. Dedi Budi Purwanto, S.T., M.T.



.....

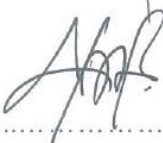
Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

1. Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.



.....

2. Danu Utama, S.T., M.T.



.....

SURABAYA, 24 OKTOBER 2019

Dipersembahkan kepada kedua orang tua saya, Alm. J. Supardji dan Sari Moempoeni Hati
atas segala dukungan dan doanya

KATA PENGANTAR

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

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

1. Ibu Ir. Hesty Anita, M.Sc selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan dan motivasinya selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
2. Bapak Danu Utama, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing kedua atas bimbingan dan motivasi selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
3. Bapak Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc selaku Kepala Departemen Teknik Perkapalan FTK-ITS;
4. Ibu Sri Rejeki Wahyu Pribadi, S.T., M.T. selaku Dosen yang sudah memberikan bimbingan dan motivasi selama menjalani perkuliahan;
5. Kedua orang tua penulis, Alm. Ayah J. Supardji dan Ibu Sari Moempoeni Hati yang telah memberikan kasih sayang, dukungan baik secara moril maupun materi, dan memberikan motivasi serta doa selama ini;
6. Febriani Rohma Dhana, S.T., M.T. selaku teman se-angkatan yang juga menjadi dosen pembimbing selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
7. Pratama Yuli Arianto, S.T., M.T. selaku teman se-angkatan yang sudah memberikan ilmu dan motivasi untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini;
8. Dinda Pramesi Febriani, S.IAN atas memberikan semangat dan motivasi untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini;
9. Kawan-kawan P52 FORECASTLE yang selalu mendukung dan berbagi ilmu selama perkuliahan;
10. Ridho, Azam, Albert, dan Fajar selaku rekan-rekan seperjuangan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini;
11. M. Syaiful Anam, S.T yang telah memberikan bantuan selama menyelesaikan Tugas Akhir ini;

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

Surabaya, 24 Oktober 2019

Mikael Anggoro

DESAIN KAPAL 2-IN-1 PEMBERSIH SAMPAH DAN TUMPAHAN MINYAK DI PERAIRAN SURABAYA

Nama Mahasiswa : Mikael Anggoro
NRP : 0411124000060
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc
2. Danu Utama, S.T., M.T.

ABSTRAK

Surabaya merupakan salah satu kota besar sehingga memiliki masalah serius terkait lingkungan khususnya di perairannya. Di Sungai Kalimas permasalahan ini timbul karena banyak tumpukan sampah yang menyebabkan banjir. Sedangkan di perairan Tanjung Perak, potensi industri maritim sangat tinggi permasalahan akan tumpahan minyak pada proses bongkar muat *tanker* maupun insiden kebocoran kapal yang menyebabkan potensi tumpahan minyak tercecer. Tugas Akhir ini memiliki tujuan untuk melakukan analisis teknis mengenai desain kapal untuk membersihkan sampah dan tumpahan minyak sesuai dengan kondisi perairan di Surabaya. Kapal kerja ini menggunakan lambung katamaran dan dilengkapi dengan *conveyor belt* di bagian haluan, ruang muat, dan buritan. Kapal pembersih ini didesain dengan sistem penggerak *paddle wheel* agar dapat bermanuver pada perairan yang cukup dangkal sehingga cocok untuk kondisi perairan di Surabaya. *Payload* kapal ini sebesar 3,3 ton dan dengan ruang muat yang sama untuk mengangkat tumpahan minyak sebesar 4,4 ton. Perhitungan teknis dilakukan menggunakan *rules* untuk kapal katamaran $L < 50$ m. Hasil perhitungan teknis diperoleh $Loa = 9,6$ m, $B = 6$ m, $H = 1,7$ m, $T = 0,7$ m, $Cb = 0,66$, dan $Vs = 4$ knot. Kemudian dari ukuran utama tersebut dibuat Rencana Garis (*Lines Plan*), Rencana Umum (*General Arrangement*), Model 3D, serta melakukan analisis biaya pembangunan kapal.

Kata kunci: *catamaran*, *oil spill skimmer*, *paddle wheel*, Perairan Tanjung Perak, Sungai Kalimas, *trash skimmer*.

2-in-1 DESIGN TRASH AND OIL SPILL SKIMMER BOAT IN SURABAYA WATERS

Author : Mikael Anggoro
Student Number : 0411124000060
Department / Faculty : Naval Architecture / Marine Technology
Supervisor : 1. Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.
2. Danu Utama, S.T., M.T.

ABSTRACT

Surabaya is one of the big cities so it has serious problems related to the environment, especially in its waters. In the Kalimas River, this problem arises because there are a lot of garbage that causes flooding. Whereas in the waters of Tanjung Perak, the maritime industry's potential is very high, problems with oil spills during the loading and unloading process and incidents of ship leakage have caused the potential for oil spills to be scattered. This Final Project has the objective to conduct a technical analysis regarding the design of ships to clean up trash and oil spills in accordance with water conditions in Surabaya. This work ship uses catamaran hulls and is equipped with conveyor belts in the bow, cargo space, and stern. This cleaning vessel is designed with a paddle wheel drive system so that it can maneuver in shallow waters making it suitable for water conditions in Surabaya. The ship's payload is 3.3 tons and with the same loading space to transport 4.4 tons of oil spills. Technical calculations are performed using rules for catamarans $L < 50$ m. The technical calculation results obtained $Loa = 9.6$ m, $B = 6$ m, $H = 1.7$ m, $T = 0.7$ m, $C_b = 0.66$, and $V_s = 4$ knots. Then from the main dimensions, Lines Plan, General Arrangement, 3D Model are made, and an analysis of ship building costs is made.

Keywords:, *catamaran, oil spill skimmer, paddle wheel, Perairan Tanjung Perak, Sungai Kalimas, trash skimmer.*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR REVISI.....	iv
HALAMAN PERUNTUKAN	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
Bab I PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang Masalah	1
I.2. Perumusan Masalah.....	2
I.3. Tujuan.....	2
I.4. Batasan Masalah.....	3
I.5. Manfaat.....	3
I.6. Hipotesis	3
Bab II STUDI LITERATUR	5
II.1. Dasar Teori.....	5
II.1.1. <i>Design Statement</i>	5
II.1.2. <i>Concept Design</i>	6
II.1.3. <i>Preliminary Design</i>	6
II.1.4. <i>Contract Design</i>	7
II.1.5. <i>Detail Design</i>	8
II.1.6. <i>Level Design</i>	8
II.1.7. Metode <i>Design Layout</i>	8
II.1.8. Penentuan Ukuran Utama Kapal	8
II.1.9. <i>Main Coefficient</i>	10
II.1.10. Perhitungan Hambatan	11
II.1.11. Perhitungan Propulsi dan <i>Powering</i>	11
II.1.12. Perhitungan Berat Kapal	11
II.1.13. Perhitungan Trim Kapal.....	12
II.1.14. Perhitungan <i>Freeboard</i>	13
II.1.15. Perhitungan Stabilitas Kapal	13
II.2. Tinjauan Pustaka	14
II.2.1. Sungai Kalimas Surabaya	14
II.2.2. <i>Layout Awal</i>	15
II.2.3. Kapal Kerja Skimmer.....	16
II.2.3.1. <i>Oil Skimmer Boat</i>	16
II.2.3.2. <i>Weed Harvester Skimmer Boat</i>	17
II.2.3.3. <i>Trash Skimmer Boat</i>	18
II.2.3.4. <i>Trash Hunter Boat (Bucket)</i>	19
II.2.4. Katamaran	19
II.2.4.1. Jenis Lambung Katamaran.....	21

II.2.4.2. Bentuk Lambung Katamaran	22
II.2.5. <i>Paddle Wheel</i>	22
II.3. Proses Pembersihan Sampah dan Tumpahan Minyak	24
II.3.1. Tujuan Pembersihan Sampah dan Tumpahan Minyak	24
II.4. Sistem Operasional <i>Loading-Offloading</i>	24
II.5. Tinjauan Ekonomis Kapal.....	25
II.5.1. Biaya Pembangunan Kapal	26
Bab III METODOLOGI	28
III.1. Identifikasi Masalah.....	28
III.2. Studi Literatur	28
III.3. Pengumpulan Data.....	28
III.4. Penentuan <i>Payload</i> dan Ukuran Utama Awal	28
III.5. Analisis Teknis dan Perhitungan Ekonomis	29
III.5.1. Hambatan dan Propulsi	29
III.5.2. Perhitungan Berat Kapal	29
III.5.3. Perhitungan <i>Freeboard</i>	30
III.5.4. Trim Kapal.....	30
III.5.5. Perhitungan Stabilitas Kapal.....	30
III.5.6. Perhitungan Biaya Pembangunan	30
III.6. Pembuatan Rencana Garis, Rencana Umum, dan 3D Model	30
III.7. Penentuan Sistem <i>Loading-Offloading</i>	31
III.8. Kesimpulan	31
III.9. Bagan Alir.....	31
Bab IV Tinjauan Daerah Operasional	32
IV.1. Kondisi Sungai Kalimas Surabaya	32
IV.1.1. Dimensi Fisik Sungai Kalimas Surabaya	32
IV.1.2. Permasalahan di Sungai Kalimas Surabaya	33
IV.2. Perairan Tanjung Perak	34
IV.2.1. Permasalahan di Perairan Tanjung Perak	35
IV.3. Tinjauan Lokasi	36
IV.3.1. Segmentasi.....	36
IV.3.2. Zoning.....	37
IV.3.3. Pemilihan Daerah Operasional	37
IV.3.4. Hasil Survey	38
IV.4. Penentuan Pola Operasi Kapal	43
Bab V ANALISIS TEKNIS DAN PERHITUNGAN EKONOMIS	45
V.1. Analisis Teknis	45
V.1.1. Penentuan Jenis Kapal serta Pembersihnya	45
V.1.2. Penentuan Peralatan Bongkar Muat.....	46
V.1.3. Penentuan <i>Payload</i> dan Ukuran Utama Awal	47
V.1.4. Proses Pembersihan Sampah dan Bongkar Muat.....	50
V.1.5. Proses Pembersihan Tumpahan Minyak dan Bongkar Muat.....	51
V.1.6. Perhitungan Hambatan Kapal	52
V.1.7. Perhitungan Daya Yang Dibutuhkan Kapal.....	56
V.1.8. Pemilihan Mesin, Baterai dan Generator	58
V.1.9. Penentuan Sistem Penggerak <i>Paddlewheel</i>	64
V.1.10. Perhitungan Berat dan Titik Berat	67
V.1.9.1. Perhitungan Konstruksi	69
V.1.9.2. Perhitungan Berat dan Titik Berat Kapal.....	74

V.1.11. Perhitungan Lambung Timbul (<i>Freeboard</i>)	75
V.1.12. Perhitungan Trim Kapal.....	77
V.1.11.1. Kondisi A (Kapal Kosong)	79
V.1.13.2. Kondisi B	81
V.1.11.3. Kondisi C	83
V.1.11.4. Kondisi D.....	85
V.1.11.5. Kondisi E	86
V.1.12. Perhitungan Stabilitas Kapal.....	88
2033.24.12.5. Kondisi A (Kapal Kosong)	89
V.1.12.2. Kondisi B	90
V.1.12.3. Kondisi C	92
V.1.12.4. Kondisi D.....	94
V.1.12.5. Kondisi E	96
V.1.13. Pembuatan Rencana Garis	98
V.1.14. Pembuatan Rencana Umum.....	102
V.1.15. Desain Model 3D Kapal	103
V.1.16. Sistem Transmisi dan Sistem Kemudi	103
V.2. Perhitungan Ekonomis	105
V.2.1. Perhitungan Biaya Pembangunan Kapal.....	105
Bab VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	109
VI.1. Kesimpulan.....	109
VI.2. Saran	110
DAFTAR PUSTAKA.....	111
LAMPIRAN	
LAMPIRAN A DATA PENDUKUNG	
LAMPIRAN B PERHITUNGAN TEKNIS DAN EKONOMIS	
LAMPIRAN C <i>LINES PLAN</i>	
LAMPIRAN D <i>GENERAL ARRANGEMENT</i>	
LAMPIRAN E <i>3D MODEL</i>	
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Sungai Kalimas Surabaya	15
Gambar II.2 <i>Layout</i> Awal Desain Konsep <i>Trash and Oil Spill Skimmer Boat</i>	16
Gambar II.3 <i>Oil Skimmer Boat</i> Membersihkan Minyak di Tengah Laut	17
Gambar II.4 <i>Weed Harvester Boat</i> Pembersih Tanaman Air	18
Gambar II.5 <i>Trash Skimmer Boat</i> saat Beroperasi	18
Gambar II.6 <i>Trash Hunter Boat (Bucket)</i>	19
Gambar II.7 Bentuk Kapal yang Menggunakan <i>Hull Catamaran</i>	20
Gambar II.8 Improvisasi Aliran Fluida pada Katamaran	21
Gambar II.9 Detail Konstruksi Bentuk Lambung Rounded Bilge pada Katamaran	22
Gambar II.10 Kapal yang Menggunakan Sistem Penggerak Paddle Wheel	23
Gambar III.1 <i>Flowchart</i> Pengerjaan Tugas Akhir	32
Gambar IV.1 Persebaran Sampah di Sungai Kalimas Surabaya	33
Gambar IV.2 Tumpukan Sampah di Sungai Kalimas Surabaya	34
Gambar IV.3 Tumpahan Minyak di Salah Satu Galangan Surabaya	36
Gambar IV.4 Daerah Operasional <i>Trash and Oil Spill Skimmer Boat</i>	38
Gambar IV.5 Hasil Pengukuran Jembatan di Jl. Ahmad Jais	39
Gambar IV.6 Hasil Pengukuran Jembatan di Pasar Besar	40
Gambar IV.7 Hasil Pengukuran di Jembatan Jl. Semut Kali	40
Gambar IV.8 Hasil Pengukuran di Jembatan di dekat Stasiun Kota	41
Gambar IV.9 Hasil Pengukuran di Jembatan Merah	42
Gambar IV.10 Hasil Pengukuran di Jembatan Petekan	42
Gambar V.1 Ukuran Ruang Muat Kapal	49
Gambar V.2 <i>Layout</i> Awal Kapal	50
Gambar V.3 Skema Pembersihan Sampah	51
Gambar V.4 Skema Pembersihan Tumpahan Minyak	52
Gambar V.5 Spesifikasi <i>Main Engine</i>	59
Gambar V.6 Spesifikasi Baterai	60
Gambar V.7 Spesifikasi <i>Generator Set</i>	63
Gambar V.8 Karakteristik Kapal Pembersih <i>Aquatic Plant Harvester Model FXB-11</i>	65
Gambar V.9 Bentuk <i>Blade Paddle Wheel</i> yang Direncanakan	65
Gambar V.10 Lambung Timbul Awal untuk Kapal Tipe B	76
Gambar V.11 Tabel <i>Loadcase Window</i>	78
Gambar V.12 Menu <i>Start Analysis</i> untuk Memulai Perhitungan	79
Gambar V.13 <i>Input Data</i> Beban Kondisi A (Kapal Kosong)	80
Gambar V.14 Hasil Rekapitulasi Perhitungan <i>Trim</i> Kondisi A (Kapal Kosong)	81
Gambar V.15 Kondisi <i>Trim</i> Kapal Kosong	81
Gambar V.16 <i>Input Data</i> Beban Kondisi B	82
Gambar V.17 Hasil Rekapitulasi Perhitungan <i>Trim</i> Kondisi B	82
Gambar V.18 Kondisi <i>Trim</i> Kapal	83
Gambar V.19 <i>Input Data</i> Beban Kondisi C	84
Gambar V.20 Hasil Rekapitulasi Perhitungan <i>Trim</i> Kondisi C	84
Gambar V.21 Kondisi <i>Trim</i> Kapal	85
Gambar V.22 <i>Input Data</i> Beban Kondisi D	85

Gambar V.23 Hasil Rekapitulasi Perhitungan Trim Kondisi D	86
Gambar V.24 Kondisi Trim Kapal	86
Gambar V.25 <i>Input</i> Data Beban Kondisi E (Kapal 100% <i>Full Load</i>).....	87
Gambar V.26 Hasil Rekapitulasi Perhitungan <i>Trim</i> Kondisi E (Kapal 100% <i>Full Load</i>)	88
Gambar V.27 Kondisi <i>Trim</i> Kapal 100% <i>Full Load</i>	88
Gambar V.28 <i>Input</i> Data Beban Kondisi A (Kapal Kosong)	89
Gambar V.29 Hasil Analisis Perhitungan Stabilitas Kondisi A (Kapal Kosong)	90
Gambar V.30 Hasil Perhitungan Stabilitas saat Kapal Kosong.....	90
Gambar V.31 <i>Input</i> Data Beban Kondisi B	91
Gambar V.32 Hasil Analisis Perhitungan Stabilitas Kondisi B	91
Gambar V.33 Hasil Perhitungan Stabilitas.....	92
Gambar V.34 <i>Input</i> Data Beban Kondisi C	93
Gambar V.35 Hasil Analisis Perhitungan Stabilitas Kondisi C	93
Gambar V.36 Hasil Perhitungan Stabilitas Saat Kapal Kondisi C	93
Gambar V.37 <i>Input</i> Data Beban Kondisi D.....	95
Gambar V.38 Hasil Analisis Perhitungan Stabilitas Kondisi D	95
Gambar V.39 Hasil Perhitungan Stabilitas Saat Kapal	96
Gambar V.40 <i>Input</i> Data Beban Kondisi E	97
Gambar V.41 Hasil Analisis Perhitungan Stabilitas Kondisi E.....	97
Gambar V.42 Hasil Perhitungan Stabilitas Saat Kapal	98
Gambar V.43 Model 3D Lambung Kapal	99
Gambar V.44 Menu <i>Design Grid</i>	99
Gambar V.45 Tampilan <i>Dialog Box</i> pada <i>Design Grid</i>	100
Gambar V.46 Langkah-langkah Mengatur <i>Station</i>	100
Gambar V.47 Langkah-langkah Mengatur <i>Buttocks</i>	101
Gambar V.48 Langkah-langkah Mengatur <i>Waterlines</i>	101
Gambar V.49 <i>3D Model Trash and Oil Spill Skimmer Boat</i>	103
Gambar V.50 Sistem Transmisi Kapal	104

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Batasan Perbandingan Ukuran Utama	9
Tabel IV.1 Jembatan yang Melintasi Sungai Kalimas	36
Tabel V.1 Perbandingan Beberapa Jenis Keralatan Kapal Pembersih	45
Tabel V.2 Data Kondisi Sampah dan Tumpahan Minyak di Perairan Surabaya	48
Tabel V.3 Detail Jumlah Sampah dan Tumpahan Minyak yang Harus Diangkut	48
Tabel V.4 Rekapitulasi Ukuran Utama Awal Kapal	49
Tabel V.5 Hasil Interpolasi <i>Viscous Resistance</i> dari Faktor S/B1 dengan L/B1	54
Tabel V.6 Perhitungan Harga $1+\beta k$	54
Tabel V.7 Perhitungan Harga τ dengan Interpolasi dari Faktor S/L dan Fr	55
Tabel V.8 Hasil Perhitungan C_w dengan Interpolasi dari Faktor L/B1	55
Tabel V.9 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Hambatan	56
Tabel V.10 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Horse Power	57
Tabel V.11 Rekapitulasi Karakteristik Mesin Utama yang Direncanakan	58
Tabel V.12 Karakteristik untuk Dua Baterai Elco E-Power Electric	60
Tabel V.13 Rekapitulasi Perhitungan Daya Mesin dan Peralatan	62
Tabel V.14 Rekapitulasi Ukuran <i>Paddle Wheel</i> yang Digunakan	64
Tabel V.15 Berat Pos per Pos	68
Tabel V.16 <i>Distribution Factors</i> C_F dan C_D	70
Tabel V.17 Nilai Variabel Pembebanan	70
Tabel V.18 Rekapitulasi Nilai Pembebanan P_0 dan P_{01}	70
Tabel V.19 Rekapitulasi Nilai P_B	71
Tabel V.20 Rekapitulasi Pembebanan Sisi dan Geladak	71
Tabel V.21 Nilai Variabel Tebal Pelat Alas	72
Tabel V.22 Rekapitulasi Nilai Tebal Pelat Alas	73
Tabel V.23 Rekapitulasi Nilai Tebal Pelat Sisi dan Pelat Geladak	73
Tabel V.24 Rekapitulasi Berat dan Titik Berat Komponen DWT	74
Tabel V.25 Rekapitulasi Berat dan Titik Berat Komponen LWT	75
Tabel V.26 Rekapitulasi Perhitungan Koreksi Displasemen	75
Tabel V.27 Rekapitulasi Perhitungan Freeboard	77
Tabel V.28 Rekapitulasi Perhitungan Stabilitas	98
Tabel V.29 Rekapitulasi Perhitungan Biaya Pembangunan	105

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang Masalah

Peristiwa minyak tumpah di laut Indonesia sudah sering terjadi. Hal ini dikarenakan adanya insiden kecelakaan *tanker*, kegiatan *offshore*, dan bocornya pipa. Saat minyak tumpah di laut dia akan mengalami serangkaian perubahan dalam sifat fisik dan kimiawi. Mulai dari karakteristiknya, komposisi hingga perubahan yang terjadi pada laut. Yang paling mengerikan adalah soal dampak langsung terhadap organisme di laut.

Indonesia adalah negara yang perairannya paling sering dilalui oleh kapal-kapal besar dari berbagai belahan dunia. Tidak kurang dari 100 ribu kapal lalu-lalang melintasi Selat Malaka, Selat Sunda, Selat Lombok, Selat Ombai, Selat Makassar, Selat Karimata, Laut Jawa, Laut Maluku, dan Laut Sulawesi. Kapal-kapal yang melintas di perairan Indonesia tersebut membawa minyak, gas, bahan kimia, hasil tambang atau kontainer barang.

Apapun yang diangkutnya, di lambung kapal-kapal tersebut terdapat ribuan galon minyak bahan bakar dan pelumas. Selain kapal-kapal asing, ada ribuan kapal domestik berbagai ukuran yang berlayar dari satu pulau ke pulau lain. Artinya, sebagai negara dengan lalu lintas perairan tersibuk di dunia Indonesia adalah negara paling terancam oleh tumpahan minyak yang berasal dari kecelakaan kapal maupun pada saat bongkar muat.

Indonesia juga sebagai salah satu negara penghasil minyak, saat ini memiliki 532 anjungan pengeboran minyak lepas pantai, 70 di antaranya sudah tidak berfungsi. Salah satu prasarana penunjang ladang minyak lepas pantai adalah jaringan pipa minyak bawah laut.

Dari total pipa migas sepanjang 14.000 kilometer, lebih dari setengahnya berada di bawah laut. Jadi, selain ancaman tumpahan minyak yang berasal dari kecelakaan kapal dan bongkar muat, juga potensi tumpahan minyak yang berasal dari sumur minyak atau pipa yang pecah (*blow out*) sangatlah besar.

Di tahun 2010, tumpahan minyak telah meluber di kolam pelabuhan dermaga Jamrud Utara Tanjung Perak. Tumpahan ini terjadi karena kebocoran pada sisi lambung kiri kapal MV Traveller Biglift. Tumpahan minyak dari kapal berbendera Belanda ini mengakibatkan minyak menjalar hingga jarak pandang lebih dari satu kilometer dari lokasi kejadian (republika.co.id, 2010).

Berdasarkan data jumlah sampah yang ada di aliran sungai Kalimas, tak dapat dipungkiri jika musim penghujan tiba Kota Surabaya dilanda banjir. Faktor utama penyebab timbulnya sampah adalah kurangnya kesadaran dari masyarakat khususnya warga Surabaya dalam membuang sampah pada tempatnya. Hal ini dibuktikan dengan sebanyak 90% sampah yang ada di aliran sungai berasal dari sampah rumah tangga, pasar, dan perkantoran disekitar sungai, sedangkan sisanya berasal dari sampah alam berupa daun dan ranting (Adiba, 2016).

Maka dari itu penelitian Tugas Akhir ini dilakukan desain sebuah kapal pembersih tumpahan minyak dan sampah guna mengatasi permasalahan yang ada.

I.2. Perumusan Masalah

Dari latar belakang masalah di atas permasalahan yang timbul adalah:

1. Bagaimana menentukan *payload* kapal?
2. Bagaimana menentukan ukuran utama kapal?
3. Bagaimana analisis teknis dari kapal?
4. Bagaimana membuat desain Rencana Garis (*Lines Plan*) kapal?
5. Bagaimana membuat desain Rencana Umum (*General Arrangement*) kapal?
6. Bagaimana membuat desain Model 3D kapal?
7. Bagaimana analisis ekonomis dari kapal?

I.3. Tujuan

Berdasarkan dari latar belakang dari Tugas Akhir ini, maka tujuan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini adalah:

1. Mendapatkan jumlah *payload* kapal.
2. Mendapatkan ukuran utama kapal.

3. Mendapatkan hasil analisis teknis dari kapal.
4. Mendapatkan desain Rencana Garis (*Lines Plan*) kapal.
5. Mendapatkan desain Rencana Umum (*General Arrangement*) kapal.
6. Mendapatkan desain Model 3D kapal.
7. Mendapatkan hasil analisis ekonomis dari kapal.

I.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan kapal baja.
2. Masalah teknis (desain) yang dibahas hanya sebatas *concept design*.
3. Tidak membahas perhitungan konstruksi, kekuatan memanjang, dan kekuatan melintang.
4. Menghitung analisis ekonomis hanya sebatas biaya pembangunan kapal.
5. Tidak memperhitungkan pasang surut Sungai Kalimas.

I.5. Manfaat

Dari Tugas Akhir ini, diharapkan dapat diambil manfaat sebagai berikut:

1. Secara akademis, diharapkan hasil pengerjaan Tugas Akhir ini dapat membantu menunjang proses belajar mengajar dan turut memajukan dunia pendidikan di Indonesia.
2. Secara praktek, diharapkan hasil dari pengerjaan Tugas Akhir ini dapat menyediakan kapal pembersih minyak yang memiliki kemampuan mobilitas sehingga dapat mengatasi insiden terjadinya pencemaran lingkungan dari minyak tumpah di laut.

I.6. Hipotesis

Desain kapal ini dapat mempercepat penanggulangan tumpahan minyak dan mengurangi sampah yang ada di Perairan Surabaya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

STUDI LITERATUR

II.1. Dasar Teori

Dalam perencanaan kapal banyak sekali metode yang digunakan antara lain adalah *method of comparsion ship* (metode perbandingan) (Santosa, 1999). Metode ini sering digunakan pada galangan kapal dalam merencanakan kapal baru. Dasar pemikirannya adalah kapal yang dihasilkan akan lebih baik dari kapal sebelumnya atau paling tidak akan menyamai kapal sebelumnya yang sudah terbukti dapat berlayar dengan baik. Keuntungan dari metode ini adalah:

1. Cepat dan sederhana.
2. Resiko sedikit dan bersifat memperbaiki kekurangan (baik dari sisi teknis maupun ekonomis) dari kapal yang sudah penuh dibangun.

Namun metode ini juga memiliki beberapa kekurangan yaitu sebagai berikut:

1. Sangat tergantung dengan kapal pembanding.
2. Tidak dapat menjamin bahwa kapal pembanding mempunyai sifat teknis dan ekonomis yang optimal.
3. Terbatasnya nilai kreatifitas dari sisi perancangan.

Selain itu dalam proses mendesain kapal, digunakan pula teknik berulang yang prosesnya terangkum dalam sebuah alur melingkar yang disebut *spiral design*. Proses berulang ini bertujuan untuk menghasilkan sebuah *output* desain yang maksimal dan sesuai keinginan. Didalam diagram *spiral design* terdapat 4 pembagian proses yaitu: *concept design*, *preliminary design*, *contract design* dan *detail design*. Proses desain selalu diawali dengan *design statement* (Evans, 1959).

II.1.1. Design Statement

Diperlukan penggambaran dan pendefinisian mengenai kapal yang akan dibangun. Hal ini berguna sebagai arahan untuk seorang desainer dalam menentukan pilihan rasional-rasional ketika mendesain. Adapun *design statement* terdiri dari beberapa bagian utama yaitu:

1. Tujuan atau misi dari kapal.

Penentuan tujuan atau misi kapal berguna untuk memberikan gambaran awal dalam mendesain.

2. Ukuran yang sesuai.

Setelah mengetahui tujuan pembuatan kapal, selanjutnya dilakukan proses penerjemahan baik dalam bentuk perhitungan maupun dalam bentuk gambar dengan tujuan untuk memberi alternatif pilihan desain. Dari beberapa pilihan ini akan diambil desain yang memiliki nilai paling optimal baik dari segi kekuatan maupun dari segi ekonomisnya.

3. Permintaan pemilik (*owner*).

4. Batasan desain.

II.1.2. *Concept Design*

Tahap ini merupakan yang paling awal dalam proses perancangan sebuah kapal. Tahap ini memberi penerjemahan *mission requirements* atau permintaan pemilik kapal kedalam ketentuan-ketentuan dasar dari kapal yang akan didesain (Evans, 1959). Pembuatan konsep desain membutuhkan TFS (*Technical Feasibility Study*) dalam proses pencarian ukuran utama ataupun karakteristik lainnya yang bertujuan untuk memenuhi kecepatan, *range*, *endurance*, kapasitas dan *deadweight*.

Konsep desain biasa dibuat dengan menggunakan rumus pendekatan, kurva, ataupun pengalaman untuk membuat perkiraan awal yang bertujuan untuk mendapatkan estimasi biaya konstruksi, biaya permesinan, biaya peralatan serta perlengkapan kapal. Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut:

1. Klasifikasi biaya untuk kapal baru dengan membandingkan beberapa kapal yang sudah ada.
2. Mengidentifikasi semua perbandingan desain utama.
3. Memilih proses literatif yang akan menghasilkan desain yang memungkinkan.
4. Membuat ukuran yang sesuai (analisis maupun subjektif) untuk desain.
5. Mengoptimasi ukuran utama.
6. Mengoptimasi detail kapal.

II.1.3. *Preliminary Design*

Pada tahap ini dilakukan pemeriksaan ulang yang terkait dengan *performance* kapal. Hasil dari pemeriksaan ulang diharapkan tidak banyak mengubah apa yang sudah ada di tahap desain sehingga proses desain bisa berlanjut ke tahap selanjutnya (Evans, 1959).

Hasil dalam tahap ini akan menjadi dasar dalam pengembangan rencana kontrak dan spesifikasi di tahapan berikutnya. Adapun tahap *preliminary design* ditandai dengan beberapa langkah sebagai berikut:

1. Melengkapi bentuk lambung kapal.
2. Pemeriksaan terhadap analisis *detail* struktur kapal.
3. Penyelesaian desain bagian interior kapal.
4. Perhitungan stabilitas dan hidrostatis kapal.
5. Evaluasi perhitungan tahanan, *powering* maupun *performance* kapal.
6. Perhitungan berat kapal secara *detail* dalam hubungannya dengan penentuan sarat dan trim kapal.
7. Perhitungan biaya secara menyeluruh.

II.1.4. *Contract Design*

Pada tahap ini juga masih dilakukan upaya-upaya perbaikan dari hasil tahap *preliminary design* sehingga desain yang dihasilkan menjadi lebih baik, akurat dan teliti (Evans, 1959), terutama pada beberapa hal sebagai berikut:

1. *Hull form*, dengan memperbaiki *linesplan*.
2. Tenaga penggerak dengan menggunakan *model test*.
3. *Seakeeping* dan *maneuvering*.
4. Sistem propulsi (pengaruh jumlah propeller terhadap badan kapal).
5. Detail konstruksi, pemakaian jenis baja dan tipe gading.

Selain beberapa hal diatas, dilakukan juga perhitungan berat dan titik berat yang didasarkan pada posisi dan berat masing-masing item konstruksi. pembuatan *General Arrangement* secara lebih detail dibuat dalam tahap ini termasuk juga didalamnya kepastian terhadap kapasitas permesinan, bahan bakar, air tawar, dan ruang akomodasi.

Setelah beberapa hal diatas selesai dilakukan maka selanjutnya dibuat spesifikasi rencana standar kualitas dari bagian badan kapal beserta peralatannya. Termasuk juga didalamnya mengenai metode *function test* untuk memastikan kondisi dan *performance* kapal menyamai atau mendekati *mission requirement* awal. Hasil akhir dari *contract design* ini ialah dokumen kontrak pembuat kapal.

II.1.5. *Detail Design*

Detail Design adalah tahapan terakhir dari proses mendesain sebuah kapal. Pada tahap ini hasil dari tahapan sebelumnya dikembangkan menjadi gambar kerja yang *detail* (Evans, 1959). Disamping itu pada *detail design* diberikan pula petunjuk mengenai instalasi dan *detail* konstruksi. Sehingga para pekerja dibagian produksi bisa mengerjakan pembangunan kapal dengan baik. Pada tahap ini bisa dipastikan tidak ada lagi perubahan. Meski demikian, kadangkala tetap dilakukan revisi namun dalam prosentase yang kecil sebagai akibat adanya ketidaksesuaian antara gambar dengan kondisi sebenarnya di lapangan.

II.1.6. *Level Design*

Pada proses perencanaan, pengaturan dan pendeskripsian proses desain kapal ada perbedaan antara *level I Design (total ship) Element* dan *Level II (ship system) Element* (Harry, 2008). *Level I design* berhubungan dengan sintesa dan analisis dari atribut total kapal seperti bentuk lambung, rencana umum dan atribut total kapal yang mencakup berat serta titik beratnya.

Sedangkan pada *Level II Design*, berhubungan dengan sintesa dan analisis elemen utama kapal secara khusus yang mencakup struktur, iystem propulsi, pembangkit dan distribusi listrik, *ship control*, navigasi, sistem komunikasi, sistem mekanik, termasuk pipa HVAC (*Heating Ventilating, and Air Conditioning*), serta *outfitting*.

Hubungan antara *Level I Design* dan *Level II Design* ada pada *Output* dan hasilnya. Hasil dari *Level I Design* biasanya menjadi input untuk untuk kemudian diproses untuk mendapatkan hasil pada *Levell II Design*.

II.1.7. *Metode Design Layout*

Metode Design Layout adalah metode mendesain yang memperhatikan tata letak elemen-elemen desain terhadap suatu bidang dalam media tertentu untuk mendukung konsep yang dibawanya (Suriyanto, 2008). *Layout* adalah konsep pengauran tenaga kerja, ruang yang tersedia, fasilitas, dan peralatan yang dipergunakan agar sesuai kegiatan atau tujuan berjalan efektif dan efisien. *Layout* merupakan salah satu keputusan yang menentukan efisiensi operasional dalam hal ini kapal.

II.1.8. **Penentuan Ukuran Utama Kapal**

Hal yang paling penting untuk diketahui oleh seorang desainer atau perancang ialah *owner requirements*. *Owner requirements* merupakan ukuran-ukuran atau variabel tertentu

yang diinginkan dan telah ditentukan oleh pemilik atau pemesan kapal. Tidak semua ukuran kapal ditentukan oleh pemesan, biasanya pemesan hanya menyerahkan jenis kapal, beserta muatan serta jenis muatan (*payload*) yang dapat diangkut kapal, rute pelayaran, radius pelayaran, kecepatan kapal, dan kelas yang diinginkan. Berikut merupakan ukuran-ukuran utama sebuah kapal:

- a) L_{pp} (*Length between perpendicular*) yaitu panjang kapal yang diukur antara garis tegak vertikal di buritan (*after perpendicular*) dan garis tegak vertikal di haluan (*fore perpendicular*).
- b) L_{oa} (*Length Overall*) yaitu panjang keseluruhan kapal yang diukur secara horizontal dari titik depan terluar hingga titik belakang terluar kapal.
- c) B_m (*Breadth Moulded*) yaitu lebar terbesar diukur dari bidang tengah kapal. Untuk kapal baja dan logam lainnya, *breadth moulded* diukur tanpa kulit, sedangkan untuk kapal kayu atau berbahan non-logam diukur dari jarak antara dua sisi terluar kulit kapal.
- d) H (*Height*) yaitu jarak tegak yang diukur pada bidang tengah kapal dari atas lunas hingga sisi atas geladak disisi kapal.
- e) T (*draught*) yaitu jarak tegak yang diukur dari sisi atas lunas hingga ke permukaan air

Ukuran utama yang diperoleh akan digunakan sebagai ukuran utama awal dalam perhitungan teknis. *Initial hull dimension* dapat berubah jika hasil perhitungan teknis yang dilakukan tidak memenuhi regulasi yang berlaku. Sedangkan rentang rasio yang digunakan mengacu pada (Insel, 1992) seperti pada Tabel II.1:

Tabel II.1 Batasan Perbandingan Ukuran Utama

Parameter	Range Ratio
L/B_1	$6 < L/B_1 < 11$
B/H	$0.7 < B/H < 4.1$
S/L	$0.2 < S/L < 0.5$
S/B_1	$1 < S/B_1 < 4$
B_1/T	$1 < B_1/T < 3$
B_1/B	$0.15 < B_1/B < 0.3$
C_b	$0.36 < C_b < 0.59$

Sumber: Papper M. Insel and A. F. Molland

II.1.9. *Main Coefficient*

Komponen-komponen berikutnya setelah didapatkan ukuran utama awal kapal adalah *main coefficient* yang meliputi *Froude Number* (F_r), *Block Coefficient* (C_b), *Prismatic Coefficient* (C_p), *Midship Coefficient* (C_m), dan *Waterplane Coefficient* (C_{wp}). Berikut penjelasan masing-masing komponen tersebut:

1. *Froude Number* (F_r)

Angka *Froude* merupakan perbandingan antara kecepatan kapal dengan panjang kapal. Angka *Froude* dapat mendefinisikan kapal mana saja yang termasuk kapal lambat, kapal sedang, ataupun kapal cepat tergantung unsur-unsur yang dijelaskan di atas.

Formula *Froude Number* menurut (Lewis, 1988):

$$F_r = \frac{v}{\sqrt{g \times Lwl}} \quad (2.1)$$

2. *Block Coefficient* (C_b)

Koefisien blok adalah perbandingan volume badan kapal yang tercelup terhadap volume balok yang menyelubunginya badan kapal yang tercelup.

$$C_b = \frac{\nabla}{Lwl \times B \times T} \quad (2.2)$$

3. *Prismatic Coefficient* (C_p)

Koefisien prismatic adalah perbandingan volume badan kapal yang tercelup dengan volume prisma dengan penampang sebesar gading terbesar dan panjang.

$$C_p = \frac{\nabla}{Lwl \times Am} \quad (2.3)$$

4. *Midship Coefficient* (C_m)

Koefisien *midship* adalah perbandingan antara luasan gading terbesar dengan luasan persegi panjang yang melingkupinya.

$$C_m = \frac{Am}{B \times T} \quad (2.4)$$

5. *Waterplane Coefficient* (C_{wp})

Koefisien bidang air merupakan perbandingan antara luasan bidang air dengan luasan persegi panjang yang melingkupinya.

$$C_{wp} = \frac{Awp}{Lwl \times B} \quad (2.5)$$

II.1.10. Perhitungan Hambatan

Perhitungan hambatan total kapal dilakukan untuk mendapatkan daya mesin yang sesuai dan dibutuhkan oleh kapal. Dengan demikian kapal dapat berlayar dengan kecepatan sebagaimana yang diinginkan oleh pemilik kapal sesuai *owner requirement*. Menurut (Insel, 1992), hambatan kapal dipengaruhi oleh besarnya nilai WSA kapal, dan koefisien hambatan total kapal.

Komponen hambatan yang dialami oleh kapal berlambung katamaran lebih kompleks dikarenakan adanya efek interferensi antar kedua lambungnya, yaitu:

1. *Viscous interference resistance* (interferensi viskositas)

Adalah aliran di sepanjang *demihull* simetris berbentuk tidak simetris akibat pengaruh keberadaan *demihull*.

2. *Wave making interference resistance* (interferensi gelombang)

Adalah hasil dari buah lambung yang bergerak sejajar, efek interferensi pada hambatan gelombang akan sangat berpengaruh.

Hambatan total pada katamaran harus dikalikan dua, mengingat katamaran memiliki dua lambung yang identik.

II.1.11. Perhitungan Propulsi dan Powering

Untuk memilih mesin induk yang akan digunakan pada 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 diatas daya yang telah dihitung

II.1.12. Perhitungan Berat Kapal

Berat kapal terdiri dari dua komponen yaitu LWT (*Light Weight Tonnage*) dan DWT (*Dead Weight Tonnage*). Komponen DWT meliputi berat bahan bakar mesin genset ($W_{fo\&genset}$), berat kru dan barang bawaannya (W_{ca}), dan berat muatan bersih (*payload*). *Payload* kapal ini adalah jumlah sampah dan tumbuhan air yang dapat ditampung. Sedangkan LWT (*Light Weight Tonnage*) meliputi berat lambung kapal, berat geladak kapal, berat ruang navigasi, berat konstruksi lambung, berat *equipment and outfitting*, dan berat permesinan (W_m).

- A. Menghitung LWT

Komponen yang akan dihitung dalam LWT ini adalah berat baja/material dan perlengkapan serta permesinan.

1. Berat Baja Kapal

Dalam perhitungan berat baja kapal, ada dua metode umum yang sering digunakan yaitu metode perhitungan langsung pos per pos dan metode perhitungan dengan menggunakan formula pendekatan. Adapun dalam Tugas Akhir ini, penulis memilih menggunakan perhitungan pos per pos berdasarkan komponen yang ada di kapal untuk perhitungan berat baja kapal (Watson, 1998).

2. Perhitungan berat permesinan

Perhitungan berat permesinan berdasarakan spesifikasi teknis dari katalog mesin yang sudah ada dipasaran.

B. Menghitung DWT

Komponen DWT yang dihitung berupa *payload*, bahan bakar, minyak pelumas dan *crew provision*.

1. Perhitungan Berat Bahan Bakar

Untuk perhitungan berat bahan bakar tergantung tingkat konsumsi bahan bakar dari mesin itu sendiri. Besarnya tingkat konsumsi diberikan pada spesifikasi mesin yang sudah ditentukan. Sebelum menghitung berat bahan bakar ditentukan terlebih dahulu jumlah mesin, *power* dan lama operasi.

2. Perhitungan Minyak Pelumas

Perhitungan minyak pelumas tergantung dari berat bahan bakar dari kapal itu sendiri. Untuk mencari berat minyak pelumas dapat menggunakan persamaan dibawah ini (Poehl, 1982):

$$P_{10} = (0.001-0.003) \times P_{f0} \quad (2.6)$$

Dimana:

$$P_{10} = \text{Berat Minyak Pelumas} \quad [\text{Ton}]$$

$$P_{f0} = \text{Berat Bahan Bakar} \quad [\text{Ton}]$$

II.1.13. Perhitungan Trim Kapal

Trim dapat didefinisikan sebagai kondisi kapal yang tidak *even keel*. *Trim* terjadi sebagai akibat dari tidak meratanya momen statis dari penyebaran gaya berat. *Trim* dibedakan

menjadi dua, yaitu *trim* haluan dan *trim* buritan. *Trim* haluan terjadi apabila sarat haluan lebih tinggi dari pada sarat buritan. Begitu juga sebaliknya untuk *trim* buritan.

(Parson, 2003) menyebutkan batasan *trim* yang digunakan untuk perhitungan ditentukan sebesar $\leq 0.005\%$.

$$\text{Trim} = T_a - T_f = ((LCG - LCB)L) / GM_1 \quad (2.7)$$

Besarnya *trim* yang terjadi pada kapal sangat dipengaruhi oleh berat dan titik berat seluruh komponen yang ada diatas kapal. Oleh karena itu perlu dilakukan pengaturan posisi komponen yang memiliki berat diatas kapal sehingga *trim* yang dihasilkan sekecil mungkin bahkan kalau bisa tidak terjadi trim sama sekali (*even keel*).

II.1.14. Perhitungan *Freeboard*

Freeboard adalah hasil pengurangan tinggi kapal dengan sarat kapal dimana tinggi kapal termasuk tebal kulit dan lapisan kayu jika ada, sedangkan sarat T diukur pada sarat musim panas. Perhitungan *freeboard* tidak dapat menggunakan ketentuan *Internasional Convention on Load Lines (ICLL)* 1966, karena dalam hal ini kapal yang digunakan adalah kapal katamaran sehingga mengacu pada *Non-Convention Vessel Standard (NCVS)*.

II.1.15. Perhitungan Stabilitas Kapal

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

1. Titik G (*grafity*) yaitu titik berat kapal.
2. Titik B (*bouyancy*) yaitu titik tekan ke atas dari volume air yang dipindahkan oleh bagian kapal yang tercelup di dalam air.
3. Titik M (*metacentre*) yaitu titik perpotongan antara vektor gaya tekan ke atas pada keadaan tetap dengan vektor gaya tekan ke atas pada sudut oleng.

Keseimbangan apung kapal adalah kemampuan kapal untuk mendukung gaya berat yang dibebankan dengan menggunakan tekanan hidrostatis yang bekerja di bawah permukaan air dan memberikan daya dukung dengan gaya angkat statis pada kapal.

Dalam perhitungan stabilitas, penulis menggunakan kriteria stabilitas *Marine Guide Notices (MGN) 280 Chapter 11, Section 3.7*. Kapal yang akan dibangun harus dapat dibuktikan secara teoritis bahwa kapal tersebut memenuhi standar keselamatan atau *safety of life at sea (SOLAS)* atau International Maritime Organization (IMO).

Batasan-batasan yang harus dipenuhi antara lain adalah sebagai berikut:

1. Jika GZ max terjadi pada $\theta=15^\circ$, maka luas gambar di bawah kurva dengan lengan penegak $GZ \geq 0.085$ m.rad.
2. Dan jika GZ max terjadi pada $\theta=30^\circ$, maka luas gambar di bawah kurva GZ tidak boleh kurang dari 0.055 m.rad.
3. Ketika GZ max terjadi antara $\theta = 15^\circ$ dan 30° , daerah di bawah kurva GZ hingga θ GZmax tidak boleh kurang dari : $A = 0,055 + 0,002 (300- \theta \text{ GZ Max})$ meter.radian.
4. Lengan pengembali GZ pada $\theta=30^\circ$ tidak boleh kurang dari 0.20 m
5. Tinggi titik metasenter awal (GM) tidak boleh kurang dari 0.35m

Untuk kapal katamaran, khususnya *cruising catamaran* memiliki lengan stabilitas statis maksimum yang lebih besar jika dibandingkan dengan *monohul* pada umumnya. *Cruising catamaran* mencapai lengan statis maksimum pada sudut sekitar 12.5° , dan ketika berlayar lebih stabil dari pada *monohull* (Tarjan, 2008).

II.2. Tinjauan Pustaka

Proses mendesain kapal memerlukan sebuah studi literatur untuk membantu dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.

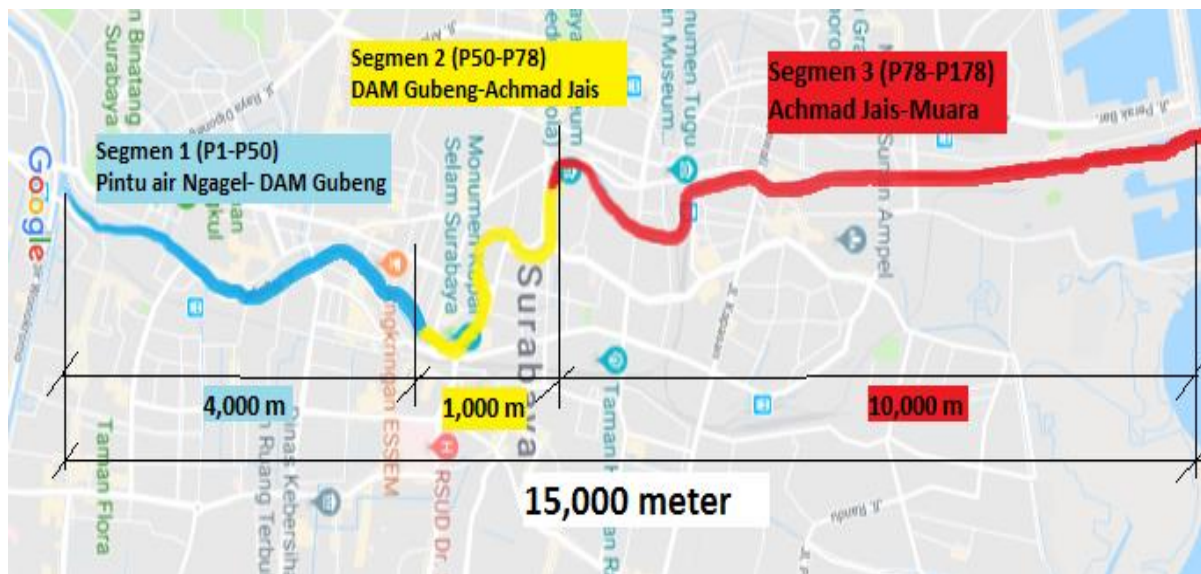
II.2.1. Sungai Kalimas Surabaya

Surabaya merupakan salah satu kota terbesar kedua setelah Ibu Kota Jakarta dengan luas sekitar 350,54 km persegi dan jumlah penduduk 3.016.653 jiwa. Menjadi Ibu Kota dari Provinsi Jawa Timur, Surabaya merupakan pusat sentral industri yang memiliki peran penting dalam kemajuan wilayah khususnya Jawa Timur. Pada tahun 1612-1625, Surabaya sudah menjadi bandar perdagangan yang sangat ramai. Surabaya menjadi suatu pelabuhan transit dan tempat penimbunan barang-barang dari daerah lain. Letak Surabaya yang strategis ini mengakibatkan bangsa-bangsa yang gemar berlayar dari Timur dan Barat bertemu. Sejak dulu Sungai Kalimas menjadi *working space* (ruang kerja), *marketing space* (ruang pemasaran), dan *transport line* (jalur transportasi) bagi Kota Surabaya. Seiring dengan perkembangan Kota Surabaya yang demikian pesat, kondisi kawasan sekitar Sungai Kalimas menunjukkan gejala dan mengalami penurunan produktifitas diakibatkan oleh menurunnya nilai properti, kondisi fasilitas dan infrastruktur yang kurang memadai, serta kondisi wilayah dan sosial ekonomi yang tidak terintegrasi dengan kawasan lainnya.

Saat ini beberapa program tengah dikembangkan oleh pemerintah Kota Surabaya untuk meningkatkan pengelolaan Sungai Kalimas. Program-program tersebut dilakukan sesuai dengan arahan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Surabaya. Pada RTRW

Kota Surabaya direncanakan akan dilakukan pengembangan angkutan sungai dalam kota sebagai angkutan umum dan angkutan pariwisata yang dilengkapi dengan dermaga pada pusat-pusat pelayanan di Sungai Kalimas dan Sungai Wonokromo pelaksanaan RTRW Kota Surabaya didukung oleh Visi pembangunan Kota Surabaya yaitu “Surabaya Cerdas dan Peduli”. Hal ini untuk mewujudkan struktur pemerintahan dan kemasyarakatan yang demokratis, bermartabat dalam tatanan lingkungan yang sehat dan manusiawi (Hastijanti, 2010)

Pada Gambar II.1 Sungai utama yang berada di Kota Surabaya berasal dari Sungai Brantas yang mengalir melalui Kota Mojekerto. Di kota ini Sungai Brantas terbagi menjadi dua, yakni Sungai Porong dan Sungai Surabaya yang dimensinya lebih kecil. Di Wonokromo, Sungai Surabaya terpecah menjadi dua anak sungai, yaitu Sungai Kalimas dan Sungai Wonokromo. Sungai Kalimas mengalir ke arah pantai utara melewati tengah kota, sedangkan Sungai Wonokromo ke arah pantai timur dan bermuara di selat Madura.

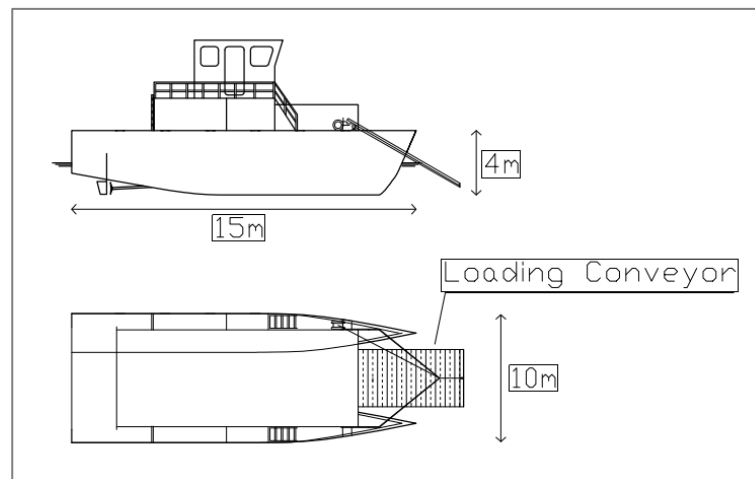


Gambar II.1 Sungai Kalimas Surabaya
(Sumber: Google Maps, 2019)

II.2.2. *Layout Awal*

Adapun *layout awal* dari desain konsep *Trash Oil Spill Skimmer Boat* seperti pada Gambar II.2 dengan bagian-bagian yang menunjang desain. Desain konsep ini dilengkapi *conveyor belt* dibagian haluan. *Conveyor belt* ini kemudian menyambung ke bagian *deck* sebagai ruang muat, dan menyambung lagi di bagian buritan yang berfungsi untuk menyalurkan muatan ke tempat penampungan yang sudah disiapkan. Sehingga dapat efisien untuk operasi kapal saat membersihkan sampah dan tumpahan minyak di perairan.

Seperti yang dapat dilihat pada Gambar II.2, rancangan dari kapal ini nantinya menggunakan sistem penggerak *paddle wheel* di bagian samping (*side wheel*). Sistem penggerak ini mempunyai kelebihan *manuver* yang lebih baik dan untuk perairan dangkal (*shallow water*) juga sangat cocok untuk perairan seperti ini.



Gambar II.2 *Layout Awal Desain Konsep Trash and Oil Spill Skimmer Boat*

II.2.3. Kapal Kerja Skimmer

Kapal kerja *skimmer* merupakan kapal khusus yang fungsi dan kerjanya khusus untuk daerah tertentu sehingga desain untuk masing-masing kapal memiliki karakteristik yang berbeda sesuai lokasi pelayaran dan tujuan pembuatan kapal (Pramoko, 2013). Contoh-contoh dari kapal jenis ini antara lain *Oil Skimmer Boat*, *Weed Harvester Skimmer Boat*, *Trash Skimmer Boat*, dan *Trash Hunter Boat (Bucket)*.

II.2.3.1. *Oil Skimmer Boat*

Kapal kerja jenis ini dilengkapi dengan *conveyor belt* yang diberi alat dengan teknologi *oil skimmer belt* untuk membersihkan tumpahan minyak di pelabuhan maupun dikawasan perairan tempat terjadinya kecelakaan yang mengakibatkan adanya tumpahan minyak. Pada Gambar II.3 terlihat *oil skimmer* sedang beroperasi melakukan pembersihan tumpahan minyak di laut. Lambung kapal ini biasanya diberi bak penampung minyak yang nantinya akan dibawa ke dermaga penampungan untuk dipindahkan. Peralatan yang digunakan kapal jenis ini antara lain adalah *oil skimmer belt* dan bak penampung. *Oil skimmer belt* digunakan untuk memindahkan minyak yang tumpah di perairan, lalu tumpahan minyak yang sudah diangkut nantinya akan langsung masuk kedalam bak penampungan.



Gambar II.3 *Oil Skimmer Boat* Membersihkan Minyak di Tengah Laut

(Sumber: <http://www.nola.com/news/gulf-oil-spill>, 2019)

II.2.3.2. *Weed Harvester Skimmer Boat*

Kapal kerja jenis ini berfungsi untuk memotong tumbuhan yang tumbuh di danau ataupun sungai. Hal ini dilakukan untuk mencegah terjadinya pendangkalan pada perairan tersebut sekaligus untuk membersihkan jalur pelayaran. Karena itulah kapal jenis ini dilengkapi dengan *conveyor belt* dimana ujung lengannya diberi alat pemotong. Pada Gambar II.4, *Weed Harvester Boat* sedang melakukan pembersihan tumbuhan seperti ganggang dan eceng gondok. Setelah tumbuhan tersebut terpotong kemudian akan langsung terangkut oleh *conveyor belt* menuju bak penampung di atas geladak kapal. Kapal ini biasanya menggunakan lambung pontoon dan menggunakan mesin *single diesel engine* yang menyuplai kebutuhan propulsi, kelistrikan dan peralatan hidrolik. Untuk melakukan fungsinya yang maksimal, kapal ini harus memiliki olah gerak yang baik, oleh karena itu digunakan *propeller* yang dapat berotasi 360° untuk mempermudah bermanuver. Peralatan kerja yang ditopang oleh lengan hidrolik adalah pisau potong, *front conveyer*, propulsi, *steering of the boat* (Pramoko, 2013)



Gambar II.4 *Weed Harvester Boat* Pembersih Tanaman Air
(Sumber: <https://www.ausenviro.com/aquatic-harvesting-solutions>, 2019)

II.2.3.3. *Trash Skimmer Boat*

Trash Skimmer Boat merupakan kapal kerja jenis *pontoon* dengan lambung katamaran. Kapal jenis ini dilengkapi *conveyor belt* yang dapat dinaikkan dan diturunkan sesuai kebutuhan. *Conveyor belt* tersebut mempunyai fungsi untuk mengumpulkan sampah yang mengapung di permukaan air sungai dan bak penampung itu sendiri berfungsi untuk menampung sampah yang telah dikumpulkan. Pengumpulan sampah dilakukan melalui sisi haluan kapal. Pada sisi haluan kapal yang berfungsi sebagai pintu masuknya sampah terdapat lengan yang dapat digerakkan sesuai keinginan. Lengan tersebut digerakan dengan sistem hidrolik.

Gambar II.5 merupakan *Trash Skimmer Boat* yang dibuat baru-baru ini sudah dilengkapi dengan lengan yang diberi *conveyor belt* dengan tenaga hidrolik. *Trash Skimmer* jenis ini mampu bekerja lebih cepat dalam membersihkan sampah dan juga bisa menampung lebih banyak sampah karena ukuran bak penampung lebih besar. Beberapa tempat di dunia yang telah menggunakan *trash skimmer boat* antara lain Washington, D.C., New York, Chicago dll (Pramoko, 2013).



Gambar II.5 *Trash Skimmer Boat* saat Beroperasi
(Sumber: <http://www.mudcatdredge.com/trash-skimmer-vessels>, 2019)

II.2.3.4. *Trash Hunter Boat (Bucket)*

Kapal kerja jenis ini memiliki *bucket* yang dipasang pada salah satu sisinya, yaitu di sisi haluan yang berfungsi untuk melakukan pengerukan, perataan tanggul sungai, serta mengambil dan mengangkut sampah-sampah berukuran besar menuju ke bak penampungan yang tersedia. Di bagian *maindeck* biasanya difungsikan sebagai tempat penyimpanan sementara atau juga bisa langsung di tempatkan ke bak pembuangan yang sudah disiapkan seperti pada Gambar II.6 berikut:



Gambar II.6 *Trash Hunter Boat (Bucket)*

(Sumber: <http://www.lowtechmagazine.com/fighting-marine>, 2019)

II.2.4. **Katamaran**

Katamaran merupakan kapal yang mempunyai dua lambung atau badan yang dihubungkan oleh geladak (*bridging platform*) ditengahnya. *Bridging platform* ini bebas dari permukaan air sehingga *slamming* dan *deck wetness* kapal dapat dikurangi. Penentuan ketinggian struktur bagian atas dari permukaan air merupakan fungsi dari tinggi gelombang rute pelayaran yang dilalui. Kombinasi luas geladak yang besar dan berat kapal kosong yang rendah membuat kapal katamaran dapat diandalkan untuk transportasi muatan antar kota maupun pariwisata (Insel, 1992). Seperti pada Gambar II.7 karakter tahanan di air tenang tipe katamaran lebih besar dibandingkan dengan kapal *monohull*. Dominasi tahan gesek mencapai 40% dari tahanan total pada kecepatan rendah. Penurunan kecepatan akibat kondisi gelombang tinggi tidak dijumpai pada kasus katamaran. Kapal tipe ini dapat dioperasikan pada kecepatan relative tinggi dan masih mempunyai konsumsi bahan bakar yang dapat diterima secara ekonomis.

Bentuk badan kapal harus dipilih berdasarkan metode yang tepat sehingga hasilnya akan didapatkan yang maksimal. Kapal katamaran dengan geladak yang lebih besar adalah salah satu contoh konsep rancangan yang berhasil dalam mengatasi efek gerakan oleng.

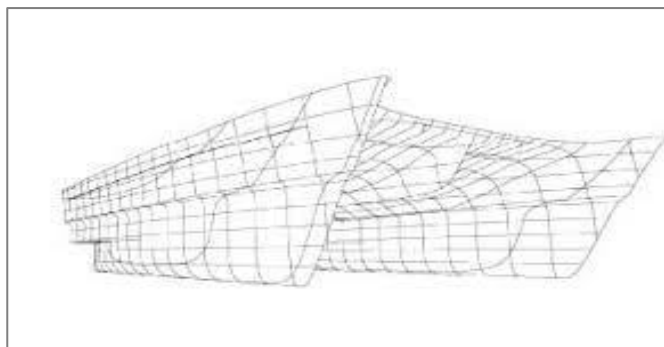
Dimana gerakan oleng tersebut merupakan kelemahan utama kapal-kapal konvensional atau *monohull* (Arianto, 2015).

Katamaran memiliki beberapa kelebihan jika dibandingkan dengan kapal monohull, diantaranya sebagai berikut:

1. Kapal dengan lebar yang sama, tahanan gesek yang dihasilkan kapal katamaran lebih kecil, sehingga pada tenaga dorong yang sama, kecepatan yang dihasilkan relatif lebih besar.
2. Luas geladak dari katamaran lebih luas dibandingkan dengan luas geladak kapal *monohull*.
3. Stabilitas kapal lebih baik sehingga tingkat keamanan lebih tinggi.
4. Sudut oleng yang relatif rendah (0° - 8°) sehingga meningkatkan rasa nyaman dan tidak mudah terkena mabuk laut (*seadickness*).
5. Dengan tahanan yang kecil, maka biaya operasional menjadi kecil.
6. Tidak perlu menggunakan ballast untuk menjaga stabilitas kapal.

Selain itu katamaran juga memiliki beberapa kekurangan, diantaranya sebagai berikut:

1. Teori dan standarisasi baik ukuran utama maupun perhitungan struktur masih minim karena merupakan teknologi baru.
2. Teknik pembuatan yang agak lebih rumit sehingga membutuhkan ketrampilan yang khusus.
3. Dengan memiliki dua lambung, maka kemampuan manuvering kurang baik jika dibandingkan dengan kapal *monohul* (Chrismianto, 2014).



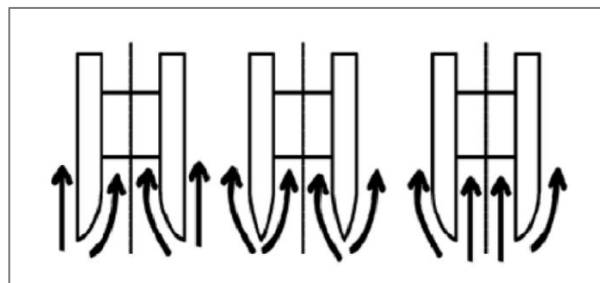
Gambar II.7 Bentuk Kapal yang Menggunakan *Hull Catamaran*
(Sumber: <https://www.boatdesignn.com/unusual-catamaran-hullshape>, 2019)

II.2.4.1. Jenis Lambung Katamaran

Terdapat banyak jenis lambung katamaran, secara umum katamaran dibedakan menjadi tiga bentuk dasar yaitu:

1. Asimetris dengan bagian dalam lurus.
2. Asimetris dengan bagian luar lurus.
3. Simetris.

Pada Gambar II.8 menunjukkan improvisasi aliran air yang akan melewati beberapa macam jenis lambung katamaran, mulai dari jenis simetris dengan bagian dalam lurus yang tampak pada gambar paling kanan, jenis simetris pada gambar tengah, dan asimetris dengan bagian luar lurus yang tampak pada bagian paling kiri (Chrismianto, 2014).



Gambar II.8 Improvisasi Aliran Fluida pada Katamaran
(Sumber: Chrismianto, D 2014)

a. Katamaran Asimetris

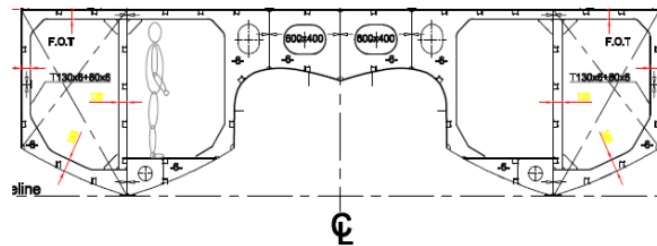
Pada bentuk badan kapal asimetris, lambung yang berbentuk lurus akan mengalami perubahan tekanan yang drastis, berbeda dengan lambung yang berbentuk lengkung, maka tekanan aliran akan berkurang dengan terdistribusinya aliran air mengikuti kelengkungan bentuk ujung depan. Desain *demihull* yang asimetris bertujuan untuk mengurangi tahanan total dengan cara menghilangkan efek interferensi dan semburan gelombang air pada daerah diantara *demihull*.

b. Katamaran Simetris

Dengan kedua lambung yang berbentuk lengkung, maka tekanan relatif lebih kecil apabila dibandingkan dengan katamaran asimetris sehingga tekanan pada penyangga relatif lebih kecil. Selain itu olah gerak kapal juga relatif lebih baik jika dibandingkan dengan katamaran asimetris. Keunggulan lain dari katamaran simetris adalah hambatan total yang lebih kecil (Adiba, 2016).

II.2.4.2. Bentuk Lambung Katamaran

Bentuk lambung katamaran dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis yaitu *Round bilge*, *Hard Chine*, dan *Wave piercer*. Rencananya kapal kerja jenis ini akan didesain menggunakan bentuk lambung katamaran *round bilge*. Seperti tampak pada Gambar II.9 bentuk lambung *round bilge* umumnya memiliki bentuk yang lebih *smooth* apabila dibandingkan dengan *hard chine*, akan tetapi membutuhkan waktu pengerjaan yang lebih lama. *Round bilge* akan menghasilkan gaya angkat yang lebih besar pada saat kecepatan tinggi. Akan tetapi pada tahap desainnya lambung bentuk ini memerlukan ketelitian yang tinggi karena apabila didesain dengan kurang baik akan menghasilkan *trim* dan akan menambah hambatan kapal. Sedangkan untuk bentuk lambung *wave piercer* umumnya digunakan untuk kapal yang membutuhkan kecepatan tinggi dengan stabilitas yang baik. Kelebihan dari tipe ini adalah menghasilkan kondisi air dibawah permukaan yang lebih stabil dan mempunyai kualitas hidrodinamika yang lebih baik (Nadiyas, 2017).



Gambar II.9 Detail Konstruksi Bentuk Lambung Rounded Bilge pada Katamaran
(Sumber: Nadiyas, 2017)

II.2.5. *Paddle Wheel*

Paddle wheel adalah sebuah bentuk dari kincir air dimana terdapat sejumlah dayung pada sepanjang pinggiran roda. Pemanfaatan *paddle wheel* antara lain sebagai pompa daya rendah (*very-low water pumping*), sebagai propulsi pada perahu atau kapal dan juga sebagai *aerator*. *Paddle wheel* pada kapal sangat tepat digunakan pada perairan dangkal (*shallow water*) karena menggunakan prinsip kerja kincir air yaitu tidak seluruh *blades* atau dayungnya tercelup air, tetapi hanya sebagian dari *blades* saja yang tercelup air (Primaningtyas, 2015)



Gambar II.10 Kapal yang Menggunakan Sistem Penggerak Paddle Wheel
(Sumber: <https://aquariussystems.com/aquatic-weed-harvesting>, 2019)

Seperti pada Gambar II.10 kelebihan *paddle wheel* sebagai tenaga penggerak yaitu menyediakan daya yang cukup dan konsumsi daya yang rendah dibandingkan dengan teknologi penggerak lainnya. Perawatan *paddle wheel* mudah karena mekanismenya sederhana, selain itu kapal dengan penggerak *paddle wheel* ini membutuhkan rancangan yang lebih kecil dibanding kapal biasa dan cocok untuk kapal yang membutuhkan manuver tinggi. Ada 2 pengaplikasian roda dayung, pertama diletakkan di samping atau di belakang kapal. Roda dayung yang diletakkan di samping (*side wheelers*) ini mempunyai kelebihan pada manuver kapal. *Side wheelers* ini sangat cocok digunakan pada sungai sempit yang berkelok-kelok. Cara kerjanya adalah dengan memindahkan *paddle* dengan kecepatan yang berbeda dan arah yang berlawanan.

Sedangkan kelemahan dari kapal yang menggunakan *paddle wheel* ini ialah terletak pada adanya penambahan/perubahan lebar kapal sebagai konsekuensi terhadap penempatan kedua roda pedal di sisi sebelah kiri dan kanan dari badan kapal. Selain itu keberadaan instalasi roda pedal adalah relatif berat bila dibandingkan dengan *screw propeller*. Sehingga secara umum aplikasi roda pedal membawa konsekuensi terhadap berat instalasi motor penggerak kapal. Kemudian *paddle wheel* ini juga rentan terhadap gerakan *rolling*, yang mana akan mengakibatkan gaya dorong menjadi tidak seragam antara roda kiri dan kanan kapal, sehingga laju gerak kapal berubah menjadi *zig-zag* (Primaningtyas, 2015).

Paddle wheel dipasang dikiri dan dikanan kapal atau juga ada yang terletak dibagian buritan kapal dan gerak putarnya dibantu oleh mesin. Umumnya digunakan di daerah yang mempunyai perairan tenang misalnya di danau, sungai dan sebagainya.

II.3. Proses Pembersihan Sampah dan Tumpahan Minyak

Proses pengumpulan sampah dan tumpahan air di kawasan perairan ini merupakan upaya untuk membersihkan kawasan perairan yang terdampak dari pencemaran khususnya sampah dan tumpahan minyak yang mengapung dipermukaan secara manual kemudian akan diolah lebih lanjut.

II.3.1. Tujuan Pembersihan Sampah dan Tumpahan Minyak

Tujuan pembersihan sampah dan tumpahan minyak di kawasan perairan ini ialah sebagai berikut:

1. Mengurangi pendangkalan.

Akibat dari pendangkalan kawasan perairan bisa bermacam-macam. Pada daerah wisata air misalnya mengakibatkan kapal kapal wisata tidak lagi bisa melintasi dan beroperasi

2. Pengendalian pencemaran sungai, laut, kanal, dan sebagainya.

Sampah akan menutupi sebagian permukaan sungai yang mengakibatkan berkurangnya fungsi sungai dan keindahan sungai serta sampah yang terbawa aliran sungai dan memasuki kawasan laut akan menyebabkan pencemaran lingkungan yang mengakibatkan lebih banyak masalah lagi seperti rusaknya populasi ikan dan terumbu karang sehingga mengakibatkan turunya nilai ekonomi masyarakat khususnya nelayan disekitar kawasan tersebut. Serta tingginya industri maritim di perairan Tj. Perak dalam beroperasi menyebabkan ancaman terhadap biota laut akan pencemaran lingkungan dari tumpahan minyak.

3. Pengendalian banjir

Desain dari kapal kerja ini nantinya juga dapat diterapkan pada sungai-sungai di kota lain yang memiliki permasalahan yang sama agar nanti saat musim penghujan tiba banjir di kota-kota besar dapat segera teratasi. Hal ini tentunya sangat bermanfaat untuk mencegah penyumbatan dan penumpukan serta pendangkalan yang sering menjadi penyebab banjir di kota-kota Indonesia.

II.4. Sistem Operasional *Loading-Offloading*

Trash and Oil Spill Skimmer boat merupakan kapal *2-in-1* yang dilengkapi *conveyor belt* yang saling berhubungan dari mulai haluan sampai buritan kapal serta dapat dinaikkan dan diturunkan sesuai kebutuhan menggunakan lengan hidrolik.

Agar dapat melakukan pembersihan sampah dan tumpahan minyak dengan mudah, digunakan tiga buah *conveyor belt* yaitu *loading conveyor*, *storage conveyor*, dan *offloading conveyor*.

1. *Loading conveyor* terletak di haluan kapal dan berfungsi untuk menangkap sampah dan tumbuhan air yang ada di depan kapal. Sampah dan tumbuhan air yang berhasil ditangkap oleh *loading conveyor* kemudian akan diteruskan menuju ke bak penampungan.
2. Di dasar bak penampung terdapat *storage conveyor*. *Conveyor* ini berfungsi untuk mempermudah keluarnya sampah dan tumpahan minyak ketika proses *offloading*.
3. *Conveyor* terakhir adalah *offloading conveyor*. *Conveyor* ini terletak diantara *demihull* kapal bagian buritan kapal. Secara garis besar *conveyor offloading* memiliki fungsi yang hampir sama dengan *loading conveyor*, perbedaannya terletak pada arah sampah bergerak. Jika *loading conveyor* berfungsi untuk mengarahkan sampah dan tumbuhan air ke bak penampung sedangkan *offloading conveyor* berfungsi untuk mengarahkan sampah keluar kapal.

Selain peralatan yang ada pada kapal, peralatan penunjang seperti tempat pembuangan sampah yang ada di tepi sungai juga harus disiapkan. Dalam hal ini, tempat Pembuangan Sampah Sementara di sempadan Jl. Semut dan sempadan Jl. Kalimas menjadi pilihan untuk tempat pembuangan sampah sementara, karena lokasi ini berada di sekitar daerah operasional. Sampah yang berada di tempat pembuangan ini nantinya akan diangkut menuju truk penampung untuk proses pengolahan lebih lanjut. Sedangkan untuk tempat pembuangan tumpahan minyak yang ada di perairan sekitar Tj. Perak juga harus disiapkan. Dalam hal ini, tempat pembuangan akan dibuang melalui fasilitas dari pelabuhan Tanjung Perak (*Reception Facilities*). Tumpahan minyak selanjutnya akan diproses lebih lanjut.

II.5. Tinjauan Ekonomis Kapal

Ditinjau dari segi ekonomis, persoalan desain kapal adalah tentang bagaimana membuat bentuk badan kapal sedemikian rupa sehingga secara teknis memiliki hambatan kecil yang selanjutnya berakibat pada kecilnya tenaga mesin yang dibutuhkan sebagai alat penggerak (Santosa, 1999). Disamping itu perencanaan agar berat konstruksi bisa seminimal mungkin. Pada akhirnya hal tersebut bisa menurunkan biaya pembangunan dan biaya operasional kapal, yang mana merupakan persoalan utama dari aspek ekonomis yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini.

II.5.1. Biaya Pembangunan Kapal

Biaya pembangunan kapal pada umumnya didominasi oleh biaya dari berat baja dan biaya peralatan serta perlengkapan kapal. Sehingga dalam proses optimasi ketiga jenis biaya ini yang kemudian dimasukkan dalam perhitungan. Namun demikian masih terdapat koreksi atas ketiga biaya tersebut. Koreksi tersebut adalah koreksi keadaan ekonomi dan kebijakan pemerintah (Watson, 1998).

- Biaya Berat Baja/Material Kapal (*Structural Weight Coast*)

Perhitungan biaya berat baja/material bisa dilakukan apabila sudah diketahui berapa total baja yang dibutuhkan untuk membangun kapal. Setelah diketahui total berat baja/material selanjutnya dikalikan dengan harga baja/material yang dijual sesuai harga di pasaran saat kapal dibangun.

- Biaya permesinan (*Machinery Coast*)

Biaya permesinan ini mencakup biaya mesin yang menjadi penggerak utama.

- Biaya Peralatan dan Perlengkapan (*Hull Outfitting Coast*)

Perhitungan biaya ini didasarkan pada kebutuhan kapal yang terdiri dari sistem bongkar muat sampah dan tumbuan air (*conveyor belt*), sistem pemotong tumbuan air (*cutter*), sistem hidrolik, penerangan, dan peralatan lain. Maka dari itu setiap item tersebut harus dicari dengan detail harganya dan selanjutnya dijumlahkan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III METODOLOGI

III.1. Identifikasi Masalah

Langkah awal dalam mengerjakan tugas akhir ini adalah menentukan permasalahan yang sedang terjadi di Perairan Surabaya.

III.2. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dalam melaksanakan penelitian Tugas Akhir ini yang berkaitan dengan permasalahan yang ada serta mencari informasi dan referensi yang mendukung dalam menyelesaikan masalah mendesain kapal kerja ini. Studi literatur yang dilakukan adalah yang berkaitan dengan pemahaman teori dan konsep dari perhitungan stabilitas, trim, *freeboard* maupun perhitungan berat total kapal.

III.3. Pengumpulan Data

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini, ada dua jenis data yang digunakan yaitu:

- Data primer, diperoleh dari pengamatan langsung di Sungai Kalimas dan Perairan Kolam Tj. Perak sebagai wilayah operasional kapal.
- Data sekunder, diperoleh dari berbagai literatur, *paper*, buku dan internet serta data dari Perum Jasa Tirta I Kota Surabaya mengenai kondisi alam di wilayah yang menjadi objek penelitian. Dalam hal ini data kondisi alam di wilayah meliputi jumlah sampah dan tumbuhan air yang memenuhi perairan setiap harinya. Sedangkan data untuk karakteristik Sungai Kalimas diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai Brantas Surabaya yang meliputi kondisi gelombang, kedalaman sungai, dan luas wilayah.

III.4. Penentuan *Payload* dan Ukuran Utama Awal

Penentuan *payload* dilakukan dengan menentukan jumlah sampah yang ada di Sungai Kalimas Surabaya dalam setahun dan tumpahan minyak yang ada di sekitar kolam Tanjung Perak, kemudian dibagi menjadi perhari untuk dapat diangkut oleh kapal kerja ini. Setelah *payload* ditentukan, langkah selanjutnya adalah penentuan volume ruang muat untuk menampung jumlah sampah dan tumpahan minyak dalam sehari.

Setelah jumlah muatan dan volume ruang muat didapatkan, maka langkah selanjutnya adalah menentukan ukuran utama awal kapal. Proses penentuan ukuran utama kapal dilakukan dengan membuat *design layout* berdasarkan volume ruang muat dan dimensi masing-masing peralatan. Peralatan disusun sedemikian rupa dengan mengambil referensi dari kapal yang sudah ada. Setiap peralatan memiliki dimensi yang menjadi acuan dalam pembuatan *layout*. Pembuatan *layout* harus memperhatikan keterkaitan peralatan satu dengan lainnya, sehingga hasil yang diperoleh menjadi maksimal dan kapal bisa bekerja dengan baik. Hasil yang didapat dari pembuatan *layout* yaitu:

- Panjang kapal
- Lebar kapal
- Tinggi kapal

Setelah didapatkan ukuran utama awal, selanjutnya dilakukan optimasi agar kapal kerja ini dapat dibuat berdasarkan ukuran utama yang optimum serta memenuhi standar/peraturan yang ada.

III.5. Analisis Teknis dan Perhitungan Ekonomis

III.5.1. Hambatan dan Propulsi

Perhitungan hambatan total kapal dilakukan untuk mendapatkan daya mesin yang sesuai dan dibutuhkan oleh kapal. Dengan demikian kapal dapat berlayar dengan kecepatan sebagaimana yang diinginkan oleh pemilik kapal sesuai *owner requirement*. Menurut (Insel, 1992), hambatan kapal dipengaruhi oleh besarnya nilai WSA kapal, dan koefisien hambatan total kapal.

III.5.2. Perhitungan Berat Kapal

Untuk menghitung berat kapal, dihitung berat LWT dan DWT kapal. LWT kapal dihitung dari beban dan tebal pelat yang digunakan. *Rules* yang digunakan untuk perhitungan beban dan tebal adalah *Lloyd's Register* karena kapal yang digunakan adalah katamaran, sehingga ditemukan berat lambung kapal. Sedangkan untuk berat DWT sendiri merupakan berat *payload*, *crew* dan barang bawaan.

III.5.3. Perhitungan *Freeboard*

Perhitungan *freeboard* tidak dapat menggunakan ketentuan *Internasional Convention on Load Lines* (ICLL) 1966, karena kapal yang digunakan adalah kapal katamaran sehingga mengacu pada *Non-Convention Vessel Standard* (NCVS).

III.5.4. Trim Kapal

Trim kapal juga dihitung bersama dengan perhitungan stabilitas menggunakan *software Hydromax Pro*. Dari perhitungan trim akan diketahui apakah kapal trim haluan atau buritan.

III.5.5. Perhitungan Stabilitas Kapal

Dalam perhitungan stabilitas menggunakan kriteria stabilitas *Marine Guide Notices (MGN) 280 Chapter 11, Section 3.7*. Komponen penting yang harus diperhatikan dalam menghitung stabilitas adalah berat total kapal, LCG, KG, dan letak tangki-tangki serta muatannya. Dari perhitungan stabilitas ini selanjutnya didapatkan kurva lengan GZ yang nantinya akan dicari luasannya dan merupakan penentu diterima atau tidaknya batasan stabilitas tersebut.

III.5.6. Perhitungan Biaya Pembangunan

Perhitungan ini meliputi biaya total komponen-komponen apa saja yang terdapat pada kapal. Hal yang harus dilakukan adalah mencari harga terkini (per tahun 2019) barang-barang/komponen-komponen yang ada pada kapal lalu dijumlahkan.

III.6. Pembuatan Rencana Garis, Rencana Umum, dan 3D Model

Setelah ukuran utama didapat, selanjutnya dilakukan pembuatan Rencana Garis untuk memodelkan bentuk lambung kapal secara keseluruhan. Dalam pembuatan Rencana Garis dilakukan dengan bantuan *software Maxsurf Pro* sebagai alat bantu dengan mengambil sampel desain yang sudah tersedia. Lalu di *export* ke *AutoCAD* untuk proses *finishing*. Dan untuk rencana umum dilakukan setelah Rencana Garis selesai sebab *outline* dari Rencana Umum didapatkan dari Rencana Garis. Pembuatan Rencana Umum dilakukan dengan menggunakan bantuan *software AutoCAD*.

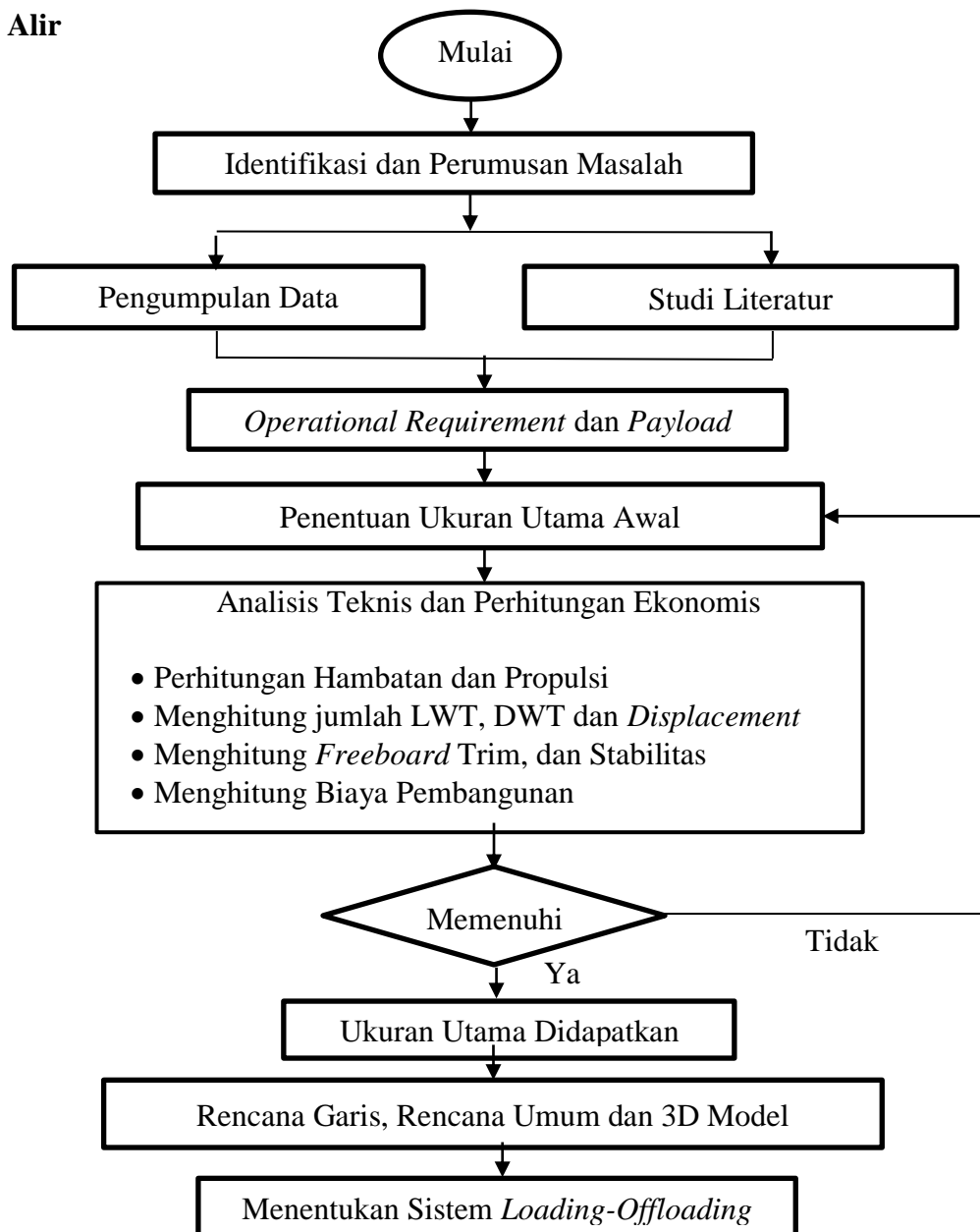
III.7. Penentuan Sistem *Loading-Offloading*

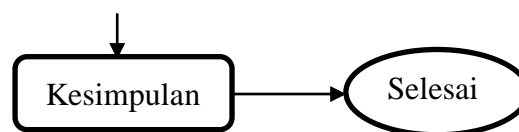
Kapal kerja ini dilengkapi *conveyor belt* yang saling berhubungan dari mulai haluan sampai buritan kapal serta dapat dinaikkan dan diturunkan sesuai kebutuhan menggunakan lengan hidrolik.

III.8. Kesimpulan

Tahap terakhir dalam penelitian ini adalah penarikan kesimpulan. Kesimpulan yang didapatkan harus mampu menjawab tujuan yang ada dalam Tugas Akhir ini meliputi penentuan ukuran utama *Skimmer Boat* untuk operasi wilayah sungai Kalimas, kapasitas muatan hasil keruk, sistem propulsi yang sesuai untuk operasi kapal, gambar Rencana Garis, Rencana Umum, model 3D, dan biaya pembangunan kapal.

III.9. Bagan Alir





Gambar III.1 *Flowchart* Pengerjaan Tugas Akhir

BAB IV

TINJAUAN DAERAH OPERASIONAL

IV.1. Kondisi Sungai Kalimas Surabaya

Dalam perjalanannya menuju muara, Sungai Kalimas melintasi 8 Kecamatan dan 15 Kelurahan yaitu, Kelurahan Ngagel dan Kelurahan Darmo (Kecamatan Wonokromo), Kelurahan Keputran (Kecamatan Tegalsari), Kelurahan Gubeng dan Kelurahan Pacarkeling (Kecamatan Gubeng), Kelurahan Genteng, Kelurahan Embong Kaliasin, dan Kelurahan Ketabang (Kecamatan Genteng), Kelurahan Alun-Alun Contong (Kecamatan Bubutan), Kelurahan Bongkaran, Kelurahan Krembangan Utara, Kelurahan Nyamplungan, dan Kelurahan Perak Utara (Kecamatan Pabean Cantikan), Kelurahan Krembangan Selatan (Kecamatan Krembangan), serta Kelurahan Ujung (Kecamatan Semampir). Karakteristik Sungai Kalimas masing-masing daerah berbeda, sesuai situasi dan kondisi masyarakat di sisi sungai tersebut.

IV.1.1. Dimensi Fisik Sungai Kalimas Surabaya

Sungai Kalimas adalah bagian dari Sungai Brantas yang bermuara di Selat Madura. Sungai Kalimas itu sendiri memiliki Panjang 15 kilometer (8,1 nautical miles) membelah Kota Surabaya. Lebar sungai bervariasi antara 20 meter sampai dengan 35 meter. Kedalamannya juga berbeda-beda mulai 3-5 meter. Bagian terlebar terdapat di Kelurahan Ngagel dengan lebar sekitar 35 meter. Sedangkan untuk lebar sungai tersempit terdapat di Kelurahan Bongkaran yaitu dekat Jl. Karet dan Jl. Coklat dengan lebar 20 meter. Sedangkan kedalaman sungai paling dalam berada pada kawasan Monkasel sampai kawasan Genteng. Dari data pasang surut Sungai Kalimas bulan Februari-Maret 2018 yang dapat dilihat pada Lampiran C Perhitungan Teknis dan Ekonomis bahwa elevasinya tidak memengaruhi kedalaman yang terlalu signifikan (Lab. Geomarine ITS, 2018). Data pasang surut Sungai

Kalimas ini tidak menjadi pertimbangan teknis dikarenakan data yang terbatas hanya satu bulan. Maka dari itu, faktor pasang surut untuk pertimbangan teknis diabaikan.

IV.1.2. Permasalahan di Sungai Kalimas Surabaya

Aliran sungai yang melewati daerah padat pemukiman memperbesar potensi pencemaran aliran sungai oleh sampah organik maupun non organik. Jenis dan ukuran sampah yang terdapat di daerah aliran sungai memiliki pengaruh secara langsung pada desain kapal dan peralatan yang akan digunakan, sehingga pengoperasian kapal akan memiliki tingkat efektivitas yang cukup tinggi. Dalam hal ini tingkat efektivitas kapal di nilai dari kecepatan pengambilan sampah dan kapasitas sampah yang dapat ditampung oleh kapal. Oleh karena itu diperlukan data ukuran dan jenis sampah yang akan digunakan untuk merumuskan spesifikasi desain kapal yang akan dibuat.



Gambar IV.1 Persebaran Sampah di Sungai Kalimas Surabaya

Pada Gambar IV.1 secara umum berdasarkan jenisnya sampah yang terdapat di aliran sungai dapat dibagi menjadi dua kelompok yaitu sampah organik (daun, kulit buah, sayuran, batang pohon, ranting dll) dan sampah non organik (botol, plastik, gelas, ban bekas, sandal, sepatu bekas, plastik pembungkus makanan, dll).



Gambar IV.2 Tumpukan Sampah di Sungai Kalimas Surabaya

Gambar IV.2 sampah yang banyak terdapat di aliran sungai sebagian besar merupakan sampah dengan ukuran kecil, yaitu berkisar dari 0 cm sampai 30 cm tetapi dalam jumlah yang besar sehingga dapat memampatkan dan menutupi aliran sungai. Selain di atas pembuangan sampah yang terdapat di aliran Sungai Kalimas dibedakan lagi menjadi beberapa jenis berdasarkan sifat sampah tersebut di dalam air, yaitu:

1. Sampah yang terapung di atas permukaan air
2. Sampah yang melayang di antara dasar dan permukaan sungai
3. Sampah yang terendam di dasar sungai

Sampah yang ada di permukaan dan yang melayang ini nantinya akan dibersihkan dengan cara diangkat menggunakan kapal kerja untuk dibawa ke tempat pengolahan selanjutnya. Dari jenis dan sifat sampah ini nantinya dapat menentukan desain kapal kerja serta desain alat bongkar muatnya agar kapal kerja dapat bekerja secara optimal.

IV.2. Perairan Tanjung Perak

Perairan di sekitar Tanjung Perak termasuk ke dalam Laut Jawa. Perairan ini juga sering disebut sebagai kolam Tanjung Perak. Perairan ini terdapat pelabuhan peti kemas, penumpang, dan minyak. Pelabuhan Tanjung Perak merupakan pelabuhan terbesar dan tersibuk ke dua di Indonesia. Pelabuhan ini dioperasikan oleh PT. (Persero) Pelabuhan Indonesia III. Tanjung Perak juga merupakan salah satu pintu gerbang Indonesia dan juga merupakan Pusat Pelayaran Interinsulair Kawasan Timur Indonesia. Sehingga operasional bongkar muat di pelabuhan tersebut sangat sibuk. Bukan hanya pelabuhan saja, namun terdapat juga industri perkapalan.

IV.2.1. Permasalahan di Perairan Tanjung Perak

Perairan ini sangat dekat dengan pelabuhan-pelabuhan yang ada di Tanjung Perak sehingga memperbesar potensi pencemaran lingkungan dan biota laut. Perairan yang dikenal sangat sibuk karena merupakan pusat perdagangan di Kawasan Indonesia Timur sehingga operasional bongkar muat *tanker* di pelabuhan ini juga berpotensi untuk memberikan dampak pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh tumpahan-tumpahan minyak yang ada karena segala sesuatu yang keluar dari sebuah aktifitas tanpa diolah di daerah terbuka dan menyebabkan berubahnya komposisi suatu unsur dalam lingkungan dan alam, termasuk kategori pencemaran.

Pada Gambar IV.3 tidak hanya saat bongkar muat di pelabuhan, namun dari sector industri perkapalan seperti galangan kapal juga berpotensi sangat tinggi untuk memberikan dampak pencemaran lingkungan saat kegiatan baik membangun kapal maupun saat perbaikan kapal. Pada umumnya tumpahan minyak yang tercecer di perairan ini adalah jenis bahan bakar minyak dan minyak pelumas.

Perairan Tanjung Perak juga termasuk perairan yang sangat sibuk sehingga potensi kecelakaan kapal juga termasuk tinggi. Tahun 2010, kapal MV. Traveller Biglift juga mengakibatkan pencemaran lingkungan yang diakibatkan luberan minyak yang tumpah. Akibatnya, tumpahan minyak tersebut menjalar hingga di radius jarak pandang 1 km dari Pelabuhan Tanjung Perak.



Gambar IV.3 Tumpahan Minyak di Salah Satu Galangan Surabaya

IV.3. Tinjauan Lokasi

Pada Tugas Akhir ini dilakukan pengamatan secara langsung untuk mengetahui batasan-batasan yang dapat menjadi pertimbangan dalam menentukan *payload* dan ukuran utama kapal. Sungai Kalimas dan Perairan sekitar Tanjung Perak menjadi lokasi pengamatan dalam Tugas Akhir ini. Kondisi fisik berupa dimensi panjang, lebar, dan kedalaman perairan minimal yang menjadi tinjauan.

IV.3.1. Segmentasi

Segmentasi dilakukan dengan cara melihat semua batasan-batasan fisik yang ada di Sungai Kalimas dan Perairan Tanjung Perak. Batasan fisik yang menjadi acuan adalah yang memiliki dimensi minimal sehingga yang menjadi acuan adalah batasan fisik dari Sungai Kalimas Surabaya. Sungai kalimas mengalir sepanjang 15 kilometer (8,1 nautical miles) berawal dari pintu air Ngagel dan bermuara di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. Pada Tabel IV.1 di sepanjang Sungai Kalimas terdapat dua pintu air yaitu di daerah Ngagel dan di daerah Kayoon. Selain itu ada 14 jembatan yang melintas di atas Sungai Kalimas. Jembatan ini memiliki *clearance height* rata-rata 4 meter dari permukaan air (Hastijanti, 2010). Empat belas jembatan tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel IV.1 Jembatan yang Melintasi Sungai Kalimas

•Jembatan di jl. Bung Tomo	• Jembatan Peneleh
•Jembatan di jl. Sulawesi	• Jembatan di jl. Pasar Besar Wetan
•Jembatan di jl. Karimun Jawa	• Jembatan di jl. Johor

•Jembatan di jl. Pemuda	• Jembatan di jl. Kebon Rojo
•Jembatan di jl. Plaza Boulevard	• Jembatan Merah
•Jembatan di jl. Yos Sudarso	• Jembatan Petekan
•Jembatan di jl. Genteng Kali	• Jembatan di jl. Benteng

Sumber: Hastijanti, 2010

Lebar penampang permukaan sungai bervariasi antara 20 m – 35 m. Bagian terlebar terdapat di Kelurahan Ngagel dengan lebar sungai sekitar 35 meter yaitu di dekat pintu air. Untuk lebar sungai tersempit terdapat di Kelurahan Bongkaran yaitu di dekat Jl. Karet dan Jl. Coklat dengan lebar sekitar 20 meter. Kedalaman Sungai Kalimas menurut data di Perum Jasa Tirta adalah antara 3 sampai 5 meter. Kedalaman sungai yang paling dalam berada pada kawasan Monkasel sampai kawasan Genteng (Hastijanti, 2010)

IV.3.2. Zoning

Zoning dilakukan dengan cara melakukan survei lapangan secara langsung untuk melihat kondisi banyaknya timbunan sampah dan tumpahan minyak yang terdapat di Perairan Surabaya. Setelah dilakukan pengamatan, daerah yang ditinjau adalah kawasan Jl. Ahmad Jais hingga ke muara di pelabuhan Tanjung Perak karena masih banyak terdapat sampah dan untuk akses menuju ke perairan di Tanjung Perak.

IV.3.3. Pemilihan Daerah Operasional

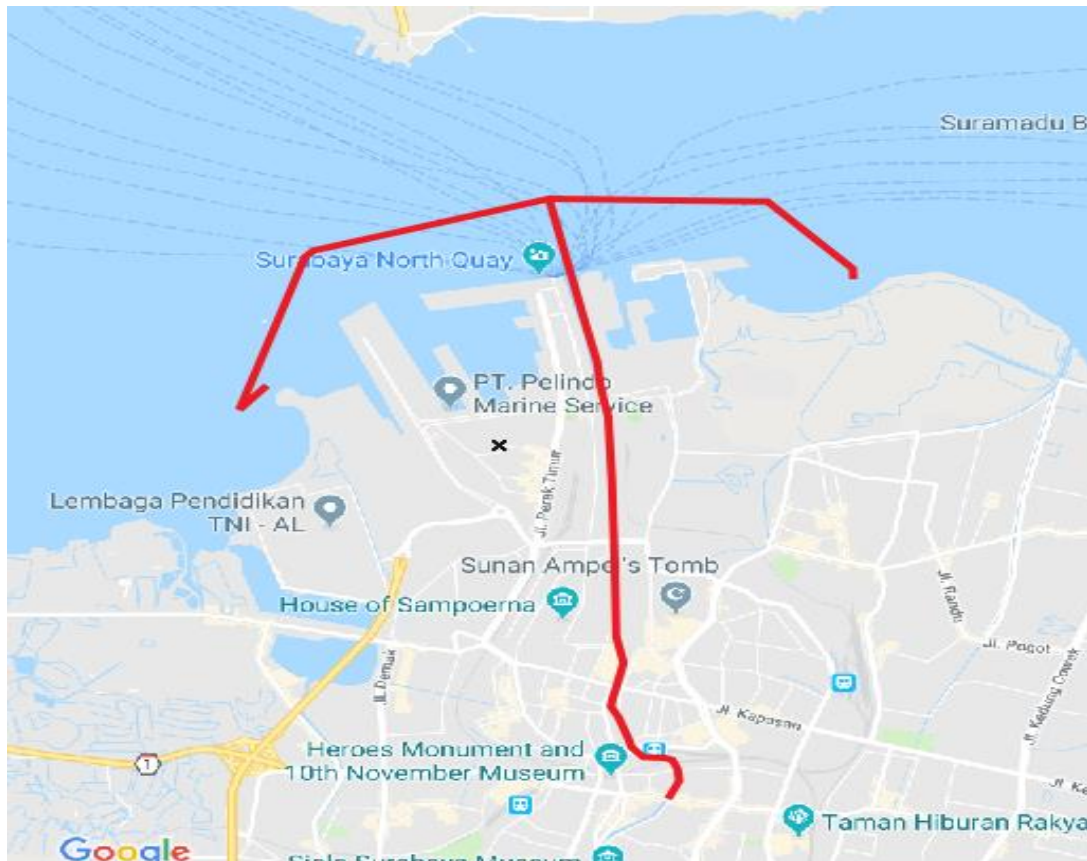
Pemilihan daerah operasional *Trash and Oil Spill Skimmer Boat* ini dilakukan dengan cara melihat hasil dari segmentasi yang telah dilakukan yaitu berdasarkan batasan-batasan fisik yang ada di sekitar Sungai Kalimas Surabaya. Karakteristik di sepanjang aliran Sungai Kalimas hampir sama, yaitu mengalir di area pemukiman warga dan terletak tak jauh dari jalan besar atau jalan protokol.

Karakteristik umum Sungai Kalimas antara lain sebagai berikut:

- Panjang sungai :15.000 m
- Lebar sungai :20-35 m
- Kedalaman sungai : 3-5 m

Jika dilihat dari segi segmentasi, terdapat batasan fisik berupa pintu air DAM Gubeng di daerah Kayoon dan dilihat dari segi *zoning* daerah Jl. Achmad Jais sampai daerah Monkasel merupakan taman wisata yang sudah bersih karena di daerah tersebut sudah dibangun tempat rekreasi yaitu taman ekspresi dan taman prestasi, maka daerah tersebut tidak

dipilih menjadi daerah operasional. Sehingga telah ditentukan daerah operasional yang dipilih yaitu mulai dari setelah Jl. Ahmad Jais lalu ke utara sampai dengan pelabuhan Tanjung Perak dengan jarak rute sekitar 25 kilometer.



Gambar IV.4 Daerah Operasional *Trash and Oil Spill Skimmer Boat*
(Sumber: Google Maps, 2019)

IV.3.4. Hasil Survey

Setelah dilakukan pemilihan lokasi, dilakukan survei lapangan untuk mengetahui kondisi sungai secara langsung. Survei yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui jumlah jembatan yang melintasi Sungai Kalimas pada daerah operasional, kedalaman sungai di lokasi jembatan serta tinggi jembatan diukur dari permukaan sungai.

Pengukuran menggunakan benang wol dan batu yang diikat di ujung tali. Batu digunakan sebagai pemberat agar benang wol dapat menyentuh dasar sungai. Setelah batu menyentuh dasar sungai, rafia diangkat perlahan kemudian diukur. Pengukuran dimulai dari

ujung batu sampai dengan batas benang wol yang basah karena air. Berikut adalah hasil survei yang telah dilakukan:



Gambar IV.5 Hasil Pengukuran Jembatan di Jl. Ahmad Jais

Pada Gambar IV.5 merupakan hasil pengukuran jembatan yang ada di Jl. Ahmad Jais. Pengukuran dilakukan dengan cara membentangkan benang wol yang sudah diberikan pemberat berupa batu kemudian di turunkan hingga menyentuh permukaan air. Jarak benang wol tersebut kemudian diukur dari permukaan air sampai dengan bagian jembatan paling bawah. Berdasarkan hasil pengamatan, untuk jembatan Bung Tomo memiliki ketinggian 3.2 m dari permukaan air saat musim kemarau dan memiliki kedalaman hampir 2 meter.

Pada Gambar IV.6 merupakan hasil pengukuran jembatan yang ada di Pasar Besar. Pengukuran dilakukan masih dengan cara yang sama yaitu membentangkan benang wol yang sudah diberikan pemberat berupa batu kemudian di turunkan hingga menyentuh permukaan air. Jarak benang wol tersebut kemudian diukur dari permukaan air sampai dengan bagian jembatan paling bawah. Berdasarkan hasil pengamatan, untuk jembatan di Pasar Besar memiliki ketinggian hampir 4.2 m dari permukaan air saat musim kemarau dan memiliki kedalaman sekitar 2.4 meter.

Metode yang digunakan dalam pengukuran ini sama untuk semua jembatan. Untuk jembatan di Jl. Semut Kali seperti pada Gambar IV.7 didapatkan hasil pengukuran yaitu ketinggian jembatan mencapai 3.9 meter dan memiliki kedalaman sekitar 2.2 meter.



Gambar IV.6 Hasil Pengukuran Jembatan di Pasar Besar



Gambar IV.7 Hasil Pengukuran di Jembatan Jl. Semut Kali



Gambar IV.8 Hasil Pengukuran di Jembatan di dekat Stasiun Kota

Untuk jembatan di dekat Stasiun Kota seperti pada Gambar IV.8 didapatkan hasil pengukuran yaitu ketinggian jembatan mencapai 4,1 meter dan memiliki kedalaman sekitar 2,3 meter. Untuk jembatan merah seperti pada Gambar IV.9 didapatkan hasil pengukuran yaitu ketinggian jembatan mencapai 4,3 meter dan memiliki kedalaman sekitar 2,9 meter. Dan untuk jembatan merah seperti pada Gambar IV.10 didapatkan hasil pengukuran yaitu ketinggian jembatan mencapai 4.4 meter dan memiliki kedalaman sekitar 3 meter.

Hasil pengukuran ini dapat digunakan untuk mempertimbangkan dalam hal menentukan ukuran utama kapal. Batasan-batasan fisik dari hasil *survey* ini dipilih Sungai Kalimas karena dalam rute pelayaran Tugas Akhir ini yang menjadi 41libaba yang terkecil. Untuk semua pengukuran jembatan digunakan metode yang sama yaitu menggunakan benang wol yang ujungnya diikat pemberat berupa batu. Kemudian benang wol dilempar hingga pemberat menyentuh dasar perairan untuk mengetahui kedalaman perairan. Sedangkan untuk mengukur ketinggian antara permukaan perairan hingga jembatan yaitu hingga pemberat menyentuh permukaan air. Kemudian batas tersebut diukur menggunakan meteran untuk mendapatkan dimensi ukurannya.



Gambar IV.9 Hasil Pengukuran di Jembatan Merah



Gambar IV.10 Hasil Pengukuran di Jembatan Petekan

IV.4. Penentuan Pola Operasi Kapal

Penentuan pola operasi kapal ini ada 2 skema yaitu saat pembersihan sampah dan saat pembersihan tumpahan minyak. Pembersihan sampah dilakukan saat kapal beroperasi di sungai Kalimas. Sedangkan untuk pembersihan tumpahan minyak saat kapal beroperasi di perairan Tanjung Perak. Dengan kecepatan kapal yang mencapai 4 knot, kapal membutuhkan waktu 1 jam untuk menempuh rute yang ditinjau. Karena laju kapal tidak hanya lurus, namun berkelok-kelok mengikuti letak tumpukan sampah dan tumpahan minyak, sehingga waktu operasional kapal ditentukan sesuai dengan standar kerja harian yaitu 8 jam perhari, yang terdiri dari 5 jam adalah waktu proses kapal melakukan *skimming*, dan 1.5 jam adalah waktu untuk *offloading* muatan dan sisanya untuk mempersiapkan alat. Operasional kapal akan dimulai dari jam 08.00 dan berakhir 16.00 tiap hari operasinya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

ANALISIS TEKNIS DAN PERHITUNGAN EKONOMIS

V.1. Analisis Teknis

Data-data yang sudah didapatkan selanjutnya akan diolah untuk dilakukan perhitungan teknis. Perhitungan teknis ini dilakukan perhitungan sesuai dengan *rules* yang sesuai dengan kapal yang direncanakan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.

V.1.1. Penentuan Jenis Kapal serta Pembersihnya

Jenis kapal kerja dan sistem pembersihnya dipilih berdasarkan kondisi dan permasalahan yang ada di Perairan Surabaya. Dengan demikian ketika kapal dioperasikan maka hasil yang dicapai dapat maksimal. Kondisi perairan dan karakter muatan baik sampah maupun tumpahan minyak seperti yang telah dijelaskan pada Bab IV, dimana jenis muatan sampahnya adalah sampah terapung yang sangat beranekaragam baik dari jenis dan ukurannya. Selain itu juga menyangkut keterbatasan alat yang dimiliki oleh Dinas Kebersihan Kota Surabaya, dimana alat yang digunakan untuk membersihkan sungai hanyalah peralatan manual seperti 45libaba, maka pekerjaan dengan seperti itu tentunya masih jauh dari kata optimal. Sedangkan untuk peralatan membersihkan tumpahan minyak, pihak pengelola pelabuhan yaitu PT. Pelabuhan Indonesia III telah memiliki *Oil Booms* untuk melokalisasi tumpahan minyak. Oleh karena itu dipilihlah kapal kerja jenis *trash and oil spill skimmer boat* yang diharapkan bisa menjadi solusi dalam membersihkan sampah dan tumpahan minyak di Perairan Surabaya.

Pada Tabel V.1 berikut ini merupakan perbandingan beberapa peralatan jenis kapal pembersih dan kapal keruk, sebagai berikut:

Tabel V.1 Perbandingan Beberapa Jenis Keralatan Kapal Pembersih

Keterangan	Jenis Peralatan Kapal Kerja				
	<i>conveyor</i>	<i>bucket</i>	<i>backhoe</i>	<i>hopper</i>	<i>Suction</i>
Membersihkan sampah mengapung	ya	ya	ya	tidak	tidak
Membersihkan sampah tenggelam	tidak	ya	ya	ya	ya
Membersihkan sampah ukuran kecil	ya	ya	tidak	tidak	ya
Membersihkan sampah ukuran besar	tidak	ya	ya	ya	tidak

Akurasi pengerukan	ya	tidak	tidak	tidak	tidak
Transportasi melewati jembatan	ya	tidak	tidak	tidak	tidak
Efisiensi (<i>loading offloading</i>)	ya	tidak	tidak	tidak	tidak

Sumber: *Handout Section Dredging Delft University of Technology*

Dari Tabel V.1, agar kapal kerja mampu mengangkut sampah dan tumpahan minyak yang tersebar di permukaan Perairan Surabaya setiap harinya ini berjalan optimal, maka kapal kerja dirancang agar memiliki sistem yang menyerupai kapal *roro (roll on roll off)*, yaitu muatan yang masuk dari bagian haluan bisa langsung dikeluarkan melalui buritan kapal ketika mencapai tempat pembuangan sementara. Hal ini tentunya akan mempercepat proses bongkar muat.

Untuk mendapatkan kapal dengan kapasitas angkut yang besar, dimana luasan *deck* menjadi hal yang sangat diperhitungkan, maka dipilihlah jenis kapal katamaran sebagai lambungnya. Bentuk kapal ini dipilih karena untuk menyesuaikan konfigurasi peralatan *conveyor* agar bisa bekerja secara optimal.

V.1.2. Penentuan Peralatan Bongkar Muat

Dimensi kapal kerja dan peralatan yang berupa *conveyor* didesain berdasarkan beban pencemaran yang diakibatkan oleh sampah dan tumpahan minyak di lokasi. Data yang diperoleh merupakan data yang diambil dari Perum Jasa Tirta I Kota Surabaya dan PT. Pelabuhan Indonesia III. Data ini diambil untuk mengetahui volume persebaran sampah dan tumpahan minyak yang berada di permukaan perairan sehingga dapat ditentukan dimensi tangki penyimpanan beserta dimensi *belt conveyor* pada kapal kerja.

Agar dapat melakukan kerja pembersihan dengan mudah dan optimal, maka direncanakan penggunaan tiga buah *conveyor* diantara kedua lambung adalah pilihan terbaik. Ketiga *conveyor* ini adalah *loading conveyor* yang terletak pada haluan yang berfungsi sebagai penangkap sekaligus memuat (*loading*) muatan untuk ditampung kedalam bak penampung yang dimana pada dasar bak ini juga tersedia *storage conveyor*, dan *Offloading conveyor* diletakkan pada buritan yang berfungsi untuk menurunkan muatan didarat lalu dimasukan kedalam truk.

Untuk kinerja yang optimal, maka kecepatan *conveyor* harus sama dengan kecepatan kapal saat beroperasi. Dalam hal ini kecepatan kapal saat bekerja melakukan pembersihan sampah didapatkan dari rumus empiris sebagai berikut:

$$V_s \text{ kapal} = 1,34x\sqrt{L_{WL}} \text{ (knot)} \quad (5.1)$$

Maka,

$$V_s \text{ kapal} = V \text{ Conveyor} \quad (\text{knot})$$

Oleh karena kecepatan *conveyor* harus sama dengan kecepatan kapal saat bekerja, maka conveyor yang digerakkan menggunakan motor listrik ini perlu diberi *reduction gear* untuk menurunkan putarannya (Muin, 1986). Untuk mesin-mesin perkakas *conveyor belt* berlaku hubungan:

$$V = d \cdot n \cdot \pi \quad (5.2)$$

Dimana,

$$n = v / (d \cdot \pi) \quad (5.3)$$

Penentuan daya motor listrik yang menggerakkan *conveyor belt* ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P &= W/t \\ &= \frac{f \times s}{t} \\ &= \frac{(m \times g)s}{t} \quad (\text{HP}) \end{aligned} \quad (5.4)$$

Dimana,

- m = massa *conveyor belt*
- g = gravitasi (9,8 m/s)
- s = panjang *conveyor belt*
- t = waktu pengangkatan

Perhitungan daya motor listrik penggerak *conveyor* ini selanjutnya dikoreksi dengan mengalikannya dengan nilai efisiensi mekanis sehingga:

$$P = Px \mu \text{ mekanis} \quad (5.5)$$

Dimana, μ mekanis = 0,8 (HP)

V.1.3. Penentuan *Payload* dan Ukuran Utama Awal

Kapasitas angkut ditentukan dengan melihat volume jumlah sampah atau tumpahan minyak yang ada di Perairan Surabaya. Kebutuhan dipandang sebagai *requirement* yang menjadi acuan dalam perancangan kapal kerja pembersih ini. Data lapangan mengenai kondisi sampah dan tumbuhan minyak tersaji pada Tabel V.2 sebagai berikut:

Tabel V.2 Data Kondisi Sampah dan Tumpahan Minyak di Perairan Surabaya

Item	Value	Unit
Jarak Lintasan	10.000	m
Kedalaman rata-rata	3	m
Volume sampah total	2.232	m^3
Volume Sampah di area yang ditinjau	1306.9	m^3
Volume limbah minyak total	2854,81	m^3
Volume tumpahan minyak yang ditinjau	0,07137	m^3
Jumlah muatan yang harus diangkut	3,3	ton

Sumber: Perum Jasa Tita 1 Surabaya

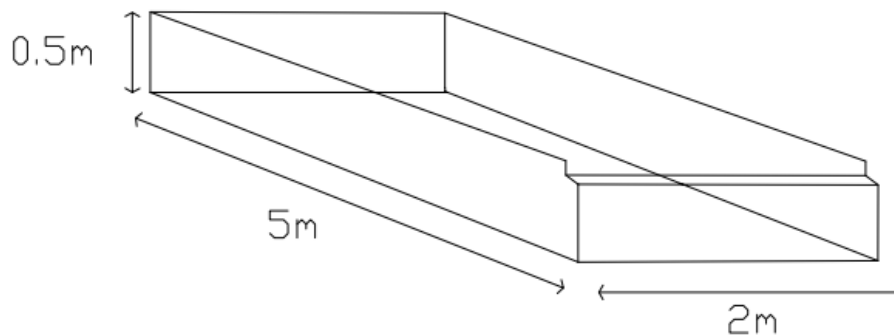
Dari data Tabel V.2 luas area yang dipenuhi sampah dan tumpahan minyak dipandang sebagai daerah operasional yang harus ditempuh kapal saat beroperasi. Pekerjaan *skimming* ini akan berjalan optimal jika kecepatan kapal saat beroperasi sama dengan kecepatan *loading conveyor* yang berada pada haluan kapal. Sesuai dengan referensi beberapa kapal kerja sejenis, kecepatan kapal dan *conveyor* ideal adalah empat knots, dan lebar *loading conveyor* selanjutnya ditentukan selebar dua meter, dengan demikian maka dari jarak tempuh dan kecepatan kapal ini dapat digunakan untuk menentukan jam kerja total yang dibutuhkan untuk mengangkat semua sampah dan tumbuhan air di lokasi yang ditinjau. Dengan membagi jarak tempuh terhadap kecepatan kapal saat beroperasi (4 knot), maka didapatkan total jam kerja yaitu 8 jam.

Tabel V.3 Detail Jumlah Sampah dan Tumpahan Minyak yang Harus Diangkut

Item	Value	Unit
Lebar <i>loading conveyor</i> direncanakan	2	m
Kecepatan saat beroperasi	4	knot
Waktu yang dibutuhkan untuk membersihkan	8	jam
Jumlah muatan total	1.306,9	m^3 / tahun
Jumlah muatan total	4,188	m^3 / hari
Ruang muat ditentukan	5	m^3
<i>Payload</i>	3,3	ton

Sumber: Perum Jasa Tirta 1 Surabaya.

Dari Tabel V.3 menyatakan bahwa jumlah sampah dan tumpahan minyak total yang ada dilokasi sebanyak $1.306,9 \text{ m}^3$ per tahun. $1.306,9 \text{ m}^3$ dibagi per hari didapatkan $4,188 \text{ m}^3$. Dengan jumlah jam kerja bersih selama 8 jam per hari, yang terdiri dari lima jam adalah waktu proses kapal melakukan *skimming*, dan 1,5 jam adalah waktu untuk *offloading* muatan, maka selanjutnya ditentukan kapasitas bak penampung muatan pada kapal sebesar 5 m^3 . Dikarenakan volume sampah lebih besar dibandingkan tumpahan minyak, maka yang dijadikan acuan adalah volume sampah. Dengan menggunakan data jenis-jenis sampah yang terdapat di lapangan, maka didapatkan massa jenis rata-rata dari muatan sampah sebesar 0,65 untuk dikalikan dengan volume bak penampung sehingga didapatkan *payload* sebesar 3,3 ton.



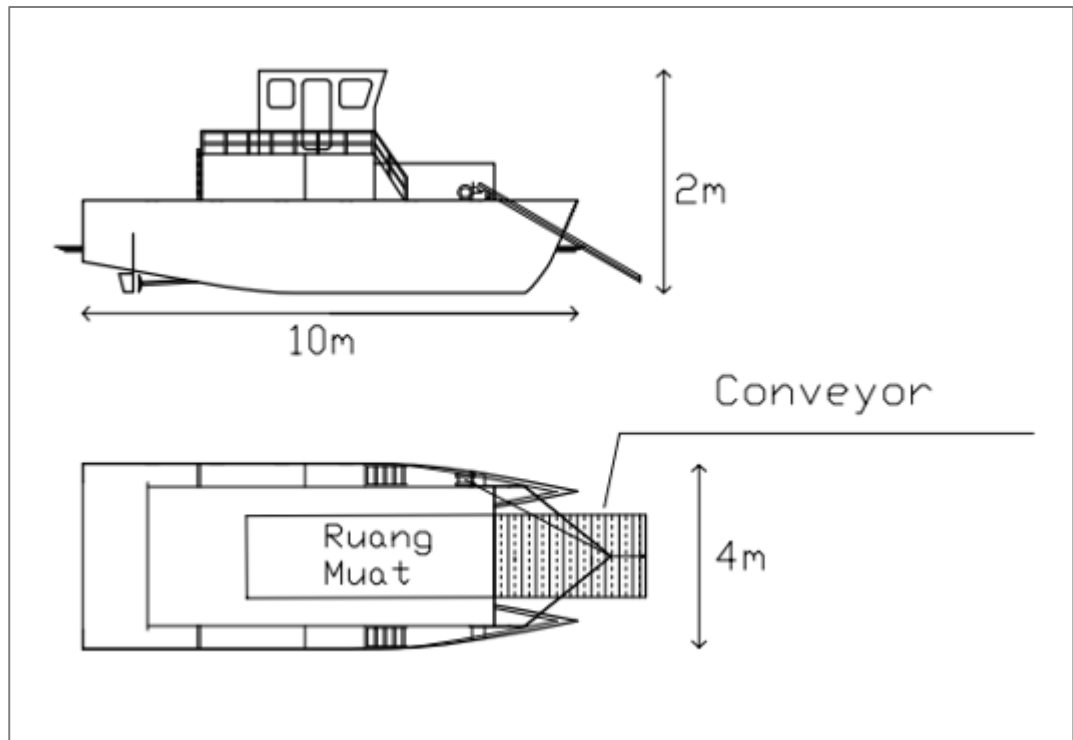
Gambar V.1 Ukuran Ruang Muat Kapal

Pada Gambar V.1 merupakan ukuran ruang muat dapat diperkirakan sebagai dasar penentuan ukuran utama awal kapal. Hasil ukuran ruang muat kapal L (panjang), B (lebar), dan H (tinggi) masing-masing adalah $L = 5$ meter, $B = 2$ meter, dan $H = 0.5$ meter.

Setelah didapatkan ukuran ruang muat, proses selanjutnya adalah menentukan ukuran utama awal kapal. Penentuan ukuran utama awal kapal juga tak lepas dari data-data yang telah disajikan pada Tabel V.2. Rekapitulasi ukuran utama awal kapal dapat dilihat pada Tabel V.4 sebagai berikut:

Tabel V.4 Rekapitulasi Ukuran Utama Awal Kapal

Ukuran Utama Awal Kapal	Nilai
Panjang	10
Lebar	4
Tinggi	2
Sarat	1



Gambar V.2 *Layout Awal Kapal*

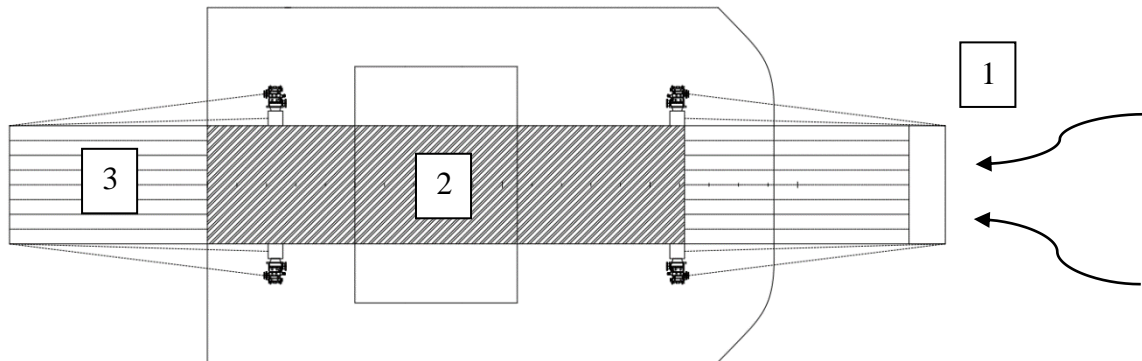
Dari Gambar V.2 didapatkan hasil layout ukuran utama awal kapal, ukuran utama awal di atas bersifat sementara karena pada proses-proses selanjutnya akan dioptimisasi berdasarkan aspek-aspek teknis yang ditinjau. Untuk perhitungan ruang muat lebih jelas dapat dilihat di Lampiran B Analisis Teknis dan Perhitungan Ekonomis.

V.1.4. **Proses Pembersihan Sampah dan Bongkar Muat**

Sampah yang mengapung di permukaan Sungai Kalimas ini adalah sampah yang beraneka ragam jenis dan ukurannya. Saat survey dilakukan, pengamatan pada jenis sampah yang mengapung yaitu didominasi oleh sampah rumah tangga. Kapal kerja ini saat beroperasi di Sungai Kalimas akan membersihkan sampah yang mengapung di permukaan air. Kapal berlayar dengan berkelok-kelok untuk membersihkan sampah. Adapun cara kerja kapal untuk pembersihan sampah dapat dilihat pada Gambar V.3

1. *Loading conveyor* terletak di haluan kapal dan berfungsi untuk menangkap sampah yang ada di depan kapal. Sampah yang berhasil ditangkap oleh *loading conveyor* kemudian akan diteruskan menuju ke bak penampungan.
2. Di dasar bak penampung terdapat *storage conveyor*. *Conveyor* ini berfungsi untuk mempermudah keluarnya sampah ketika proses *offloading*.

3. *Conveyor* terakhir adalah *offloading conveyor*. *Conveyor* ini terletak diantara *demihull* kapal bagian buritan kapal. Secara garis besar *offloading conveyor* memiliki fungsi yang hampir sama dengan *loading conveyor*, perbedaannya terletak pada arah sampah bergerak. Jika *loading conveyor* berfungsi untuk mengarahkan sampah ke bak penampung sedangkan *offloading conveyor* berfungsi untuk mengarahkan sampah keluar kapal.



Gambar V.3 Skema Pembersihan Sampah

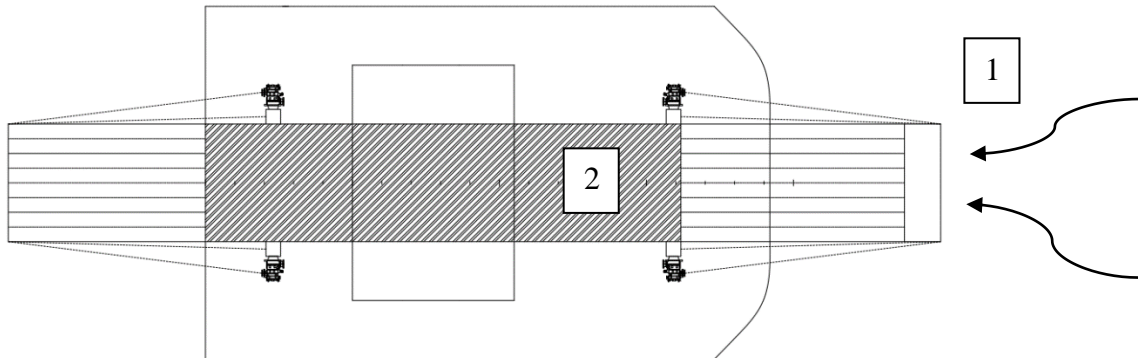
Setelah proses pembersihan sampah di Sungai Kalimas dilakukan, kapal akan menuju ke sempadan yang telah ditentukan untuk melakukan bongkar muat. *Loading conveyor* akan mengarahkan sampah dari *storage conveyor* menuju ke truk.

V.1.5. Proses Pembersihan Tumpahan Minyak dan Bongkar Muat

Kapal akan berlayar menuju Perairan Tanjung Perak untuk melakukan pembersihan tumpahan minyak. Pada umumnya, proses pengambilan tumpahan minyak di perairan didahului dengan menebarkan *oil boom*. Hal ini dimaksudkan agar tumpahan minyak tidak terbawa arus air laut atau ombak ke pantai dan mengakibatkan dampak lingkungan menjadi besar dan sulitnya pembersihan. Secara garis besar, jenis tumpahan minyak yang tercecer pada Perairan Tanjung Perak adalah bahan bakar kapal dan minyak pelumas. Pada *loading conveyor* dipasang teknologi *oil skimmer belt* untuk memindahkan tumpahan minyak dari air. Di mana tumpahan minyak akan menempel pada *belt*. Adapun cara kerja kapal saat pembersihan tumpahan minyak adalah sebagai berikut:

1. *Loading conveyor* terletak di haluan kapal dan berfungsi untuk menangkap tumpahan minyak yang ada di depan kapal. Tumpahan minyak yang berhasil ditangkap oleh *loading conveyor* kemudian akan diteruskan menuju ke *storage*.

2. Di dalam *storage* akan ditambahkan bak untuk menampung tumpahan minyak.



Gambar V.4 Skema Pembersihan Tumpahan Minyak

Setelah tumpahan minyak telah dibersihkan, kapal akan menuju ke Pelabuhan Tanjung Perak untuk melakukan proses bongkar muat. Dengan fasilitas pelabuhan, cairan tumpahan minyak akan disedot menuju ke penampungan limbah minyak.

V.1.6. Perhitungan Hambatan Kapal

Perhitungan hambatan total kapal dilakukan untuk mendapatkan daya mesin yang sesuai dan dibutuhkan oleh kapal. Dengan demikian kapal dapat berlayar dengan kecepatan sebagaimana yang diinginkan oleh pemilik kapal sesuai *owner requirement*. Untuk menghitung hambatan kapal digunakan rumus dari (Insel, 1992). Dalam *paper* ini, hambatan kapal dipengaruhi oleh besarnya nilai WSA kapal, dan koefisien hambatan total kapal.

Komponen hambatan yang dialami oleh kapal berlambung katamaran lebih kompleks dikarenakan adanya efek interferensi antar kedua lambungnya, yaitu:

1. *Viscous interference resistance* (interferensi viskositas)

Adalah aliran di sepanjang *demihull* simetris berbentuk tidak simetris akibat pengaruh keberadaan *demihull*.

2. *Wave making interference resistance* (interferensi gelombang)

Adalah hasil dari buah lambung yang bergerak sejajar, efek interferensi pada hambatan gelombang akan sangat berpengaruh.

Hambatan total pada katamaran harus dikalikan dua, mengingat katamaran memiliki dua lambung yang identik.

Rumus untuk menghitung kapal jenis katamaran menggunakan rumus yang diberikan oleh (Insel, 1992). Berikut rumus-rumus yang digunakan dalam menghitung hambatan kapal:

$$R_t = 0,5 \times p \times WSA \times v^2 \times 2 C_{tot} \quad (5.6)$$

Dimana:

p	=	massa jenis fluida	=	1000 kg/m ³
WSA	=	luas permukaan basah		
V	=	kecepatan kapal	=	2.572 m/s
C_{tot}	=	koefisien hambatan total		

Dalam perhitungan ini, hambatan total yang dihitung adalah untuk kecepatan maksimum kapal (V_{max}). Hal ini dilakukan untuk mengetahui besarnya daya mesin maksimal yang digunakan nantinya.

$$C_{tot} = (1 + \beta k) \times C_f + \tau \times C_w \quad (5.7)$$

Dimana:

$(1 + \beta k)$	=	<i>Catamaran viscous resistance interference</i>
C_f	=	<i>Viscous resistance</i>
τ	=	<i>Catamaran wave resistance interference</i>
C_w	=	<i>Wave resistance</i>

1. *Viscous Resistance (ITTC 1957)*

Untuk model kapal dengan bentuk *Round Bilge Hull*, maka harga $(1 + \beta k)$ dapat ditentukan dari interpolasi harga β dari 3 model yaitu C3, C4, dan C5 yang diperoleh Insel – Molland. Interpolasi dilakukan dengan variasi S/B_1 dari tiap model kapal. S adalah lebar demihull, B_1 adalah lebar satu lambung dan L adalah Panjang kapal. Diketahui sebagai berikut:

S/B_1	: 2,5
L/B_1	: 7,1

Tabel V.5 Hasil Interpolasi *Viscous Resistance* dari Faktor S/B₁ dengan L/B₁

S/B ₁						
β	1	2	3	4	5	L/B ₁
	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	7
	1,6	1,57	1,54	1,52	1,5	9
	2,35	2,32	2,29	2,27	2,25	11
β	S/B ₁					
	2	3	2,5			
	1,32	1,32	1,32	Untuk L/B ₁ = 7		
	1,57	1,54	1,553	Untuk L/B ₁ = 9		
β	L/B ₁					
	7	9	7.1			
	1,32	1,553	1,328			

Pada Tabel V.5 merupakan hasil interpolasi *viscous resistance* dari 54libab S/B₁ dengan L/B₁ untuk mendapatkan harga β. Dari 54liba yang diperoleh Insel-Molland, untuk tiap harga L/B₁ dibandingkan dengan harga S/BI kemudian diinterpolasi. Dari perhitungan diatas didapatkan harga β yang diambil adalah 1,329. Sedangkan untuk harga 54libab bentuk (1 + k) didapat dari interpolasi sebagai berikut:

Tabel V.6 Perhitungan Harga 1+βk

Model	C ₃	C ₄	
L/B ₁	7	9	7.076
(1+k)	1.45	1.3	1.444
(1+βk)	$(\beta \times (1+k)) - \beta + 1$		
	1.590		

Pada Tabel V.6 merupakan perhitungan harga bentuk (1+βk) dengan cara interpolasi 54libab L/B₁ dan (1+k) berdasarkan model kapal sesuai dengan yang diperoleh Insel-Molland. Dari perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan harga (1+βk) sebesar 1,590 yang kemudian harga ini digunakan untuk menghitung C total.

2. Catamaran Wave Resistance Interference (τ)

Untuk model kapal dengan bentuk *Round bilge hull* sebagai *side hull*, maka harga τ dapat ditentukan dari interpolasi disesuaikan dengan harga S/L, F_r, dan L/B₁ sebagai berikut:

$$S/L : 0,36$$

$$L/B_1 : 7,1$$

$$F_r : 0.218$$

Tabel V.7 Perhitungan Harga τ dengan Interpolasi dari Faktor S/L dan Fr

τ	$(S/L)_1 = 0.2$		$(S/L)_2 = 0.3$		L/B ₁
	F _n		F _n		
	0.2	0.3	0.2	0.3	
	0.85	1.18	1.25	1.4	7
	0.68	1	0.85	1	9

τ	$(S/L)_1 = 0.2$			$(S/L)_1 = 0.2$		
	F _n			F _n		
	0.2	0.3	0.211	0.2	0.3	0.211
	0.85	1.18	0.887	1.25	1.4	1.267
	0.68	1	0.716	0.85	1	0.867

F _n	0.211	0.211	0.211	
S/L	0.2	0.3	0.360	
	0.887	1.267	1.494	Untuk harga L/B ₁ = 7
	0.716	0.867	0.957	Untuk harga L/B ₁ = 9

F _n	0.211	0.211	0.211
S/L	0.360	0.360	0.360
L/B ₁	7	9	7.077
τ	1.494	0.957	1.473

Pada Tabel V.7 merupakan hasil interpolasi dari 55libab S/L dengan Fr untuk mencari harga τ . Untuk S/L tiap harga L/B₁ didapatkan harga F_r kemudian harga ini diinterpolasi sehingga didapatkan harga τ sebesar 1,473.

3. Wave Resistance (C_w)

Harga C_w dapat ditentukan dari interpolasi model yang diperoleh oleh Insel-Molland sebagai berikut:

$$L/B_1 : 7,077$$

$$F_r : 0,218$$

Tabel V.8 Hasil Perhitungan C_w dengan Interpolasi dari Faktor L/B1

C _w	F _n		
	0.2	0.3	L/B ₁
		0,0012	0,0023
	0,0008	0,0020	9

C _w	F _n		
	0.2	0.3	0.218
		0,0012	0,0023
	0,0008	0,0020	0,0010

F _n	0,218	0,218	0,218
L/B ₁	7	9	7,076
C _w	0,0014	0,0010	0,0014

Pada Tabel V.8 merupakan perhitungan interpolasi dari model yang diperoleh oleh Insel-Molland dengan 56libab L/B_1 dan F_r , sehingga didapatkan nilai C_w yang diambil pada F_r 0,218 adalah 0,0014

Sehingga nilai C total dapat dicari sebagai berikut:

$$C_{tot} = (1+\beta k) \times C_f \times C_w \quad (5.8)$$

$$C_{tot} = 0,0064$$

Dari harga Ctotal ini kemudian dapat dicari harga WSA kapal dengan rumus:

$$WSA = (N/B_1) ((1.7/(C_b-(0.2(C_b-0.65)))) + (B_1/T)) \quad (5.9)$$

Kemudian didapatkan harga WSA kapal untuk satu lambung sebesar 37.6345 m². Karena kapal katamaran memiliki dua lambung maka WSA satu lambung dikalikan dua, sehingga WSA total adalah 75.2691 m².

Setelah didapatkan WSA total kapal maka perhitungan terakhir untuk mencari hambatan R_t , adalah:

$$R_t = 0,5 \times \rho \times V \times WSA \times C_{tot} \quad (5.10)$$

$$R_t = 1605,572 \text{ N}$$

$$R_t = 1,60557 \text{ KN}$$

Tabel V.9 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Hambatan

No.	Elemen <i>Resistance</i>	Nilai
1.	C_f	0,002771
2.	C_w	0,0014
3	C_{tot}	0,0071
4	WSA	75,2691 m ²
5	R_t	1,779 KN

Dari Tabel V.9 hasil R_t ini nantinya akan digunakan untuk pemilihan kapasitas mesin dengan membandingkan besar R_t yang sudah didapat.

V.1.7. Perhitungan Daya Yang Dibutuhkan Kapal

Setelah nilai hambatan total kapal diketahui, maka tahap selanjutnya adalah menghitung daya yang dibutuhkan kapal yang digunakan untuk memilih *main engine*. Seperti yang telah dibahas dalam Sub Bab II.1.6, bahwa dalam menghitung daya yang dibutuhkan oleh kapal khususnya kapal yang menggunakan sistem propulsi *Paddle Wheel*, terdapat beberapa elemen yang harus dicari. Elemen-elemen tersebut meliputi *Effective Horse Power*

(EHP), dan *Brake Horse Power* (BHP). Berikut rumus-rumus untuk mencari elemen-elemen tersebut:

1. *Effective Horse Power*

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

$$EHP = R_t \times V_s \quad (5.11)$$

Dimana:

EHP = *Effective Horse Power* (HP) / (kW)

R_t = Hambatan total kapal (kN)

V_s = Kecepatan dinas kapal (m/s)

2. *Brake Horse Power* (BHP)

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

$$BHP = (EHP + 18\% EHP) / \eta_D \quad (5.12)$$

Dimana:

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

η_D = Efisiensi *blade*, *ITTC* (ref: *Ship design and performance for master*)
= 0,925

Setelah nilai-nilai variabel di atas didapatkan, maka elemen-elemen *Horse Power* dapat dihitung. Rekapitulasi hasil *Horse Power* disajikan dalam berikut ini:

Tabel V.10 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Horse Power

No.	Elemen <i>Horse Power</i>	Nilai (kW)
1.	<i>Effective Horse Power</i> (EHP)	3,662 kW
2.	<i>Brake Horse Power</i> (BHP)	2,336 kW

Dari Tabel V.10 elemen *Horse Power* di atas, maka didapatkan nilai BHP sebesar 2,366 kW untuk menggerakkan satu *paddlewheel* atau jika dikonversi ke dalam satuan *Horse Power* sama dengan 3,18 HP. Nilai dari BHP ini nantinya akan digunakan untuk memilih jenis *main engine* yang spesifikasinya berdasarkan nilai tersebut. Untuk perhitungan tentang

daya yang dibutuhkan oleh kapal secara detail dapat dilihat pada Lampiran B Analisis Teknis dan Perhitungan Ekonomis.

V.1.8. Pemilihan Mesin, Baterai dan Generator

Penentuan motor listrik terdapat dua jenis motor listrik, yakni *inboard* dan *outboard*. Hal-hal yang harus diperhatikan untuk memilih salah satu dari dua jenis motor listrik tersebut ialah:

1. Pengaruh berat motor listrik terhadap sarat kapal, dari hasil riset sebelumnya motor listrik *inboard* lebih berat.
2. Dimensi dari motor listrik apakah sesuai dengan kapasitas ruangan yang tersedia. Motor listrik *outboard* tidak perlu ruangan khusus.
3. Harga dari motor listrik. Motor listrik *inboard* lebih murah
4. Instalasi motor listrik. Instalasi motor listrik *inboard* lebih rumit
5. Rencana jangka panjang dalam hal perawatan dari motor listrik. Perawatan motor listrik *inboard* lebih rumit dan memerlukan pengedokan.

Untuk motor listrik jenis *inboard* dengan kapasitas 3,5 kW saja, membutuhkan ruangan minimal 1x1 m². Sedangkan untuk motor listrik dengan daya sekitar 2,7 kW setidaknya membutuhkan kapasitas ruangan sedikit lebih kecil. Di samping itu, masih harus disediakan ruang kosong lebih untuk instalasi komponen lain motor listrik *inboard* yang belum jadi satu dengan motor utama. Sehingga, berdasarkan beberapa alasan tersebut, motor listrik yang dipilih untuk tahap awal ini ialah jenis *inboard* karena kapal ini direncanakan menggunakan sistem *Paddle Wheel*.

Pada Tabel V.11 berikut rekapitulasi dari karakteristik mesin yang akan direncanakan:

Tabel V.11 Rekapitulasi Karakteristik Mesin Utama yang Direncanakan

Merk	<i>Lenze</i>	
Tipe	<i>MGFRK 132-22</i>	
Daya	3.7	HP
Power	2.7	kW
Berat	84	kg

Pada Gambar V.5 merupakan spesifikasi dari mesin yang akan digunakan, mesin memiliki merk Lenze dengan tipe MGFRK 132-22 dengan kapasitas mesin sebesar 3,7 Hp dan memiliki berat 84 kg. Karena kapal ini direncanakan menggunakan sistem propulsi *paddlewheel* maka mesin direncanakan dipasang dua buah di kanan dan di kiri. Spesifikasi mesin yang lebih jelas dapat dilihat pada Lampiran E Katalog.

MGFRK 132-22

Technical data

Data refers to: – Form factor – Enclosure – Cooling (forced ventilation) – Continuous operation – Insulation class	$F_p = 1.05$ IP 54 IC 0541 S1 F
Total weight Inertia	$m = 84 \text{ kg}$ $J = 0.0411 \text{ kgm}^2$
Field excitation	$U_f = 210 \text{ V}$ $I_f = 1.1 \text{ A}$ $U_f = 360 \text{ V}$ $I_f = 0.6 \text{ A}$
A-side bearing B-side bearing	6308-2RSR-C3 6208-2RSR-C3
Carbon brushes	a) $10 \times 16 \times 20$ b) $10 \times 12.5 \times 20$
Permissible shaft load for $L/2$ and n_N – reinforced bearing	$F_p = 2200 \text{ N}$ $F_a = 1100 \text{ N}$ $F_{rr} = 4500 \text{ N}$
Fan variant	220-240 V, 50-60 Hz, 0.55 A 380-460 V, 50-60 Hz, 0.22 A
Cooling variant	IC 0641/0741
Cooling air volume Pressure drop	220 m ³ /h 63 Pa

P kW	Speed n at voltage				n_p	n_{Mech}	M Nm	I_{AN} A	I_{Amax} A	L_A mH	$R_{a,125^*}$ Ω	Carbon brushes	
	280 V	420 V	460 V									Quantity	Variant
1.6	540	–	–	–	1600	4000	29.2	7.7	24	70.0	7.28	4	a
2.7	–	880	–	–	2650	4000	29.0	7.7	24	70.0	7.28	4	a
3.0	–	–	1000	–	3000	4000	29.0	7.7	24	70.0	7.28	4	a
3.1	930	–	–	–	2800	4000	31.5	13.5	40	27.3	2.82	4	a
4.9	–	1450	–	–	4000	4000	31.3	13.5	40	27.3	2.82	4	a
5.4	–	–	1600	–	4000	4000	31.2	13.5	40	27.3	2.82	4	a
4.0	1200	–	–	–	3600	4000	32.3	17.1	52	17.5	1.79	4	a
6.3	–	1900	–	–	4000	4000	32.0	17.1	52	17.5	1.79	4	a
6.9	–	–	2050	–	4000	4000	31.9	17.1	52	17.5	1.79	4	a
5.0	1450	–	–	–	4000	4000	32.5	20.7	62	13.9	1.23	4	a
7.7	–	2300	–	–	4000	4000	32.4	20.7	62	13.9	1.23	4	a
8.4	–	–	2500	–	4000	4000	31.9	20.7	62	13.9	1.23	4	a
6.2	1850	–	–	–	4000	4000	32.0	25.5	78	7.6	0.789	4	a
9.6	–	2900	–	–	4000	4000	31.6	25.5	78	7.6	0.789	4	a
10.6	–	–	3200	–	4000	4000	31.6	25.5	78	7.6	0.789	4	a

Gambar V.5 Spesifikasi *Main Engine*

(Sumber: <http://www.lenze.com/news/catalog>, 2019)

Selain pemilihan mesin, pemilihan baterai elektrik dan generator juga harus dipertimbangkan dalam proses memilih, karena kapal ini menggunakan tipe motor DC yang sumber penggerakannya dari *accu* atau baterai. Baterai berfungsi sebagai penyimpan energi listrik. Untuk motor listrik *Lenze MGFRK 132-22*, baterai yang sesuai dengan karakteristik motor listrik tersebut telah disediakan yakni baterai tipe *Elco E-Power Electric Performance*

E-POWER ELECTRIC PERFORMANCE

ELECTRIC

Cruising speed*	4 - 5.5 knots
Cruising time*	9 - 4 hours
Cruising range*	39 - 21 nm
Recharging time standard charger*	3 - 4 hours
Recharging time quick charger*	2 - 3 hours
Number of 12 volt 8-D batteries (245 Ah)	3 batteries
Battery bank voltage in total	36 vdc
Amps (maximum)	70 amps
Kilowatts (peak output kW rating)	4.4 kW
Kilowatts (continuous output kW rating)	2.5 kW
Charger	Elcon PFC 1500
Quick charger (optional)	Elcon PFC 2000

Gambar V.6 Spesifikasi Baterai

(Sumber: <http://www.elcopower.com/news/catalog>, 2017)

Gambar V.6 merupakan spesifikasi baterai yang akan digunakan untuk menggerakkan motor DC. Baterai berfungsi sebagai penyimpan energi listrik. Untuk motor listrik *Lenze MGFRK 132-22*, baterai yang sesuai dengan karakteristik motor listrik tersebut telah disediakan yakni baterai tipe *Elco E-Power Electric Performance*. Karena motor listrik yang digunakan ada dua *unit*, maka baterainya juga dua. Sebab, satu baterai tipe *Elco E-Power Electric Performance* didesain untuk satu motor listrik. Tabel V.12 adalah rekapitulasi karakteristik yang dimiliki oleh baterai sebagai berikut:

Tabel V.12 Karakteristik untuk Dua Baterai Elco E-Power Electric

Item	Nilai	Satuan
Kapasitas	8.8	kW
Tegangan	72	Volt
Arus	140	A
Berat	200	kg

Setelah pemilihan mesin dan baterai selesai, maka langkah selanjutnya adalah pemilihan *generator* untuk peralatan dan mesin itu sendiri.

1. Perhitungan daya motor listrik untuk *conveyor*

Conveyor yang digunakan merupakan *Conveyor Modules* dengan jenis *Interroll Belt Conveyor*. Berikut kebutuhan daya yang diperlukan untuk menggerakkan *conveyor*:

a. *Loading conveyor*

Loading conveyor direncanakan menggunakan tipe BM 8444, Berdasarkan katalog diperlukan daya sebesar 3 kW untuk menggerakkan motor

b. *Storage Conveyor*

Storage conveyor direncanakan menggunakan tipe BM 8420, Berdasarkan katalog diperlukan daya sebesar 1,1 kW untuk menggerakkan motor

c. *Offloading Conveyor*

Storage conveyor direncanakan menggunakan tipe BM 8420, Berdasarkan katalog diperlukan daya sebesar 1,1 kW untuk menggerakkan motor

Maka total daya *genset* yang diperlukan untuk memutar *conveyor* sebesar 5,2 kW.

2. Perhitungan daya untuk *winch*

Winch direncanakan sebagai penggerak lengan hidrolik pada *Loading Conveyor* dan *Offloading Conveyor*, dalam menggerakkan *winch* juga dibutuhkan genset yang memiliki spesifikasi daya yang sesuai. Maka dari itu berikut rumus perhitungan daya yang dibutuhkan *winch* menurut Hary Prasetyo (2008):

• Gaya Tarik *Winch Barrel*

$$T_b = \frac{P+Q}{p \times K} \quad (5.13)$$

dimana,

P = Berat total *spud* yang ditarik (ton)

Q = Berat *cargo hook* dan *schacle* (2,2 ~ 2,8) x P

p = efficiency + pulley, diambil 1

K = *safety factor*, diambil 0,85

• Diameter *Winch Barrel*

$$D_{bd} = D_b + d_r (2z - 1) \quad (5.14)$$

dimana,

D_b = Diameter drum, maksimum 0,4 meter

d_r = Diameter tali = $D_b / 17$

z = jumlah lilitan tali pada drum, diambil 4 lilitan

• Torsi Yang Ditimbulkan Pada *Shaft Barrel*

$$M_{bd} = 0.5 \times D_{bd} \times T_b/b \quad (\text{ton.m}) \quad (5.15)$$

dimana,

$b = \text{efficiency winch barrel}$, diambil 0,8

- *Overall Gearing Ratio*

$$I_{wd} = N_m / N_{bd} \quad (5.16)$$

dimana,

$N_m = \text{Putaran poros motor listrik (500-3000) rpm}$, diambil 1000 rpm

$N_{bd} = \text{Kecepatan putar barrel} = 19.1 (V_{td} / D_{bd})$

$V_{td} = \text{kecepatan mengangkut beban (0.33 – 0.5) m/s}$, diambil 0,5 m/s

- *Torsi Motor Penggerak*

$$M_{md} = M_{bd} + (I_{wd} + W_d) \text{ (ton.m)} \quad (5.17)$$

dimana,

$W_d = \text{efisiensi keseluruhan (0.65-0.75)}$, diambil 0,75

- *Total Tenaga Winch*

$$N_e = M_{md} \times N_m / 71620 \text{ (HP)} \quad (5.18)$$


Dari rumus yang telah diberikan diatas, diperoleh rekapitulasi data seperti yang disajikan dalam Tabel V.13 sebagai berikut:

Tabel V.13 Rekapitulasi Perhitungan Daya Mesin dan Peralatan

No.	Variabel	Nilai
1.	Gaya Tarik <i>Winch Barrel</i> (T_b)	0,75 kN
2.	Diameter <i>Winch Barrel</i> (D_{bd})	0,471 m
3.	Torsi Yang Ditimbulkan Pada <i>Shaft Barrel</i> (M_{bd})	0,221 ton.m
4.	<i>Overall Gearing Ratio</i> (I_{wd})	98,534
5.	Torsi Untuk Motor Penggerak (M_{md})	99,455 ton.m
6.	Total daya yang diperlukan <i>Winch</i> (N_e)	2,45 kW
7.	Total daya yang diperlukan <i>Conveyor</i>	5,2 kW
8.	Total daya yang diperlukan motor	2,7 kW
9.	Total daya yang dibutuhkan mesin & peralatan	10,35 kW


Dari total daya yang dibutuhkan generator untuk menggerakkan semua peralatan dan mesin didapatkan daya sebesar 10,35 kW, maka dari itu dibutuhkan genset yang mampu memenuhi daya sebesar kebutuhan tersebut, sehingga dipilihlah genset merk *Caretepillar* dengan spesifikasi yang disajikan pada **Error! Reference source not found.** Berikut:

C2.2



Mechanical Control System

3054




Mechanical Control System

RATINGS AND FUEL CONSUMPTION							RATINGS AND FUEL CONSUMPTION						
Gen Set							Gen Set						
	ekW @.8pf	kV•A	asp.	rpm	U.S. gph	L/h		ekW @.8pf	kV•A	asp.	rpm	U.S. gph	L/h
60 Hertz	21.0	26.0	NA	1800	1.63	6.2	60 Hertz	40	50	NA	1800	3.3	12.5
50 Hertz	17.5	22.0	NA	1500	1.37	5.2	50 Hertz	72	90	T	1800	5.2	20.3
								34	43	NA	1500	2.7	10.4
								60	75	T	1500	4.5	17.3

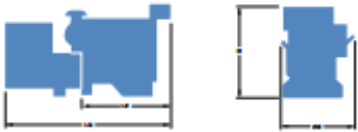
Gen Set							Gen Set						
	ekW @1.0pf	kV•A	asp.	rpm	U.S. gph	L/h		ekW @1.0pf	kV•A	asp.	rpm	U.S. gph	L/h
60 Hertz	21.5	21.5	NA	1800	1.63	6.2	60 Hertz	37	37	NA	1800	3.3	12.5
50 Hertz	18.0	18.0	NA	1500	1.37	5.2	50 Hertz	32	32	NA	1500	2.7	10.4

Fuel use reflects SAE standards. Fuel use reflecting ISO standards is typically 2-3% less. Consult your Caterpillar representative for details.

	L in/mm	H in/mm	WE in/mm	LE in/mm	LG in/mm	H in/mm	WE in/mm
Open Set	45/1147	32/825	20.5/521	min.	NA	54.9/1394	46.7/1186
Enclosed Set	46/1170	32/825	24/608	max.	NA	54.9/1394	46.7/1186



In-Line 4, 4-Stroke-Cycle Diesel
 Bore x Stroke 3.31 x 3.94 in 84 x 100 mm
 Displacement 135 cu in 2.2 liter
 Rotation (from flywheel end) Counterclockwise
 Generator set weight (approx) 857/1027 lb 389/466 kg



In-Line 4, 4-Stroke-Cycle Diesel
 Bore x Stroke 3.94 x 5.0 in 100 x 127 mm
 Displacement 243 cu in 4.0 liter
 Rotation (from flywheel end) Counterclockwise
 Generator set weight (approx) 1576-1587 lb 715-720 kg

41
42

Gambar V.7 Spesifikasi *Generator Set*

(Sumber: <http://www.nola.com/news/gulf-oil-spill>, 2017)

Pada Gambar V.7 didapatkan spesifikasi generatorset bermerk *Cartepillar* model C2.2 dengan spesifikasi daya sebesar 18 kW dan berat 100 kg. Pada kapal ini direncanakan dua genset berarus AC untuk menggerakkan mesin dan peralatan pada kapal. Untuk gambar yang lebih jelasnya dapat dilihat pada Lampiran E Katalog.

Sedangkan pemilihan motor listrik untuk menggerakkan *conveyor* dan *winch*, dipilih dari katalog motor listrik produk Toshiba dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Penggerak *winch* pada *Loading Conveyor* dan *Offloading Conveyor*:

- Tipe : 0026FTSA21A-P
- Daya : 5 HP
- Voltage : 230/460
- RPM : 1200
- Penggerak *Loading Conveyor* dan *Offloading Conveyor*:
 - Tipe : 0256FTSA21A-P
 - Daya : 3 HP
 - Voltage : 230/460
 - RPM : 1200
- Penggerak *Storage Conveyor*:
 - Tipe : 0506FTSA21A-P
 - Daya : 3 HP
 - Voltage : 230/460

V.1.9. Penentuan Sistem Penggerak *Paddlewheel*

Sistem propulsi pada kapal pembersih ini direncanakan menggunakan sistem *paddle wheel* yang digerakkan oleh motor DC dengan sumber listrik dari baterai/*accu*. Untuk menentukan ukuran dari *paddle wheel* dengan mempertimbangkan tinggi sarat penuh dan tahanan kapal yang telah diketahui dari bentuk lambung kapal.

Pada Gambar V.8 **Error! Reference source not found.** Merupakan karakteristik kapal pembersih *Aquatic Plant Harvester Model FXB-11* yang dijadikan sebagai acuan untuk menentukan ukuran dan bentuk *paddle wheel*. Direncanakan bentuk dan ukuran *paddle wheel* menggunakan karakteristik *paddle wheel* yang sudah ada yaitu pada kapal pembersih *Aquatic Harvester Model FXB-11*. Mengingat karakteristik kapal yang sudah ada hampir sama dengan kapal pembersih yang sedang direncanakan ini, maka ukuran *paddle wheel* dapat dijadikan sebagai acuan (*parent ship*).

Dari Gambar V.8, dapat ditentukan ukuran *paddle wheel* yang akan digunakan pada kapal kerja ini, ukuran tersebut dapat dilihat pada Tabel V.14 sebagai berikut:

Tabel V.14 Rekapitulasi Ukuran *Paddle Wheel* yang Digunakan

Kriteria	Satuan
Diameter	1,50 m
Panjang <i>Blade</i>	0,75 m
Lebar <i>Blade</i>	1,00 m

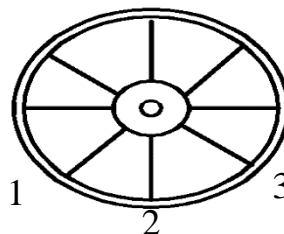
Berat	540 kg
-------	--------

Dimensions		
<i>Shipping (L.W.X.H)</i>	46'-0" x 12'-0" x 10'-0"	14,03 x 3,66 x 3,05M
<i>Operating (L.W.H) min</i>	46'-0" x 19'-4" x 9'-0"	14,03 x 5,89 x 2,74M
<i>Shipping Weight</i>	18,000 lb.	8165 KG
<i>Hull (Length.Beam)</i>	28'-0" x 12'-0"	8,53 x 3,66
<i>Draft Empty (Unladen/Laden)</i>	13" / 24"	33 / 61 CM
<i>Operators Platform</i>	Open, "High" Version Full Upper Deck	
Cutting Capacity		
<i>Width</i>	11' - 0"	3,35M
<i>Depth</i>	6'-9"	2,06M
Storage Capacity		
<i>Weight</i>	15,000 lb	6805 KG
<i>Volume</i>	1000 Cu. Ft.	28,32 Cu. Meter
Power Plant		
<i>Location</i>	Upper Deck	
<i>Type</i>	Diesel Engine, Air/Oil Cooled	
<i>Power Output</i>	75 hp @ 2500 RPM	56 kW @ 2500 RPM
<i>Fuel Capacity</i>	30 US Gallons	114 Liters
<i>Electric System</i>	12 Volt DC Circuit, Includes Electric Engine Start & Monitoring Gauge Package	
<i>Hydraulic Tank Capacity</i>	65 US Gallons (2 Tanks)	246 Liters
Propulsion		
<i>Type</i>	(2) Bi-directional Paddle Wheels	
<i>Drive Unit</i>	(2) Variable Speed, Independently Controlled Hydraulic/Mechanical Wheel Drives	
<i>Paddle Wheel Size</i>	42" Widex 60" Diameter	100 cm x 150 cm
<i>Deployment</i>	Hydraulic Power Tilt System for "Up" Transport Position & "Down" Operating Position	

Gambar V.8 Karakteristik Kapal Pembersih Aquatic Plant Harvester Model FXB-11

(Sumber: <http://www.alphaboats.com/news/> 2019)

Dari bentuk *paddle wheel* yang sudah ditentukan maka gaya-gaya yang terjadi dapat dilihat sebagai berikut seperti yang sudah dijelaskan pada Sub Bab II.2.5:



Gambar V.9 Bentuk *Blade Paddle Wheel* yang Direncanakan

Gambar V.9 dari penempatan posisi pusat *paddle wheel* dapat diketahui seberapa luas *blade* yang tercelup air dengan melihat selisih antara panjang *blade* yang tercelup dengan panjang *blade* seluruhnya:

- Untuk *Blade 1*:

Blade yang tercelup air dengan kemiringan 45° kekiri, maka luas *blade* yang akan mendorong air untuk menghasilkan daya putar *paddle wheel* adalah:

$$\begin{aligned} A1 &= \text{Luas yang tercelup} \\ &= 0,3 \text{ m} \end{aligned}$$

- *Blade* yang tercelup air dengan posisi tegak lurus, maka luas *blade* yang akan mendorong air untuk menghasilkan daya putar *paddle wheel* adalah:

$$\begin{aligned} A2 &= \text{Luas yang tercelup} \\ &= 0,75 \text{ m} \end{aligned}$$

- *Blade* yang tercelup air dengan kemiringan 45° kekanan, maka luas *blade* yang akan mendorong air untuk menghasilkan daya putar *paddle wheel* adalah:

$$\begin{aligned} A3 &= \text{Luas yang tercelup} \\ &= 0,3 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari data luasan *blade* yang tercelup diatas maka dapat dihitung gaya yang diperlukan untuk menggerakkan *paddle wheel* sebagai berikut:

$$F = 0,5 p C_d A V r^2 \quad (5.19)$$

Dimana F adalah gaya pada sebuah *blade* atau sudu, p adalah massa jenis air, C_d adalah *Coefficient of discharge*, A adalah luas *blade* yang tercelup air, dan Vr adalah kecepatan relatif. Luasan sebuah *blade* yang tercelup didalam air tentunya berubah-ubah karena *blade* tersebut berputar dengan pusat rotasinya yaitu poros. Untuk perpindahan sebuah *blade* secara matematisnya adalah dari posisi vertikal dalam air menjadi 90° pada posisi awal. Jika \emptyset adalah besarnya sudut antara pusat kincir dengan perpindahan *blade* yaitu dari $\emptyset=0$ menjadi $\emptyset=\emptyset_1$.

Dari rumusan diatas maka dapat ditentukan total gaya yang diperlukan tiga *blade* untuk menggerakkan *paddle wheel* sebagai berikut:

$$\begin{aligned} F_{\text{tot}} &= 2,162 \text{ N} \times 2,162 \text{ N} \times 12,583 \text{ N} \\ &= 16,908 \text{ N} \end{aligned} \quad (5.20)$$

Total gaya ini nantinya digunakan untuk mencari torsi yang diperlukan untuk menggerakkan *paddle wheel* pada 3 *blade*, yaitu:

$$T_{\text{pw}} = F_{\text{tot}} \times r \quad (5.21)$$

$$\begin{aligned} \text{Dimana } r &= 0,75 \text{ m} \\ &= 16,908 \times 0,75 \\ &= 12,68 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Setelah torsi diketahui maka daya yang dibutuhkan untuk memutar *paddle wheel* adalah:

$$P = (2 \times J \times N_{pw} \times T_{pw}) / 60 \times n \quad (5.22)$$

Dimana:

$$J = 3,14$$

$$N_{pw} = 250 \text{ rpm}$$

$$n = \text{Jumlah Blade}$$

$$P = (2 \times 3,14 \times 250 \times 12,68) / 60 \times 3$$

$$= 995,476 \text{ Watt}$$

$$= 0,995 \text{ kW}$$

$$= 0,73 \text{ HP untuk satu paddle wheel}$$

$$= 1,46 \text{ HP untuk dua paddle wheel}$$

Jadi untuk bentuk *paddle wheel* seperti Gambar V.9 memerlukan daya sebesar 1,46 HP untuk dapat menggerakkan kapal dengan kecepatan 4 knot sesuai yang direncanakan. Karena mesin yang digunakan memiliki daya 3,7 HP, maka mesin ini sangat memenuhi kriteria untuk dapat memutar *paddle wheel* sesuai kecepatan yang sudah ditentukan. Untuk lebih jelasnya perhitungan *paddle wheel* secara detail dapat dilihat dalam Lampiran B Perhitungan Analisis Teknis dan Perhitungan Ekonomis.

V.1.10. Perhitungan Berat dan Titik Berat

Proses selanjutnya adalah menghitung berat dan titik berat kapal. Perhitungan berat dan titik berat kapal pada Tugas Akhir ini menggunakan metode pos per pos untuk tiap elemen LWT dan DWT. Pos per pos ini digunakan untuk menghitung berat kapal kosong (*Lightweight Tonnage*). Untuk komponen-komponen lainnya cukup di rekapitulasi berdasarkan nilai berat, *Longitudinal Center of Gravity* (LCG), dan *Vertical Center of Gravity* (VCG) masing-masing komponen. Untuk menghitung berat dan titik berat kapal kosong, dibutuhkan sedikit perhitungan konstruksi setiap bagian kapal.

Untuk perhitungan pos per pos konstruksi dibagi menjadi 3 blok dengan 67libaba plat di blok 2 disesuaikan dengan 67libaba plat yang ada di pasaran yaitu 6 m. Sehingga blok 1 dan 3 menyesuaikan 67libaba sisa dari kapal. *Item* pada masing-masing blok disesuaikan sesuai rencana kapal tersebut. Untuk ukuran *profile* disesuaikan sesuai perhitungan modulus yang digunakan pada kapal ini. Untuk total konstruksi dengan metode pos per pos ini didapatkan berat total sebesar 8,521 ton. Untuk perhitungan LWT dan DWT dilampirkan pada

lampiran B perhitungan teknis dan ekonomis. Untuk perhitungan konstruksi dengan metode pos per pos dapat dilihat pada Tabel V.15 berikut:

Tabel V.15 Berat Pos per Pos

Perhitungan Block I																	
Level 1	Level 2	Level 3				Level 4											
Grand block	Block	Piece Part				Raw Material											
		Item	Jumlah	Ukuran	Satuan Luas (m ²) / Panjang (m)	Ukuran profile(mm)tebal pelat (m)	Item	Ukuran Pelat			Ukuran Profile				Jumlah	Satuan	Volume (m ³)
								Panjang (m)	Lebar (m)	Tebal (m)	Face (m)	Web (m)	Tebal (m)	Panjang (m)			
		Pelat Sisi	2	2.138	m ²	0.005	Pelat	6	1.5	0.005					0.5	Lembar	0.021384
		Pelat Belakang	1	3.600	m ²	0.007	Pelat	6	1.5	0.007					0.4	Lembar	0.0252
		Penegar Dinding Belakang 1	2	1.666	m	L 150 x 100 x 10	Profile				0.15	0.1	0.01	1.666	2	Lonjor	0.008
		Penegar Dinding Belakang 2	2	1.698	m	L 150 x 100 x 10	Profile				0.15	0.1	0.01	1.698	2	Lonjor	0.008
		Penegar Dinding Belakang 3	2	0.578	m	L 150 x 100 x 10	Profile				0.15	0.1	0.01	0.578	2	Lonjor	0.003
		Penegar Dinding Belakang 4	2	0.578	m	L 150 x 100 x 10	Profile				0.15	0.1	0.01	0.578	2	Lonjor	0.003
		Penegar Dinding Belakang 5	2	1.608	m	L 150 x 100 x 10	Profile				0.15	0.1	0.01	1.608	2	Lonjor	0.008
		Gading Biasa (1)	2	1.19	m	L 150 x 100 x 10	Profile				0.15	0.1	0.01	1.187	2	Lonjor	0.006
		Gading Biasa (2)	2	1.19	m	L 150 x 150 x 10	Profile				0.15	0.1	0.01	1.188	2	Lonjor	0.006
		Gading Biasa (3)	2	1.19	m	L 150 x 150 x 10	Profile				0.15	0.1	0.01	1.188	2	Lonjor	0.006
		Pelat Geladak	2	4.80	m ²	0.003	Pelat	6	1.5	0.003					1	Lembar	0.0288
		Balok Geladak (1)	2	3.00	m	L 150 x 100 x 10	Profile				0.15	0.1	0.01	3	2	Lonjor	0.015
		Balok Geladak (2)	2	3.00	m	L 150 x 100 x 10	Profile				0.15	0.1	0.01	3	2	Lonjor	0.015
		Balok Geladak (3)	2	1.00	m	L 150 x 100 x 10	Profile				0.15	0.1	0.01	1	2	Lonjor	0.005
		Pelat Tunnel	2	7.42	m ²	0.005	Pelat	6	1.5	0.005					1.6	Lembar	0.07421

Perhitungan Block II																	
Level 1	Level 2	Level 3				Level 4											
Grand block	Block	Piece Part				Raw Material											
		Item	Jumlah	Ukuran	Satuan Luas (m ²) / Panjang (m)	Ukuran profile(mm)tebal pelat (m)	Item	Ukuran Pelat			Ukuran Profile				Jumlah	Satuan	Volume (m ³)
								Panjang (m)	Lebar (m)	Tebal (m)	Face (m)	Web (m)	Tebal (m)	Panjang (m)			
		Pelat Sisi	2	7.128	m ²	0.005	Pelat	6	1.5	0.005					1.6	Lembar	0.07128
		Gading Biasa (4)	2	1.190	m	L 150 x 100 x 10	Profile				0.15	0.1	0.01	1.190	2	Lonjor	0.006
		Gading Biasa (5)	2	1.190	m	L 150 x 100 x 10	Profile				0.15	0.1	0.01	1.190	2	Lonjor	0.006
		Gading Biasa (6)	2	1.190	m	L 150 x 100 x 10	Profile				0.15	0.1	0.01	1.190	2	Lonjor	0.006
		Gading Biasa (7)	2	1.190	m	L 150 x 100 x 10	Profile				0.15	0.1	0.01	1.190	2	Lonjor	0.006
		Gading Biasa (8)	2	1.190	m	L 150 x 100 x 10	Profile				0.15	0.1	0.01	1.190	2	Lonjor	0.006
		Gading Biasa (9)	2	1.190	m	L 150 x 100 x 10	Profile				0.15	0.1	0.01	1.190	2	Lonjor	0.006
		Gading Biasa (10)	2	1.190	m	L 150 x 100 x 10	Profile				0.15	0.1	0.01	1.190	2	Lonjor	0.006
		Gading Biasa (11)	2	1.190	m	L 150 x 100 x 10	Profile				0.15	0.1	0.01	1.190	2	Lonjor	0.006
		Gading Biasa (12)	2	1.190	m	L 150 x 100 x 10	Profile				0.15	0.1	0.01	1.190	2	Lonjor	0.006
		Gading Biasa (13)	2	1.190	m	L 150 x 100 x 10	Profile				0.15	0.1	0.01	1.190	2	Lonjor	0.006
		Gading Biasa (14)	2	1.190	m	L 150 x 100 x 10	Profile				0.15	0.1	0.01	1.190	2	Lonjor	0.006
		Gading Biasa (15)	2	1.190	m	L 150 x 100 x 10	Profile				0.15	0.1	0.01	1.190	2	Lonjor	0.006
		Pelat Geladak	2	7.79	m ²	0.003	Pelat	6	1.5	0.003					1.7	Lembar	0.04675
		Pelat Alas	2	7.42	m ²	0.005	Pelat	6	1.5	0.005					1.6	Lembar	0.07421
		Balok Geladak (4)	2	3.00	m	L 150 x 100 x 10	Profile				0.15	0.1	0.01	3	2	Lonjor	0.015
		Balok Geladak (5)	2	3.00	m	L 150 x 100 x 10	Profile				0.15	0.1	0.01	3	2	Lonjor	0.015
		Balok Geladak (6)	2	3.00	m	L 150 x 100 x 10	Profile				0.15	0.1	0.01	3	2	Lonjor	0.015
		Balok Geladak (7)	2	3.00	m	L 150 x 100 x 10	Profile				0.15	0.1	0.01	3	2	Lonjor	0.015
		Balok Geladak (8)	2	3.00	m	L 150 x 100 x 10	Profile				0.15	0.1	0.01	3	2	Lonjor	0.015
		Balok Geladak (9)	2	3.00	m	L 150 x 100 x 10	Profile				0.15	0.1	0.01	3	2	Lonjor	0.015
		Balok Geladak (10)	2	3.00	m	L 150 x 100 x 10	Profile				0.15	0.1	0.01	3	2	Lonjor	0.015
		Balok Geladak (11)	2	3.00	m	L 150 x 100 x 10	Profile				0.15	0.1	0.01	3	2	Lonjor	0.015
		Balok Geladak (12)	2	3.00	m	L 150 x 100 x 10	Profile				0.15	0.1	0.01	3	2	Lonjor	0.015
		Balok Geladak (13)	2	3.00	m	L 150 x 100 x 10	Profile				0.15	0.1	0.01	3	2	Lonjor	0.015
		Balok Geladak (14)	2	3.00	m	L 150 x 100 x 10	Profile				0.15	0.1	0.01	3	2	Lonjor	0.015
		Balok Geladak (15)	2	3.00	m	L 150 x 100 x 10	Profile				0.15	0.1	0.01	3	2	Lonjor	0.015
		Pelat Tunnel	2	24.74	m ²	0.005	Pelat	6	1.5	0.005					5.5	Lembar	0.24737

Perhitungan Block III																	
Level 1	Level 2	Level 3				Level 4											Titik Berat
Grand block	Block	Piece Part		Raw Material													
		Item	Jumlah	Ukuran	Satuan Luas (m ²) / Panjang (m)	Ukuran profile(mm) /tebal pelat (m)	Item	Ukuran Pelat			Ukuran Profile				Jumlah Satuan		Volume (m ³)
							Panjang (m)	Lebar (m)	Tebal (m)	Face (m)	Web (m)	Tebal (m)	Panjang (m)				
		Pelat Sisi	2	0.358	m ²	0.005	Pelat	6	1.5	0.005					0.1	Lembar	0.00358
		Gading Biasa (16)	2	1.190	m	L 150 x 100 x 10	Profile				0.15	0.1	0.01	1.190	2	Lonjor	0.006
		Gading Biasa (17)	2	1.191	m	L 150 x 100 x 10	Profile				0.15	0.1	0.01	1.191	2	Lonjor	0.006
		Gading Biasa (18)	2	1.190	m	L 150 x 100 x 10	Profile				0.15	0.1	0.01	1.190	2	Lonjor	0.006
		Gading Biasa (19)	2	0.302	m	L 150 x 100 x 10	Profile				0.15	0.1	0.01	0.302	2	Lonjor	0.002
		Pelat Geladak	2	7.79	m ²	0.003	Pelat	6	1.5	0.003					1.7	Lembar	0.04675
		Balok Geladak (16)	2	3.00	m	L 150 x 100 x 10	Profile				0.15	0.1	0.01	3	2	Lonjor	0.015
		Balok Geladak (17)	2	3.00	m	L 150 x 100 x 10	Profile				0.15	0.1	0.01	3	2	Lonjor	0.015
		Balok Geladak (18)	2	3.00	m	L 150 x 100 x 10	Profile				0.15	0.1	0.01	3	2	Lonjor	0.015
		Balok Geladak (19)	2	3.00	m	L 150 x 100 x 10	Profile				0.15	0.1	0.01	3	2	Lonjor	0.015
		Pelat Tunnel	2	0.01	m ²	0.005	Pelat	6	1.5	0.005					0.001	Lembar	6E-05

V.1.9.1. Perhitungan Konstruksi

Perhitungan konstruksi kapal menggunakan dasar *Rules* dari Biro Klasifikasi Indonesia *Volume II Rules For Hull*. Sebagai catatan, perhitungan konstruksi pada Tugas Akhir ini hanya bersifat asumsi karena perhitungan pada tahap konsep desain hanyalah sebatas pendekatan. Perhitungan konstruksi secara detail dapat dilakukan apabila telah memasuki tahap *Preliminary Design*. Berikut penjabaran rumus yang digunakan dalam perhitungan konstruksi kapal:

V. Pembebanan

$$P_0 = 2,1 \cdot (C_b + 0,7) \cdot C_0 \cdot C_L \cdot f \cdot C_{RW} \quad [\text{kN/m}^2] \quad (5.23)$$

dan,

$$P_{01} = 2,6 \cdot (C_b + 0,7) \cdot C_0 \cdot C_L \quad [\text{kN/m}^2] \quad (5.24)$$

Dimana,

$P_0 = \text{Basic external dynamic load}$

$P_{01} = \text{For wave directions transverse the ship's heading}$

$C_b = \text{Block Coefficient}$

$C_0 = \text{Wave coefficient}$

$$\begin{aligned} & \left[\frac{L}{25} + 4,1 \right] C_{RW} && \text{for } L < 90 \text{ m} \\ & \left[10,75 - \left[\frac{300 - L}{100} \right]^{1,5} \right] C_{RW} && \text{for } 90 \leq L \leq 300 \text{ m} \\ & 10,75 \cdot C_{RW} && \text{for } L > 300 \text{ m} \end{aligned} \quad (5.25)$$

$C_L = \text{Length coefficient}$

$$\begin{aligned} & \sqrt{\frac{L}{90}} && \text{for } L < 90 \text{ m} \\ & 1,0 && \text{for } L \geq 90 \text{ m} \end{aligned} \quad (5.26)$$

- f = Probability factor
 = 1,0 , for plate panels
 = 0,75 , for stiffeners
 = 0,60 , for girders
 C_{RW} = Service range coefficient
 = 1,00 , for unlimited service range
 = 0,90 , for service range P
 = 0,75 , for service range L
 = 0,60 , for service range T

Tabel V.16 Distribution Factors C_F dan C_D

	Range	Factor C_D	Factor C_F
A	$0 \leq x/L < 0,2$ $x/L = 0.100$	$1,2 - x/L$ $C_D = 1.100$	$1,0 + 5/C_B [0,2 - x/L]$ $C_F = 2.000$
	$0,2 \leq x/L < 0,7$ $x/L = 0.450$	1 $C_D = 1$	1 $C_F = 1$
F	$0,7 \leq x/L \leq 1$ $x/L = 0.850$	$1,0 + c/3 [x/L - 0,7]$ $c = 0,15 \cdot L - 10$ $C_D = 1.250$	$1 + 20/C_B [x/L - 0,7]^2$ $C_F = 1.900$

Pada Tabel V.16, merupakan *distribution factor* C_F dan C_D sesuai jarak *After*, *Midship*, dan *Fore* kapal. Berikut dijabarkan hasil rekapitulasi nilai variabel pembebanan pada Tabel V.17:

Tabel V.17 Nilai Variabel Pembebanan

No.	Variabel Pembebanan	Nilai
1.	C_L	0.315
2.	C_b (Block Coefficient)	0,5
3.	C_{RW} (Sheltered Shallow Water Service)	0,60
4.	C_0	2,674
5.	C_F	A = 2
		M = 1,00
		F = 1,9

Setelah nilai variabel pembebanan didapatkan, maka beban kapal dapat dihitung sesuai dengan rumus yang telah diberikan sebelumnya. Berikut rekapitulasi hasil pembebanan P_B , dan P_0 masing-masing dijelaskan dalam Tabel V.19 dan **Error! Reference source not found.**

Tabel V.18 Rekapitulasi Nilai Pembebanan P_0 dan P_{01}

Pembebanan P_0 dan P_{01}	Nilai (kN/m ²)
P_0 untuk pelat	1.27 kN/m ²

Pembebanan P_0 dan P_{01}	Nilai (kN/m^2)
P_0 untuk penegar	0.95 kN/m^2
P_0 untuk penumpu	0.76 kN/m^2
P_{01}	2.62 kN/m^2

$$P_B = 10 \cdot T + P_0 \cdot C_F \quad [\text{kN/m}^2] \quad (5.27)$$

dan,

$$P_{B1} = 10 \cdot T + P_{01} \cdot 2 \cdot |y|/B \quad [\text{kN/m}^2] \quad (5.28)$$

dimana,

P_B = External load of ship's bottom for wave direction with or against ship's heading

P_{B1} = External load of ship's bottom for wave direction transverse ship's heading

T = sarat kapal (m)

C_F = distribution factors berdasarkan **Error! Reference source not found.**

Tabel V.19 Rekapitulasi Nilai P_B

Pembebanan P_B	Nilai (kN/m^2)	Range
P_B untuk pelat	9.54 kN/m^2	$0 \leq x/L \leq 0,2$
P_B untuk penegar	8.91 kN/m^2	
P_B untuk penumpu	8.52 kN/m^2	
P_B untuk pelat	9.62 kN/m^2	$0,2 \leq x/L \leq 0,7$
P_B untuk penegar	7.95 kN/m^2	
P_B untuk penumpu	7.76 kN/m^2	
P_B untuk pelat	11.99 kN/m^2	$0,7 \leq x/L \leq 1$
P_B untuk penegar	8.81 kN/m^2	
P_B untuk penumpu	8.45 kN/m^2	

Dalam perhitungan pembebanan untuk sisi, pembebanan untuk geladak, dan lain sebagainya di asumsikan sama dengan pembebanan pada alas. *Statement* diambilnya pembebanan pada alas dikarenakan beban terbesar pada kapal biasanya terdapat pada alas kapal. Berikut hasil rekapitulasi nilai pembebanan sisi, dan pembebanan geladak:

Tabel V.20 Rekapitulasi Pembebanan Sisi dan Geladak

Range	P_s		P_D		
	Pelat		Pelat	Penegar	Penumpu
	P_{s1}	P_{s2}			
$0 \leq x/L \leq 0,2$	7.00	4.993	1.028	0.771	0.617
$0,2 \leq x/L \leq 0,7$	5.00	2.49	0.943	0.701	0.560
$0,7 \leq x/L \leq 1$	6.80	4.74	1.168	0.876	0.701

Nilai-nilai pada **Error! Reference source not found.** Selanjutnya akan digunakan untuk menghitung tebal pelat. Untuk perhitungan pembebanan secara mendetail dapat dilihat pada Lampiran B Analisis Teknis dan Perhitungan Ekonomis.

V. Tebal Pelat

Setelah mendapatkan besar nilai pembebanan, maka selanjutnya adalah menghitung tebal pelat. Berikut rumus menghitung tebal pelat alas, pelat sisi dan pelat geladak:

$$t_{B1} = 1,9 \cdot nf \cdot a \cdot \sqrt{P_B \cdot k} + t_K \text{ (mm)}, \text{ jika panjang kapal } \leq 90 \text{ m} \quad (5.29)$$

$$t_{B2} = 1,21 \cdot a \cdot \sqrt{P_B \cdot k} + t_K \text{ (mm)} \quad (5.30)$$

$$t_{\min} = (1,5 - 0,01 L) \cdot \sqrt{L \cdot k} \text{ (mm)}, \text{ jika panjang kapal } < 50 \text{ m} \quad (5.31)$$

dimana,

t_{B1} , t_{B2} , t_{\min} = tebal pelat alas

P_B = Beban pada alas (kN/m^2)

k = *material factor*, 1

$nf = 1,00$, untuk sistem konstruksi melintang

$= 0,83$, untuk sistem konstruksi memanjang

a = jarak penegar (m)

t_K = *corrosion addition*

$$\begin{aligned} t_K &= 1,5 \text{ mm} && \text{for } t' \leq 10 \text{ mm} \\ &= \frac{0,1 \cdot t'}{\sqrt{k}} + 0,5 \text{ mm, max. } 3,0 \text{ mm} && \text{for } t' > 10 \text{ mm} \end{aligned} \quad (5.32)$$

t' = *required rule thickness excluding* t_K (mm)

Nilai dari variabel untuk menghitung tebal pelat alas disajikan dalam rekapitulasi pada Tabel V.21 berikut:

Tabel V.21 Nilai Variabel Tebal Pelat Alas

No.	Variabel	Nilai
1.	nf (sistem konstruksi melintang)	1,00
2.	t_K ($t' < 10$ mm)	1,5 mm
3.	Jarak penegar di area $0 \leq x/L \leq 0,2$	0,51 m
	Jarak penegar di area $0,2 \leq x/L \leq 0,7$	0,61 m
	Jarak penegar di area $0,7 \leq x/L \leq 1$	0,61 m

Setelah nilai variabel diatas diketahui, maka dapat dihitung tebal pelat alas, Rekapitulasi nilai tebal pelat alas berdasarkan *range*-nya dapat dilihat pada Tabel V.22 berikut:

Tabel V.22 Rekapitulasi Nilai Tebal Pelat Alas

Tebal Pelat	Nilai (mm)	Range
t _{B1}	6 mm	$0 \leq x/L \leq 0,2$
t _{B2}	5 mm	
t _{B1}	6 mm	$0,2 \leq x/L \leq 0,7$
t _{B2}	5 mm	
t _{B1}	6 mm	$0,7 \leq x/L \leq 1$
t _{B2}	5 mm	

Dari hasil rekapitulasi diatas, diambil nilai tebal pelat alas tertinggi yaitu 6 mm, dan untuk tebal pelat sisi, tebal pelat geladak dan tebal pelat ruang navigasi dapat dilihat pada Tabel V.23

Tabel V.23 Rekapitulasi Nilai Tebal Pelat Sisi dan Pelat Geladak

Range	Pelat Sisi		Pelat Geladak	Pelat Ruang Navigasi
	T _{s1}	T _{s2}		
$0 \leq x/L \leq 0,2$	5	5	5	5
$0,2 \leq x/L \leq 0,7$	5	4	5	5
$0,7 \leq x/L \leq 1$	5	5	5	5

3, diambil nilai tebal pelat sisi tertinggi yaitu 5 mm dan pelat geladak diambil 5 mm. Perhitungan konstruksi kapal secara detail dapat dilihat dalam Lampiran B Analisis Teknis dan Perhitungan Ekonomis.

V. Perencanaan Konstruksi Lambung Kapal

Untuk berat konstruksi lambung kapal, karena pada Tugas Akhir ini tidak menghitung perencanaan konstruksi dan kekuatan memanjang kapal, maka dari itu untuk berat konstruksi lambung seperti profil-profil diambil pendekatan sebesar 20%-25% dari total berat baja lambung kapal. Pada Tugas Akhir ini diambil 20% dari berat baja lambung kapal, sehingga berat konstruksi lambung kapal didapat sebesar 1.415 Ton. Perhitungan konstruksi kapal secara detail dapat dilihat dalam Lampiran B Analisis Teknis dan Perhitungan Ekonomis.

D
ari
Ta
bel
V.2

V.1.9.2. Perhitungan Berat dan Titik Berat Kapal

Berat kapal terdiri dari dua komponen yaitu LWT (*Light Weight Tonnage*) dan DWT (*Dead Weight Tonnage*). Komponen DWT meliputi berat bahan bakar mesin, genset ($W_{fo\&genset}$), berat kru dan barang bawaannya (W_{ca}), dan berat muatan bersih (*payload*). *Payload* kapal ini adalah jumlah sampah dan tumbuhan air yang dapat ditampung oleh kapal. Sedangkan LWT (*Light Weight Tonnage*) meliputi berat lambung kapal, berat geladak kapal, berat ruang navigasi, berat konstruksi lambung, berat *equipment and outfitting*, dan berat permesinan (W_m).

1. *Dead Weight Tonnage* (Berat DWT)

Rekapitulasi perhitungan berat dan titik berat DWT berturut-turut disajikan dalam Tabel V.24 berikut:

Tabel V.24 Rekapitulasi Berat dan Titik Berat Komponen DWT

DWT					
Bahan Bakar Mesin			Crew		
Berat	LCG	VCG	Berat	LCG	VCG
[kg]	[m]	[m]	[kg]	[m]	[m]
94.49	-1.489	0.500	156	0.106	2.500
Bahan Bakar Genset			Payload		
Berat	LCG	VCG	Berat	LCG	VCG
[kg]	[m]	[m]	[kg]	[m]	[m]
94	-0.489	0.500	4000	0.106	1.950

Rekapitulasi perhitungan berat dan titik berat LWT berturut-turut disajikan dalam Tabel V.25 berikut:

Tabel V.25 Rekapitulasi Berat dan Titik Berat Komponen LWT

LWT								
HULL			DECK			CONSTRUCTION		
Berat	LCG	VCG	Berat	LCG	VCG	Berat	LCG	VCG
[kg]	[m]	[m]	[kg]	[m]	[m]	[kg]	[m]	[m]
6272.83	-0.363	0.962	2219.00	0.000	1.730	1380.17	-0.363	0.962
Ruang Navigasi			peralatan navigasi			Generator		
Berat	LCG	VCG	Berat	LCG	VCG	Berat	LCG	VCG
[kg]	[m]	[m]	[kg]	[m]	[m]	[kg]	[m]	[m]
628	0.11	3.00	75	0.11	2.50	200	0.511	0.500
loading conveyor			storage conveyor			offloading conveyor		
Berat	LCG	VCG	Berat	LCG	VCG	Berat	LCG	VCG
[kg]	[m]	[m]	[kg]	[m]	[m]	[kg]	[m]	[m]
750	4.11	1.73	1500	0.11	1.73	750	-4.39	1.73
paddlewheel			Baterai			Motor		
Berat	LCG	VCG	Berat	LCG	VCG	Berat	LCG	VCG
[kg]	[m]	[m]	[kg]	[m]	[m]	[kg]	[m]	[m]
160	-4.00	0.90	200	0.51	1.25	168	-4.00	0.56

Setelah diketahui nilai dari *lightweight* dan *deadweight* seperti pada Tabel V.24 dan Tabel V.25, selanjutnya dilakukan perhitungan koreksi *displacement*. Koreksi *displacement* adalah selisih antara penjumlahan dari *lightweight* dan *deadweight* dengan *displacement* kapal yang didesain dengan margin maksimum 5%. Tabel V.26 adalah rekapitulasi perhitungan dari koreksi *displacement* yang dilakukan:

Tabel V.26 Rekapitulasi Perhitungan Koreksi Displasemen

TOTAL LWT			TOTAL DWT						
Berat	LCG	VCG	Berat	LCG	VCG				
14302.99	-0.229	0.942	4345	0.058	1.907				
BERAT TOTAL			DISPLACEMENT			SELISIH		CHECK DISPLACEMENT	
[kg]	LCG	VCG	[kg]	LCB	VCB				
	[m]	[m]		[m]	[m]	[kg]	%		
18648.0	-0.162	1.166	19320.0	-0.242	0.4843	672.035	3.48%	OK	

V.1.11. Perhitungan Lambung Timbul (*Freeboard*)

Perhitungan *freeboard* tidak dapat menggunakan ketentuan *Internasional Convention on Load Lines (ICLL)* 1966, karena dalam hal ini kapal yang digunakan adalah kapal katamaran sehingga mengacu pada *Non-Convention Vessel Standard (NCVS)*.

1. Tipe Kapal

(NCVS) Indonesian Flagged-Chapter 6 Section 5.1.2 menyebutkan bahwa Kapal Tipe A adalah:

- a. Kapal yang didesain untuk mengangkut kargo curah.
- b. Kapal yang memiliki kekokohan tinggi pada geladak terbuka.
- c. Kapal yang memiliki tingkat keselamatan yang tinggi terhadap banjir.

Sedangkan Kapal Tipe adalah selain Kapal Tipe A, sehingga kapal pembersih sampah dan tumbuhan air ini termasuk kapal Tipe B.

2. Lambung Timbul Standar (F_{b1})

Oleh karena kapal jenis *skimmer* ini merupakan kapal tipe B, maka persamaan yang digunakan untuk kapal tipe B dengan $76 \text{ libaba} \leq 50 \text{ m}$ seperti pada Gambar V.10

II. Lambung Timbul Awal (f_b) untuk kapal Tipe B
 $f_b = 0,8 L \text{ cm, untuk } L \text{ sampai dengan } 50 \text{ m}$
 $f_b = (L/10)^2 + (L/10) + 10 \text{ cm, untuk } L \text{ lebih dari } 50 \text{ m}$
 Catatan : L adalah panjang kapal dalam meter

Gambar V.10 Lambung Timbul Awal untuk Kapal Tipe B

$$\begin{aligned}
 F_{B1} &= 0.8 L & (5.33) \\
 &= 0.8 \cdot 9.2 \text{m} \\
 &= 0.073 \text{ m}
 \end{aligned}$$

3. Koreksi *Freeboard*

a. Koefisien blok

Koreksi *freeboard* terhadap C_b hanya untuk kapal dengan $C_b \geq 0,68$. Jika $C_b \geq 0,068$ maka F_{B2} harus dikalikan dengan factor berikut:

$$F_{B2} = (0,68 + C_b)/1,36 \quad (5.34)$$

Karena C_b kapal pembersih ini $\leq 0,68$, yaitu 0,5, maka tidak ada koreksi *freeboard* terhadap koefisien blok.

b. *Depth* (D)

Koreksi *freeboard* terhadap tinggi dilakukan untuk kapal dengan $D > L/15$; jika $D > L/15$ maka *freeboard* ditambah dengan $20 (D - L/15) \text{ cm}$ sedangkan jika $D < L/15$; maka tidak ada koreksi *freeboard* terhadap tinggi.

Dimana,

$$D = 1,73 \text{ m}$$

$$L/15 = 0,613$$

Karena $D > L/15$ maka terdapat koreksi yaitu:

$$\begin{aligned} &= 20 (D - L/15) \text{ cm} & (5.35) \\ &= 20 (1,78 - 0,613) \\ &= 0,223 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga } F_{b3} \text{ adalah } &= F_{b1} + \text{koreksi } Depth \\ &= 0,297 \text{ m} \end{aligned}$$

4. Koreksi bangunan atas

Kapal tidak memiliki bangunan atas, maka tidak ada koreksi bangunan atas sehingga koreksi pengurangan lambung timbul adalah 0 m

5. Total Lambung Timbul

$$\begin{aligned} F_b' &= F_{b3} - \text{pengurangan} & (5.36) \\ &= 0,297 - 0 \\ &= 0,297 \end{aligned}$$

6. Lambung Timbul Sebenarnya

$$\begin{aligned} F_b &= H - T & (5.37) \\ &= 1,03 \text{ m} \end{aligned}$$

Karena lambung timbul sebenarnya harus lebih besar dari lambung timbul total maka kondisi lambung timbul kapal ini diterima, rekapitulasi dapat dilihat pada Tabel V.27:

Tabel V.27
Perhitungan

Rekapitulasi
Freeboard

Lambung Timbul	Nilai	Satuan
Lambung Timbul yang disyaratkan	0,29	m
Lambung Timbul Sebenarnya	1,03	m
Kondisi	Diterima	

V.1.12. Perhitungan Trim Kapal

Perhitungan trim kapal digunakan untuk mengetahui adanya besarnya kemiringan kapal pada saat kondisi muatan penuh. Perhitungan tersebut mengacu pada *SOLAS Chapter II-1 Part B-1, Regulasi 5-1*. Berdasarkan regulasi ini, nilai trim maksimum kapal adalah $\pm 0,5\% L_{wl}$. Dengan kata lain, nilai trim maksimum kapal yang didesain adalah 0,046 meter. Mula-mula untuk menghitung trim dan stabilitas menggunakan *Maxsurf Stability Enterprise*, haruslah dibuat model 3D terlebih dahulu. Seperti yang telah dibahas dalam Bab V.4 bahwa

ukuran kapal bersifat sementara, maka pembuatan model 3D juga menggunakan ukuran utama dari total 256 ukuran utama kapal yang telah dihitung. Dari sekian banyak ukuran utama kapal, akan dipilih yang memenuhi persyaratan trim dan stabilitas yang telah ditentukan oleh *Marine Guide Notices*. Namun dalam Bab ini, ukuran utama yang digunakan adalah ukuran utama kapal yang telah dipilih.

Berikut uraian singkat langkah-langkah proses perhitungan trim dan stabilitas menggunakan *Maxsurf Stability Enterprise*:

1. Dalam proses perhitungan, mula-mula dibutuhkan *loadcase-loadcase* dengan berbagai kondisi. *Loadcase* tersebut berasal dari data perhitungan berat yang telah dihitung. Memasukkan data-data *loadcase* diawali pada menu *Loadcase Window* lalu buat *New Loadcase*. Cara memasukkan data-data tersebut dapat dilihat pada Gambar V.11.
2. Pada Tugas Akhir ini, direncanakan terdapat 3 (tiga) kondisi *loadcase* yang akan dihitung. Dimana 5 (lima) kondisi tersebut antara lain, kondisi *Full Load I*, kondisi (D), I, (B), kondisi kapal kosong (A).
3. Setelah data-data *loadcase* dimasukkan sesuai dengan kondisi masing-masing, maka proses perhitungan mulai dapat dilakukan dengan memilih menu *Start Analysis* seperti yang dapat dilihat pada Gambar V.12.

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
1 hull	1	6.273	6.273			-0.353	0.000	0.963	0.000	User Specifi
2 deck	1	2.219	2.219			0.000	0.000	1.730	0.000	User Specifi
3 payload	1	4.000	4.000			0.106	0.000	1.950	0.000	User Specifi
4 construction	1	1.380	1.380			-0.353	0.000	0.963	0.000	User Specifi
5 ruang navigasi	1	0.628	0.628			0.106	0.000	3.000	0.000	User Specifi
6 peralatan navig	1	0.075	0.075			0.106	0.000	2.500	0.000	User Specifi
7 generator	1	0.200	0.200			0.511	0.000	0.500	0.000	User Specifi
8 loading convey	1	0.750	0.750			4.106	0.000	1.730	0.000	User Specifi
9 storage convey	1	1.500	1.500			0.106	0.000	1.730	0.000	User Specifi
10 offloading con	1	0.750	0.750			-4.393	0.000	1.730	0.000	User Specifi
11 motor	1	0.168	0.168			-3.000	0.000	0.560	0.000	User Specifi
12 baterai	1	0.200	0.200			0.511	0.000	1.250	0.000	User Specifi
13 paddle wheel	1	0.160	0.160			-4.000	0.000	0.900	0.000	User Specifi
14 bahan bakar m	1	0.094	0.094			-1.489	0.000	0.500	0.000	User Specifi
15 bahan bakar g	1	0.094	0.094			-0.489	0.000	0.500	0.000	User Specifi
16 crew	1	0.156	0.156			0.106	0.000	2.500	0.000	User Specifi
17 Total Loadgr			18.647		0.000	-0.181	0.000	1.466	0.000	
18 FS correction								0.000		
19 VCG fluid								1.466		

Gambar V.11 Tabel *Loadcase Window*

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
1 hull	1	6.273	6.273			-0.353	0.000	0.963	0.000	User Specifi
2 deck	1	2.219	2.219			0.000	0.000	1.730	0.000	User Specifi

Gambar V.12 Menu *Start Analysis* untuk Memulai Perhitungan

V.1.11.1. Kondisi A (Kapal Kosong)

Kondisi A (kapal kosong) merupakan kondisi dimana kapal tanpa muatan dan *equipment* pada kapal telah terpasang, seperti *conveyor belt* yang terdiri dari 3 (tiga) buah. Pada kondisi ini kebutuhan bahan bakar direncanakan 10% dari kondisi aslinya. Kondisi kapal kosong ini sangat perlu diperhitungkan terutama untuk trim karena kondisi ini merupakan kondisi saat kapal mulai berlayar dan beroperasi tanpa membawa muatan. Berikut proses perhitungan untuk kondisi ini:

1. Mula-mula dimasukkan data-data beban dari komponen yang ada (diambil dari hasil perhitungan berat dan titik berat). Data-data yang dibutuhkan untuk beban-beban pada komponen tersebut antara lain berat komponen, LCG komponen, VCG komponen, dan TCG komponen (jika ada). *Input* data beban dapat dilihat pada Gambar V.13 berikut:

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m ³	Total Volume m ³	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
1	hull	1	6.273	6.273			-0.363	0.000	0.963	0.000	User Specific
2	deck	1	2.219	2.219			0.188	0.000	1.730	0.000	User Specific
3	payload	1	0.000	0.000			0.106	0.000	1.950	0.000	User Specific
4	construction	1	1.380	1.380			-0.363	0.000	0.963	0.000	User Specific
5	ruang navigasi	1	0.934	0.934			-0.120	0.000	3.000	0.000	User Specific
6	peralatan navig	1	0.075	0.075			0.782	0.000	2.500	0.000	User Specific
7	generator	1	0.200	0.200			0.400	0.000	0.500	0.000	User Specific
8	loading convey	1	0.750	0.750			4.106	0.000	1.730	0.000	User Specific
9	storage convey	1	1.500	1.500			0.106	0.000	1.730	0.000	User Specific
10	offloading con	1	0.750	0.750			-4.393	0.000	1.730	0.000	User Specific
11	motor	1	0.168	0.168			-3.000	0.000	0.560	0.000	User Specific
12	baterai	1	0.200	0.200			1.400	0.000	1.250	0.000	User Specific
13	paddle wheel	1	0.540	0.540			-3.000	0.000	0.900	0.000	User Specific
14	bahan bakar m	1	0.005	0.005			-1.600	0.000	0.500	0.000	User Specific
15	bahan bakar g	1	0.005	0.005			-0.600	0.000	0.500	0.000	User Specific
16	crew	1	0.156	0.156			0.106	0.000	2.500	0.000	User Specific
17	Total Loadca			15.155	0.000	0.000	-0.279	0.000	1.367	0.000	
18	FS correction								0.000		
19	VCG fluid								1.367		

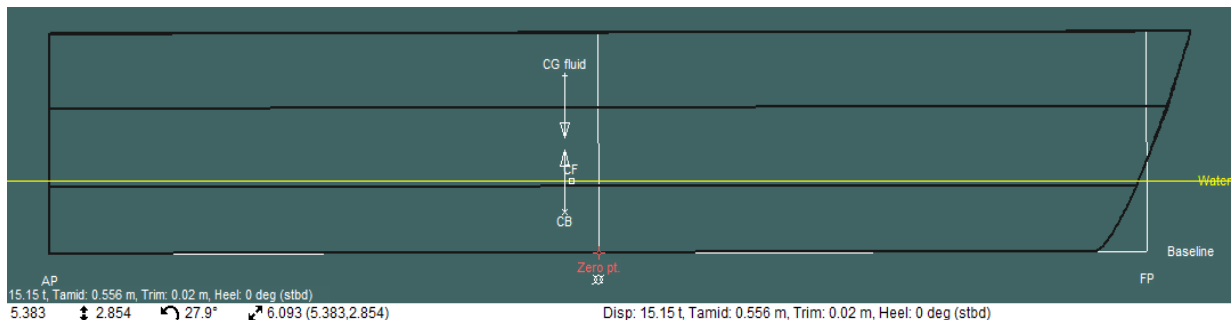
Gambar V.13 Input Data Beban Kondisi A (Kapal Kosong)

- Setelah beban dimasukkan, selanjutnya dilakukan proses analisis dengan memilih menu *Start Analysis*. Untuk hasil perhitungan trim pada kondisi ini dapat dilihat pada Gambar V.14 berikut ini:

1	Draft Amidships m	0.556
2	Displacement t	15.15
3	Heel deg	0.0
4	Draft at FP m	0.546
5	Draft at AP m	0.566
6	Draft at LCF m	0.557
7	Trim (+ve by stern) m	0.020
8	WL Length m	9.156
9	Beam max extents on	6.000
10	Wetted Area m ²	43.400
11	Waterpl. Area m ²	31.587
12	Prismatic coeff. (Cp)	0.933
13	Block coeff. (Cb)	0.475
14	Max Sect. area coeff. (0.509
15	Waterpl. area coeff. (C	0.575
16	LCB from zero pt. (+ve	-0.281
17	LCF from zero pt. (+ve	-0.221
18	KB m	0.311
19	KG fluid m	1.367
20	BMt m	9.972
21	BML m	13.782
22	Gmt corrected m	8.916
23	GML m	12.726
24	KMt m	10.283
25	KML m	14.093
26	Immersion (TPc) tonne/	0.324

Gambar V.14 Hasil Rekapitulasi Perhitungan *Trim* Kondisi A (Kapal Kosong)

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh sarat AP dan sarat FP. Selisih dari keduanya adalah besar trim, yaitu 0,02 meter. Dapat dilihat juga kondisi kapal pada Gambar V.15 berikut ini:



Gambar V.15 Kondisi *Trim* Kapal Kosong

Karena trim pada kapal kosong $0,02 \leq 0,046$, jadi dapat dikatakan bahwa *trim* pada kondisi kapal kosong aman dan dapat diterima. Untuk perhitungan *trim* kapal pada kondisi ini yang lebih detail dapat dilihat pada Lampiran B Analisis Teknis dan Perhitungan Ekonomis.

V.1.13.2. Kondisi B

Kondisi B ini merupakan kondisi dimana kapal dengan segala perlengkapannya membawa muatan sebesar 25% dari total muatan penuh dan kebutuhan bahan bakar direncanakan 25% dari kondisi aslinya. Berikut proses perhitungan untuk kondisi ini:

1. Mula-mula dimasukkan data-data beban dari komponen yang ada (diambil dari hasil perhitungan berat dan titik berat). Data-data yang dibutuhkan untuk beban-beban pada komponen tersebut antara lain berat komponen, LCG komponen, VCG komponen,

dan TCG komponen (jika ada). *Input* data beban dapat dilihat pada Gambar V.16 berikut:

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m ³	Total Volume m ³	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
1	hull	1	6.273	6.273			-0.363	0.000	0.963	0.000	User Specific
2	deck	1	2.219	2.219			0.188	0.000	1.730	0.000	User Specific
3	payload	1	1.000	1.000			0.106	0.000	1.950	0.000	User Specific
4	construction	1	1.380	1.380			-0.363	0.000	0.963	0.000	User Specific
5	ruang navigasi	1	0.934	0.934			-0.120	0.000	3.000	0.000	User Specific
6	peralatan navig	1	0.075	0.075			0.782	0.000	2.500	0.000	User Specific
7	generator	1	0.200	0.200			0.400	0.000	0.500	0.000	User Specific
8	loading convey	1	0.750	0.750			4.106	0.000	1.730	0.000	User Specific
9	storage conve	1	1.500	1.500			0.106	0.000	1.730	0.000	User Specific
10	offloading con	1	0.750	0.750			-4.393	0.000	1.730	0.000	User Specific
11	motor	1	0.168	0.168			-3.000	0.000	0.560	0.000	User Specific
12	baterai	1	0.200	0.200			1.400	0.000	1.250	0.000	User Specific
13	paddle wheel	1	0.540	0.540			-3.000	0.000	0.900	0.000	User Specific
14	bahan bakar m	1	0.012	0.012			-1.600	0.000	0.500	0.000	User Specific
15	bahan bakar g	1	0.012	0.012			-0.600	0.000	0.500	0.000	User Specific
16	crew	1	0.156	0.156			0.106	0.000	2.500	0.000	User Specific
17	Total Loadca			16.169	0.000	0.000	-0.256	0.000	1.402	0.000	
18	FS correction								0.000		
19	VCG fluid								1.402		

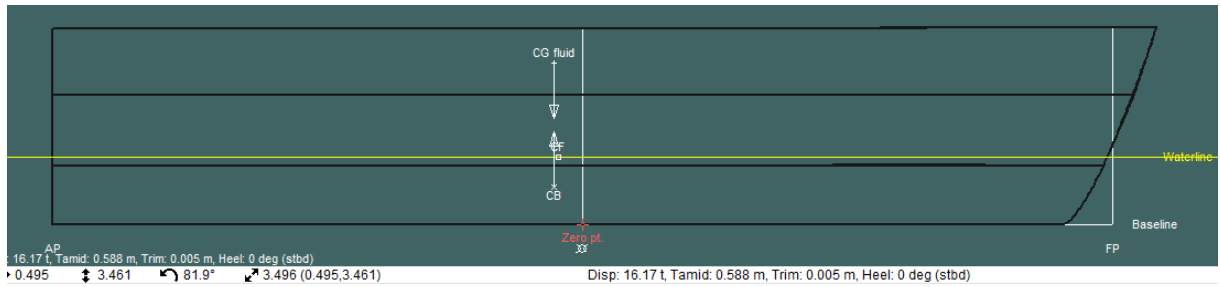
Gambar V.16 Input Data Beban Kondisi B

- Setelah beban dimasukkan, selanjutnya dilakukan proses analisis dengan memilih menu *Start Analysis*. Untuk hasil perhitungan trim pada kondisi ini dapat dilihat pada Gambar V.17 berikut ini:

1	Draft Amidships m	0.588
2	Displacement t	16.17
3	Heel deg	0.0
4	Draft at FP m	0.585
5	Draft at AP m	0.590
6	Draft at LCF m	0.588
7	Trim (+ve by stern) m	0.005
8	WL Length m	9.173
9	Beam max extents on	6.000
10	Wetted Area m ²	44.578
11	Waterpl. Area m ²	31.618
12	Prismatic coeff. (Cp)	0.946
13	Block coeff. (Cb)	0.485
14	Max Sect. area coeff. (C)	0.513
15	Waterpl. area coeff. (C)	0.574
16	LCB from zero pt. (+ve)	-0.257
17	LCF from zero pt. (+ve)	-0.216
18	KB m	0.327
19	KG fluid m	1.402
20	BMT m	9.357
21	BML m	12.959
22	GMT corrected m	8.282
23	GML m	11.884
24	KMT m	9.684
25	KML m	13.286
26	Immersion (TPc) tonne/	0.324

Gambar V.17 Hasil Rekapitulasi Perhitungan Trim Kondisi B

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh sarat AP dan sarat FP. Selisih dari keduanya adalah besar trim, yaitu 0.005 meter. Dapat dilihat juga kondisi kapal pada Gambar V.18 berikut ini:



Gambar V.18 Kondisi Trim Kapal

Karena trim pada kapal $0.005 \leq 0.046$, jadi dapat dikatakan bahwa trim pada kondisi kapal 25% *full load* aman dan dapat diterima. Untuk perhitungan trim kapal pada kondisi ini yang lebih detail dapat dilihat pada Lampiran B Analisis Teknis dan Perhitungan Ekonomis.

V.1.11.3. Kondisi C

Kondisi C ini merupakan kondisi dimana kapal dengan segala perlengkapannya membawa muatan sebesar 50% dari total muatan penuh dan kebutuhan bahan bakar direncanakan 50% dari kondisi aslinya. Berikut proses perhitungan untuk kondisi ini:

1. Mula-mula dimasukkan data-data beban dari komponen yang ada (diambil dari hasil perhitungan berat dan titik berat). Data-data yang dibutuhkan untuk beban-beban pada komponen tersebut antara lain berat komponen, LCG komponen, VCG komponen, dan TCG komponen (jika ada). *Input* data beban dapat dilihat pada Gambar V.19 berikut:

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m ³	Total Volume m ³	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
1	hull	1	6.273	6.273			-0.363	0.000	0.963	0.000	User Specific
2	deck	1	2.219	2.219			0.188	0.000	1.730	0.000	User Specific
3	payload	1	2.000	2.000			0.106	0.000	1.950	0.000	User Specific
4	construction	1	1.380	1.380			-0.363	0.000	0.963	0.000	User Specific
5	ruang navigasi	1	0.934	0.934			-0.120	0.000	3.000	0.000	User Specific
6	peralatan navigasi	1	0.075	0.075			0.782	0.000	2.500	0.000	User Specific
7	generator	1	0.200	0.200			0.400	0.000	0.500	0.000	User Specific
8	loading conveyor	1	0.750	0.750			4.106	0.000	1.730	0.000	User Specific
9	storage conveyor	1	1.500	1.500			0.106	0.000	1.730	0.000	User Specific
10	offloading conveyor	1	0.750	0.750			-4.393	0.000	1.730	0.000	User Specific
11	motor	1	0.168	0.168			-3.000	0.000	0.560	0.000	User Specific
12	baterai	1	0.200	0.200			1.400	0.000	1.250	0.000	User Specific
13	paddle wheel	1	0.540	0.540			-3.000	0.000	0.900	0.000	User Specific
14	bahan bakar m	1	0.025	0.025			-1.600	0.000	0.500	0.000	User Specific
15	bahan bakar g	1	0.025	0.025			-0.600	0.000	0.500	0.000	User Specific
16	crew	1	0.156	0.156			0.106	0.000	2.500	0.000	User Specific
17	Total Loadcase			17.195	0.000	0.000	-0.236	0.000	1.433	0.000	
18	FS correction								0.000		
19	VCG fluid								1.433		

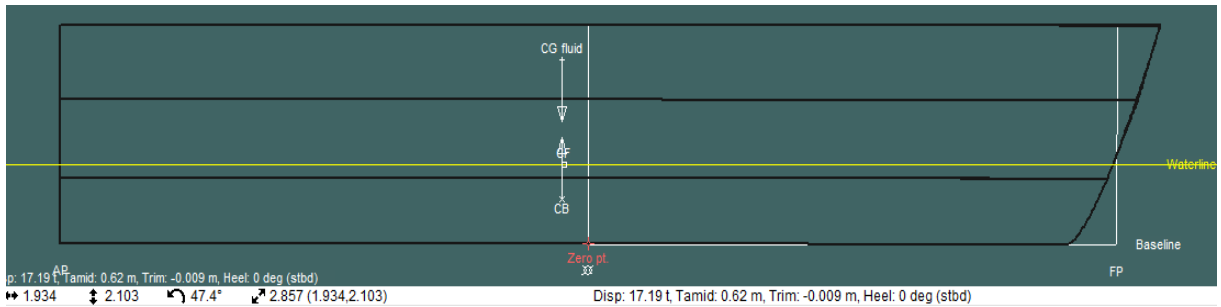
Gambar V.19 Input Data Beban Kondisi C

- Setelah beban dimasukkan, selanjutnya dilakukan proses analisis dengan memilih menu *Start Analysis*. Untuk hasil perhitungan trim pada kondisi ini dapat dilihat pada Gambar V.20 berikut ini:

1	Draft Amidships m	0.620
2	Displacement t	17.19
3	Heel deg	0.0
4	Draft at FP m	0.624
5	Draft at AP m	0.615
6	Draft at LCF m	0.620
7	Trim (+ve by stern) m	-0.009
8	WL Length m	9.191
9	Beam max extents on	6.000
10	Wetted Area m ²	45.774
11	Waterpl. Area m ²	31.649
12	Prismatic coeff. (Cp)	0.942
13	Block coeff. (Cb)	0.488
14	Max Sect. area coeff. (C)	0.518
15	Waterpl. area coeff. (C)	0.574
16	LCB from zero pt. (+ve)	-0.235
17	LCF from zero pt. (+ve)	-0.212
18	KB m	0.344
19	KG fluid m	1.433
20	BMT m	8.807
21	BML m	12.223
22	GMT corrected m	7.718
23	GML m	11.134
24	KMT m	9.151
25	KML m	12.567
26	Immersion (TPc) tonne/	0.324

Gambar V.20 Hasil Rekapitulasi Perhitungan Trim Kondisi C

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh sarat AP dan sarat FP. Selisih dari keduanya adalah besar trim, yaitu 0,009 meter. Dapat dilihat juga kondisi kapal pada Gambar V.21 berikut ini:



Gambar V.21 Kondisi *Trim* Kapal

Karena trim pada kapal $0,009 \leq 0,046$, jadi dapat dikatakan bahwa trim pada kondisi kapal 50% *full load* aman dan dapat diterima. Untuk perhitungan trim kapal pada kondisi ini yang lebih detail dapat dilihat pada Lampiran B Analisis Teknis dan Perhitungan Ekonomis.

V.1.11.4 Kondisi D

Kondisi D ini merupakan kondisi dimana kapal dengan segala perlengkapannya membawa muatan sebesar 75% dari total muatan penuh dan kebutuhan bahan bakar direncanakan 75% dari kondisi aslinya. Kondisi ini juga sangat perlu diperhitungkan terutama untuk trim karena kondisi ini merupakan kondisi saat kapal berlayar dan beroperasi. Berikut proses perhitungan untuk kondisi ini:

1. Mula-mula dimasukkan data-data beban dari komponen yang ada (diambil dari hasil perhitungan berat dan titik berat). Data-data yang dibutuhkan untuk beban-beban pada komponen tersebut antara lain berat komponen, LCG komponen, VCG komponen, dan TCG komponen (jika ada). *Input* data beban dapat dilihat pada Gambar V.22 berikut:

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m^3	Total Volume m^3	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
1	hull	1	6.273	6.273			-0.363	0.000	0.963	0.000	User Specific
2	deck	1	2.219	2.219			0.188	0.000	1.730	0.000	User Specific
3	payload	1	3.000	3.000			0.106	0.000	1.950	0.000	User Specific
4	construction	1	1.380	1.380			-0.363	0.000	0.963	0.000	User Specific
5	ruang navigasi	1	0.934	0.934			-0.120	0.000	3.000	0.000	User Specific
6	peralatan navig	1	0.075	0.075			0.782	0.000	2.500	0.000	User Specific
7	generator	1	0.200	0.200			0.400	0.000	0.500	0.000	User Specific
8	loading convey	1	0.750	0.750			4.108	0.000	1.730	0.000	User Specific
9	storage convey	1	1.500	1.500			0.108	0.000	1.730	0.000	User Specific
10	offloading con	1	0.750	0.750			-4.393	0.000	1.730	0.000	User Specific
11	motor	1	0.168	0.168			-3.000	0.000	0.560	0.000	User Specific
12	baterai	1	0.200	0.200			1.400	0.000	1.250	0.000	User Specific
13	paddle wheel	1	0.540	0.540			-3.000	0.000	0.900	0.000	User Specific
14	bahan bakar m	1	0.037	0.037			-1.600	0.000	0.500	0.000	User Specific
15	bahan bakar g	1	0.037	0.037			-0.600	0.000	0.500	0.000	User Specific
16	crew	1	0.156	0.156			0.106	0.000	2.500	0.000	User Specific
17	Total Loadca			18.219	0.000	0.000	-0.219	0.000	1.460	0.000	
18	FS correction								0.000	0.000	
19	VCG fluid								1.460		

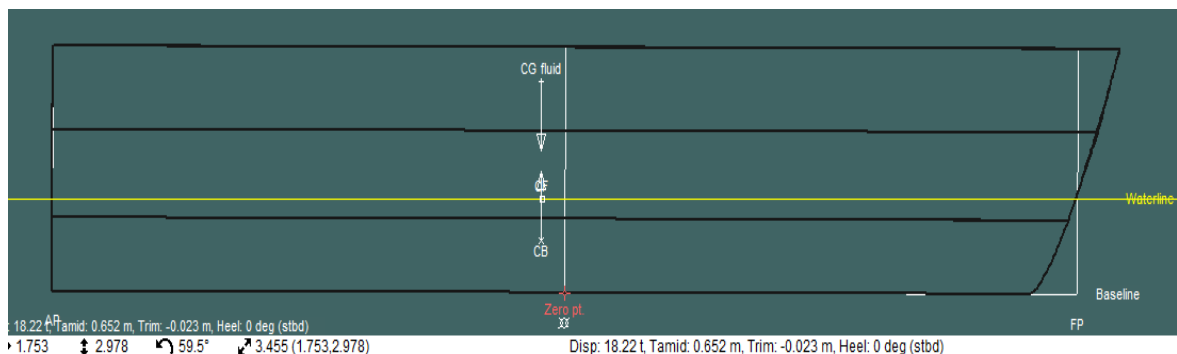
Gambar V.22 Input Data Beban Kondisi D

2. Setelah beban dimasukkan, selanjutnya dilakukan proses analisis dengan memilih menu *Start Analysis*. Untuk hasil perhitungan trim pada kondisi ini dapat dilihat pada Gambar V.23 berikut ini:

1	Draft Amidships m	0.652
2	Displacement t	18.22
3	Heel deg	0.0
4	Draft at FP m	0.663
5	Draft at AP m	0.640
6	Draft at LCF m	0.651
7	Trim (+ve by stern) m	-0.023
8	WL Length m	9.208
9	Beam max extents on	6.000
10	Wetted Area m ²	46.967
11	Waterpl. Area m ²	31.680
12	Prismatic coeff. (Cp)	0.932
13	Block coeff. (Cb)	0.486
14	Max Sect. area coeff. (C)	0.523
15	Waterpl. area coeff. (C)	0.573
16	LCB from zero pt. (+ve)	-0.216
17	LCF from zero pt. (+ve)	-0.207
18	KB m	0.360
19	KG fluid m	1.460
20	BMT m	8.320
21	BML m	11.572
22	GMt corrected m	7.221
23	GML m	10.473
24	KMt m	8.680
25	KML m	11.932
26	Immersion (TPC) tonne/	0.325

Gambar V.23 Hasil Rekapitulasi Perhitungan Trim Kondisi D

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh sarat AP dan sarat FP. Selisih dari keduanya adalah besar trim, yaitu 0.023 meter. Dapat dilihat juga kondisi kapal pada Gambar V.24 berikut ini:



Gambar V.24 Kondisi Trim Kapal

Karena trim kapal $0.023 \leq 0.046$, jadi dapat dikatakan bahwa trim pada kondisi kapal 75% *full load* aman dan dapat diterima. Untuk perhitungan trim dan stabilitas kapal pada kondisi ini lebih detail dapat dilihat pada Lampiran B Analisis Teknis dan Perhitungan Ekonomis.

V.1.11.5. Kondisi E

Kondisi E ini merupakan kondisi dimana kapal dengan segala perlengkapannya membawa muatan sebesar 100% dari total muatan penuh dan kebutuhan bahan bakar direncanakan 100% atau keadaan *fuel tank*. Kondisi ini sangat perlu diperhitungkan terutama

untuk trim karena kondisi ini merupakan kondisi saat kapal berlayar dan beroperasi dengan kondisi *full load*. Berikut proses perhitungan untuk kondisi ini:

1. Mula-mula dimasukkan data-data beban dari komponen yang ada (diambil dari hasil perhitungan berat dan titik berat). Data-data yang dibutuhkan untuk beban-beban pada komponen tersebut antara lain berat komponen, LCG komponen, VCG komponen, dan TCG komponen (jika ada). *Input* data beban dapat dilihat pada Gambar V.25 berikut:

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m ³	Total Volume m ³	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
1	hull	1	6.273	6.273			-0.363	0.000	0.963	0.000	User Specifi
2	deck	1	2.219	2.219			0.188	0.000	1.730	0.000	User Specifi
3	payload	1	4.000	4.000			0.106	0.000	1.950	0.000	User Specifi
4	construction	1	1.380	1.380			-0.363	0.000	0.963	0.000	User Specifi
5	ruang navigasi	1	0.934	0.934			-0.120	0.000	3.000	0.000	User Specifi
6	peralatan navig	1	0.075	0.075			0.782	0.000	2.500	0.000	User Specifi
7	generator	1	0.200	0.200			0.400	0.000	0.500	0.000	User Specifi
8	loading convey	1	0.750	0.750			4.106	0.000	1.730	0.000	User Specifi
9	storage conve	1	1.500	1.500			0.106	0.000	1.730	0.000	User Specifi
10	offloading con	1	0.750	0.750			-4.393	0.000	1.730	0.000	User Specifi
11	motor	1	0.168	0.168			-3.000	0.000	0.560	0.000	User Specifi
12	baterai	1	0.200	0.200			1.400	0.000	1.250	0.000	User Specifi
13	paddle wheel	1	0.540	0.540			-3.000	0.000	0.900	0.000	User Specifi
14	bahan bakar m	1	0.049	0.049			-1.600	0.000	0.500	0.000	User Specifi
15	bahan bakar g	1	0.049	0.049			-0.600	0.000	0.500	0.000	User Specifi
16	crew	1	0.156	0.156			0.106	0.000	2.500	0.000	User Specifi
17	Total Loadgr			19.243	0.000	0.000	-0.203	0.000	1.484	0.000	
18	FS correction								0.000		
19	VCG fluid								1.484		

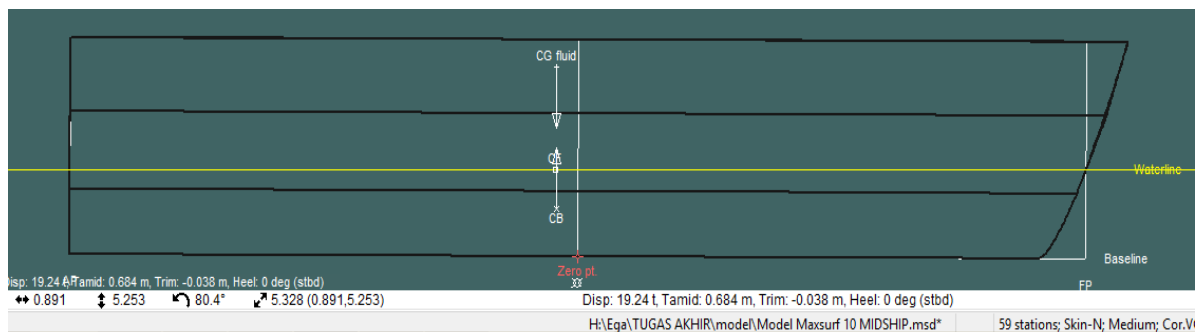
Gambar V.25 *Input* Data Beban Kondisi E (Kapal 100% *Full Load*)

2. Setelah beban dimasukkan, selanjutnya dilakukan proses analisis dengan memilih menu *Start Analysis*. Untuk hasil perhitungan trim pada kondisi ini dapat dilihat pada Gambar V.26 berikut ini:

1	Draft Amidships m	0.684
2	Displacement t	19.24
3	Heel deg	0.0
4	Draft at FP m	0.702
5	Draft at AP m	0.665
6	Draft at LCF m	0.683
7	Trim (+ve by stern) m	-0.038
8	WL Length m	9.225
9	Beam max extents on	6.000
10	Wetted Area m ²	48.160
11	Waterpl. Area m ²	31.711
12	Prismatic coeff. (Cp)	0.923
13	Block coeff. (Cb)	0.485
14	Max Sect. area coeff. (0.527
15	Waterpl. area coeff. (C	0.573
16	LCB from zero pt. (+ve	-0.198
17	LCF from zero pt. (+ve	-0.203
18	KB m	0.377
19	KG fluid m	1.484
20	BMt m	7.885
21	BML m	10.990
22	GMT corrected m	6.778
23	GML m	9.883
24	KMt m	8.262
25	KML m	11.367
26	Immersion (TPc) tonne/	0.325

Gambar V.26 Hasil Rekapitulasi Perhitungan *Trim* Kondisi E (Kapal 100% *Full Load*)

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh sarat AP dan sarat FP. Selisih dari keduanya adalah besar trim, yaitu 0,038 meter. Dapat dilihat juga kondisi kapal pada Gambar V.27 berikut ini:



Gambar V.27 Kondisi *Trim* Kapal 100% *Full Load*

Karena trim kapal $0,038 \leq 0,046$, jadi dapat dikatakan bahwa *trim* pada kondisi kapal 100 % *full load* aman dan dapat diterima. Untuk perhitungan *trim* dan stabilitas kapal pada kondisi ini lebih detil dapat dilihat pada Lampiran B Analisis Teknis dan Perhitungan Ekonomis.

V.1.12. Perhitungan Stabilitas Kapal

Analisis stabilitas bertujuan untuk mengetahui stabilitas atau keseimbangan kapal secara melintang pada beberapa kondisi pemuatan. Kriteria yang digunakan pada analisis stabilitas mengacu pada *Marine Guidance Note (MGN) 280 Chapter 11 Section 37*. Adapun kriteria yang disyaratkan sebagai berikut:

1. Jika GZ max terjadi pada $\theta = 15^\circ$, maka luas gambar di bawah kurva dengan lengan penegak $GZ \geq 0,085$ m.rad.
2. Dan jika GZ max terjadi pada $\theta = 30^\circ$, maka luas gambar di bawah kurva GZ tidak boleh kurang dari 0,055 m.rad.
3. Ketika GZ max terjadi antara $\theta = 15^\circ$ dan 30° , daerah di bawah kurva GZ hingga θ Gzmax tidak boleh kurang dari : $A = 0,055 + 0,002 (300 - \theta \text{ GZ Max})$ meter.radian.
4. Lengan pengembali GZ pada $\theta = 30^\circ$ tidak boleh kurang dari 0,20 m.
5. Tinggi titik metasenter awal (GM) tidak boleh kurang dari 0,35m.

V.1.12. Kondisi A (Kapal Kosong)

Kondisi A ini merupakan kondisi dimana kapal dengan keadaan kosong. Kondisi ini juga sangat perlu diperhitungkan terutama untuk stabilitasnya karena kondisi ini merupakan kondisi saat kapal mulai berlayar dan beroperasi. Berikut proses perhitungan untuk kondisi ini:

1. Mula-mula dimasukkan data-data beban dari komponen yang ada saat kapal kosong. Data-data yang dibutuhkan untuk beban-beban saat kapal kosong pada komponen tersebut antara lain berat komponen, LCG komponen, VCG komponen, dan TCG komponen (jika ada). *Input* data beban dapat dilihat pada Gambar V.28 berikut:

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m ³	Total Volume m ³	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
1	hull	1	6.273	6.273			-0.363	0.000	0.963	0.000	User Specifi
2	deck	1	2.219	2.219			0.188	0.000	1.730	0.000	User Specifi
3	payload	1	0.000	0.000			0.106	0.000	1.950	0.000	User Specifi
4	construction	1	1.380	1.380			-0.363	0.000	0.963	0.000	User Specifi
5	ruang navigasi	1	0.934	0.934			-0.120	0.000	3.000	0.000	User Specifi
6	peralatan navig	1	0.075	0.075			0.782	0.000	2.500	0.000	User Specifi
7	generator	1	0.200	0.200			0.400	0.000	0.500	0.000	User Specifi
8	loading convey	1	0.750	0.750			4.106	0.000	1.730	0.000	User Specifi
9	storage conve	1	1.500	1.500			0.106	0.000	1.730	0.000	User Specifi
10	offloading con	1	0.750	0.750			-4.393	0.000	1.730	0.000	User Specifi
11	motor	1	0.168	0.168			-3.000	0.000	0.560	0.000	User Specifi
12	baterai	1	0.200	0.200			1.400	0.000	1.250	0.000	User Specifi
13	paddle wheel	1	0.540	0.540			-3.000	0.000	0.900	0.000	User Specifi
14	bahan bakar m	1	0.005	0.005			-1.600	0.000	0.500	0.000	User Specifi
15	bahan bakar g	1	0.005	0.005			-0.600	0.000	0.500	0.000	User Specifi
16	crew	1	0.156	0.156			0.106	0.000	2.500	0.000	User Specifi
17	Total Loadca			15.155	0.000	0.000	-0.279	0.000	1.367	0.000	
18	FS correction								0.000		
19	VCG fluid								1.367		

Gambar V.28 *Input* Data Beban Kondisi A (Kapal Kosong)

2. Setelah beban dimasukkan, selanjutnya dilakukan proses analisis dengan memilih menu *Start Analysis*. Untuk hasil perhitungan stabilitas pada kondisi ini dapat dilihat pada Gambar V.29 berikut ini:

	Heel to Starboard deg	0.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0	65.0	70.0	75.0	80.0	85.0	90.0
1	GZ m	0.000	0.774	1.486	1.885	1.797	1.690	1.575	1.453	1.324	1.180	1.024	0.856	0.679	0.494	0.303	0.108	-0.088	-0.284	-0.478
2	Area under GZ curve f	0.0000	1.9388	7.6531	16.2866	25.6032	34.2993	42.4736	50.0462	56.9935	63.2590	68.7751	73.4800	77.3210	80.2548	82.2483	83.2780	83.3302	82.4008	80.4951
3	Displacement t	15.15	15.16	15.16	15.16	15.15	15.15	15.16	15.16	15.16	15.16	15.16	15.15	15.16	15.16	15.15	15.15	15.15	15.15	15.15
4	Draft at FP m	0.525	0.521	0.497	0.370	0.163	-0.054	-0.290	-0.550	-0.851	-1.201	-1.616	-2.124	-2.777	-3.662	-4.954	-7.060	-11.204	-23.497	n/a
5	Draft at AP m	0.585	0.586	0.579	0.538	0.346	0.132	-0.099	-0.355	-0.637	-0.950	-1.313	-1.754	-2.313	-3.066	-4.164	-5.952	-9.475	-19.937	n/a
6	WL Length m	9.147	9.226	9.297	9.327	9.324	9.323	9.322	9.321	9.317	9.312	9.306	9.301	9.295	9.287	9.287	9.316	9.393	9.473	9.553
7	Beam max extents on	6.000	5.986	5.807	5.180	3.071	3.070	3.065	3.029	2.941	2.744	2.544	2.348	2.155	1.960	1.787	1.749	1.722	1.705	1.700
8	Wetted Area m ²	43.379	43.451	42.101	32.259	30.983	31.001	31.023	31.116	31.453	31.819	32.091	32.287	32.424	32.517	32.577	32.621	32.635	32.654	32.689
9	Waterpl. Area m ²	31.572	31.213	28.603	17.826	16.976	17.602	18.407	19.245	19.203	18.561	17.936	17.365	16.863	16.442	16.105	15.862	15.699	15.634	15.643
10	Prismatic coeff. (Cp)	0.898	0.888	0.875	0.856	0.860	0.858	0.857	0.857	0.856	0.854	0.850	0.847	0.843	0.839	0.835	0.829	0.819	0.810	0.801
11	Block coeff. (Cb)	0.460	0.344	0.282	0.269	0.444	0.438	0.435	0.437	0.447	0.475	0.507	0.546	0.591	0.649	0.713	0.731	0.745	0.758	0.770
12	LCB from zero pt. (+ve)	-0.341	-0.343	-0.345	-0.358	-0.363	-0.365	-0.367	-0.368	-0.372	-0.377	-0.383	-0.388	-0.395	-0.402	-0.408	-0.413	-0.417	-0.419	-0.419
13	LCF from zero pt. (+ve)	-0.223	-0.230	-0.263	-0.416	-0.178	-0.179	-0.182	-0.176	-0.102	-0.085	-0.075	-0.067	-0.062	-0.057	-0.055	-0.052	-0.052	-0.051	-0.055
14	GML corrected m	8.912	8.720	7.277	0.205	-1.161	-1.274	-1.361	-1.432	-1.558	-1.718	-1.859	-1.980	-2.079	-2.155	-2.210	-2.242	-2.252	-2.240	-2.207
15	GML m	12.705	12.517	11.282	6.948	6.062	6.187	6.399	6.603	6.502	6.208	5.910	5.640	5.406	5.218	5.080	5.001	4.964	4.995	5.062
16	Max deck inclination de	0.3744	5.0160	10.0124	15.0331	20.0274	25.0207	30.0159	35.0122	40.0108	45.0106	50.0107	55.0106	60.0105	65.0100	70.0089	75.0074	80.0054	85.0028	90.0000

Gambar V.29 Hasil Analisis Perhitungan Stabilitas Kondisi A (Kapal Kosong)

Dari hasil analisis yang telah dilakukan, diperoleh lengan GZ untuk tiap sudut, kemudian lengan ini digunakan untuk perhitungan selanjutnya. Berikut adalah hasil perhitungan stabilitas saat kapal kosong seperti yang dijelaskan pada Gambar V.30 berikut

Notices (MGN) 280 Chapter 11 Section 3.7			
1	Jika GZ max terjadi pada $\theta=15^\circ$ maka luas gambar di bawah kurva dengan lengan penegak GZ ≥ 0.085 m.rad		
	Dan jika GZ max terjadi pada $\theta=30^\circ$ maka luas gambar di bawah kurva GZ tidak boleh kurang dari 0.055 m.rad		
	Ketika GZ max terjadi antara $\theta = 15^\circ$ dan 30° , daerah di bawah kurva GZ hingga θ GZmax tidak boleh kurang dari :		
	$A = 0,055 + 0,002 (30^\circ - \theta \text{ GZ Max})$ meter - radian		
	θ GZmax = 17° (antara $\theta = 15^\circ$ dan 30°)		
	maka		
	A minimal = 0.082 meter.rad		
	A sebenarnya = 0.449 meter.rad		
	Kondisi = Accepted		
2	Daerah di bawah kurva antara $\theta = 30^\circ$ dan $\theta = 40^\circ$ atau antara $\theta = 30^\circ$ dan sudut downflooding θ_f , jika sudut ini kurang dari 40° , tidak boleh kurang dari 0,03 meter radian.		
	A_{30-40} min = 0.030 meter.rad		
	A_{30-40} = 0.253 meter.rad		
	Kondisi = Accepted		
3	GZ tidak boleh kurang dari 0,2 meter pada sudut 30 derajat		
	Gz_{30° min = 0.200 meter		
	Gz_{30° = 1.575 meter		
	Kondisi = Accepted		
4	GZ maksimal harus terjadi pada sudut minimal 15 derajat		
	θ Gz _{max} min = 15° derajat		
	θ Gz _{max} = 17° derajat		
	Kondisi = Accepted		
5	Ketinggian metasenter (GM) tidak boleh kurang dari 0,35 meter.		
	GM min = 0.350 meter		
	GM = 8.074 meter		
	Kondisi = Accepted		

ini:

Gambar V.30 Hasil Perhitungan Stabilitas saat Kapal Kosong

V.1.12.2 Kondisi B

Kondisi B ini merupakan kondisi dimana kapal dengan keadaan 25% full load. Kondisi ini juga sangat perlu diperhitungkan terutama untuk stabilitasnya karena kondisi ini

merupakan kondisi saat kapal mulai berlayar dan beroperasi. Berikut proses perhitungan untuk kondisi ini:

1. Mula-mula dimasukkan data-data beban dari komponen yang ada saat kondisi 25% *full load* dimana pada saat itu berat *payload* dan berat *consumable* pada kondisi 25%. (diambil dari hasil perhitungan berat dan titik berat). Data-data yang dibutuhkan untuk beban-beban saat kapal kondisi 25% pada komponen tersebut antara lain berat komponen, LCG komponen, VCG komponen, dan TCG komponen (jika ada). *Input* data beban dapat dilihat pada Gambar V.31 berikut:

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m ³	Total Volume m ³	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
1	hull	1	6.273	6.273			-0.363	0.000	0.963	0.000	User Specific
2	deck	1	2.219	2.219			0.188	0.000	1.730	0.000	User Specific
3	payload	1	1.000	1.000			0.106	0.000	1.950	0.000	User Specific
4	construction	1	1.380	1.380			-0.363	0.000	0.963	0.000	User Specific
5	ruang navigasi	1	0.934	0.934			-0.120	0.000	3.000	0.000	User Specific
6	peralatan navig	1	0.075	0.075			0.762	0.000	2.500	0.000	User Specific
7	generator	1	0.200	0.200			0.400	0.000	0.500	0.000	User Specific
8	loading convey	1	0.750	0.750			4.106	0.000	1.730	0.000	User Specific
9	storage convey	1	1.500	1.500			0.106	0.000	1.730	0.000	User Specific
10	offloading con	1	0.750	0.750			-4.393	0.000	1.730	0.000	User Specific
11	motor	1	0.168	0.168			-3.000	0.000	0.560	0.000	User Specific
12	baterai	1	0.200	0.200			1.400	0.000	1.250	0.000	User Specific
13	paddle wheel	1	0.540	0.540			-3.000	0.000	0.900	0.000	User Specific
14	bahan bakar m	1	0.012	0.012			-1.600	0.000	0.500	0.000	User Specific
15	bahan bakar g	1	0.012	0.012			-0.600	0.000	0.500	0.000	User Specific
16	crew	1	0.156	0.156			0.106	0.000	2.500	0.000	User Specific
17	Total Loadca			16.169	0.000	0.000	-0.256	0.000	1.402	0.000	
18	FS correction								0.000		
19	VCG fluid								1.402		

Gambar V.31 Input Data Beban Kondisi B

2. Setelah beban dimasukkan, selanjutnya dilakukan proses analisis dengan memilih menu *Start Analysis*. Untuk hasil perhitungan stabilitas pada kondisi ini dapat dilihat pada Gambar V.32 berikut ini:

	Heel to Starboard deg	0.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0	65.0	70.0	75.0	80.0	85.0	90.0
1	GZ m	0.000	0.721	1.398	1.856	1.789	1.680	1.563	1.438	1.303	1.154	0.993	0.822	0.642	0.456	0.264	0.069	-0.126	-0.322	-0.515
2	Area under GZ curve f	0.0000	1.8099	7.1407	15.4658	24.7117	33.3654	41.4835	48.9881	55.8454	61.9911	67.3622	71.9032	75.5686	78.3137	80.1150	80.9500	80.8076	79.8863	77.5934
3	Displacement t	16.17	16.17	16.17	16.17	16.17	16.17	16.17	16.17	16.17	16.17	16.17	16.17	16.17	16.17	16.17	16.17	16.17	16.17	16.17
4	Draft at FP m	0.564	0.561	0.542	0.452	0.237	0.021	-0.214	-0.475	-0.774	-1.116	-1.521	-2.016	-2.652	-3.512	-4.767	-6.812	-10.835	-22.768	n/a
5	Draft at AP m	0.610	0.611	0.605	0.571	0.396	0.182	-0.050	-0.304	-0.577	-0.881	-1.234	-1.662	-2.202	-2.930	-3.990	-5.717	-9.116	-19.215	n/a
6	WL Length m	9.164	9.243	9.317	9.362	9.356	9.356	9.355	9.353	9.350	9.348	9.348	9.348	9.349	9.351	9.355	9.387	9.466	9.545	9.606
7	Beam max extents on	6.000	5.995	5.847	5.309	3.089	3.091	3.089	3.031	2.882	2.688	2.497	2.305	2.119	1.932	1.776	1.741	1.717	1.703	1.699
8	Wetted Area m ²	44.558	44.669	43.724	35.837	32.165	32.180	32.193	32.345	32.735	33.076	33.343	33.544	33.687	33.787	33.864	33.899	33.927	33.949	33.965
9	Waterpl. Area m ²	31.602	31.404	29.321	20.309	17.004	17.631	18.451	19.018	18.611	18.077	17.558	17.075	16.639	16.271	15.980	15.764	15.636	15.597	15.641
10	Prismatic coeff. (Cp)	0.912	0.902	0.889	0.872	0.871	0.871	0.870	0.870	0.867	0.864	0.859	0.855	0.850	0.844	0.839	0.833	0.822	0.813	0.806
11	Block coeff. (Cb)	0.470	0.355	0.290	0.271	0.451	0.446	0.443	0.449	0.467	0.496	0.528	0.566	0.611	0.667	0.726	0.741	0.753	0.764	0.776
12	LCB from zero pt. (+ve)	-0.314	-0.314	-0.316	-0.324	-0.333	-0.334	-0.336	-0.338	-0.342	-0.347	-0.353	-0.359	-0.366	-0.373	-0.379	-0.385	-0.389	-0.391	-0.392
13	LCF from zero pt. (+ve)	-0.219	-0.222	-0.243	-0.500	-0.170	-0.171	-0.172	-0.115	-0.075	-0.063	-0.055	-0.049	-0.046	-0.043	-0.041	-0.040	-0.040	-0.038	-0.038
14	GMI corrected m	8.277	8.176	7.084	1.920	-1.185	-1.299	-1.389	-1.481	-1.631	-1.775	-1.902	-2.011	-2.100	-2.168	-2.215	-2.241	-2.246	-2.229	-2.192
15	GML m	11.863	11.754	10.811	6.941	5.624	5.733	5.933	5.971	5.788	5.532	5.284	5.058	4.859	4.701	4.593	4.526	4.515	4.563	4.655
16	Max deck inclination de	0.2852	5.0094	10.0075	15.0165	20.0207	25.0154	30.0118	35.0095	40.0092	45.0093	50.0096	55.0097	60.0098	65.0095	70.0086	75.0072	80.0053	85.0028	90.0000

Gambar V.32 Hasil Analisis Perhitungan Stabilitas Kondisi B

Dari hasil analisis yang telah dilakukan, diperoleh lengan GZ untuk tiap sudut, kemudian lengan ini digunakan untuk perhitungan selanjutnya. Berikut adalah hasil perhitungan stabilitas saat kapal kondisi 25% seperti yang dijelaskan pada Gambar V.33 berikut ini:

1	Jika GZ max terjadi pada $\theta=15^\circ$ maka luas gambar di bawah kurva dengan lengan penegak $GZ \geq 0.085$ m.rad		
	Dan jika GZ max terjadi pada $\theta=30^\circ$ maka luas gambar di bawah kurva GZ tidak boleh kurang dari 0.055 m.rad		
	Ketika GZ max terjadi antara $\theta = 15^\circ$ dan 30° , daerah di bawah kurva GZ hingga θ GZmax tidak boleh kurang dari :		
	$A = 0,055 + 0,002 (30^\circ - \theta \text{ GZ Max})$	meter - radian	
	θ_{GZmax}	= 17° (antara $\theta = 15^\circ$ dan 30°)	
	maka		
	A minimal	= 0.081	meter.rad
	A sebenarnya	= 0.432	meter.rad
	Kondisi	=	Accepted
2	Daerah di bawah kurva antara $\theta = 30^\circ$ dan $\theta = 40^\circ$ atau antara $\theta = 30^\circ$ dan sudut downflooding θ_f , jika sudut ini kurang dari 40° , tidak boleh kurang dari 0.03 meter radian.		
	A_{30-40} min	= 0.030	meter.rad
	A_{30-40}	= 0.251	meter.rad
	Kondisi	=	Accepted
3	GZ tidak boleh kurang dari 0.2 meter pada sudut 30° derajat		
	Gz_{30° min	= 0.200	meter
	Gz_{30°	= 1.563	meter
	Kondisi	=	Accepted
4	GZ maksimal harus terjadi pada sudut minimal 15 derajat		
	$\theta_{Gz_{max}}$ min	= 15°	derajat
	$\theta_{Gz_{max}}$	= 17°	derajat
	Kondisi	=	Accepted
5	Ketinggian metasenter (GM) tidak boleh kurang dari 0.35 meter.		
	GM min	= 0.350	meter
	GM	= 8.074	meter
	Kondisi	=	Accepted

Gambar V.33 Hasil Perhitungan Stabilitas

V.1.12.3. Kondisi C

Kondisi ini merupakan kondisi dimana kapal dengan keadaan 50% *full load*. Kondisi ini juga sangat perlu diperhitungkan terutama untuk stabilitasnya karena kondisi ini merupakan kondisi saat kapal mulai berlayar dan beroperasi. Berikut proses perhitungan untuk kondisi ini:

1. Mula-mula dimasukkan data-data beban dari komponen yang ada saat kondisi 50% *full load* dimana pada saat itu berat *payload* dan berat *consumable* pada kondisi 50%. (diambil dari hasil perhitungan berat dan titik berat). Data-data yang dibutuhkan untuk beban-beban saat kapal kondisi 50% pada komponen tersebut antara lain berat komponen, LCG komponen, VCG komponen, dan TCG komponen (jika ada). *Input* data beban dapat dilihat pada Gambar V.34 berikut:

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
1 hull	1	6.273	6.273			-0.363	0.000	0.963	0.000	User Specific
2 deck	1	2.219	2.219			0.188	0.000	1.730	0.000	User Specific
3 payload	1	2.000	2.000			0.106	0.000	1.950	0.000	User Specific
4 construction	1	1.380	1.380			-0.363	0.000	0.963	0.000	User Specific
5 ruang navigasi	1	0.934	0.934			-0.120	0.000	3.000	0.000	User Specific
6 peralatan navig	1	0.075	0.075			0.782	0.000	2.500	0.000	User Specific
7 generator	1	0.200	0.200			0.400	0.000	0.500	0.000	User Specific
8 loading convey	1	0.750	0.750			4.106	0.000	1.730	0.000	User Specific
9 storage convey	1	1.500	1.500			0.106	0.000	1.730	0.000	User Specific
10 offloading con	1	0.750	0.750			-4.393	0.000	1.730	0.000	User Specific
11 motor	1	0.168	0.168			-3.000	0.000	0.560	0.000	User Specific
12 baterai	1	0.200	0.200			1.400	0.000	1.250	0.000	User Specific
13 paddle wheel	1	0.540	0.540			-3.000	0.000	0.900	0.000	User Specific
14 bahan bakar m	1	0.025	0.025			-1.800	0.000	0.500	0.000	User Specific
15 bahan bakar g	1	0.025	0.025			-0.600	0.000	0.500	0.000	User Specific
16 crew	1	0.156	0.156			0.106	0.000	2.500	0.000	User Specific
17 Total Loadca			17.195	0.000	0.000	-0.236	0.000	1.433	0.000	
18 FS correction								0.000		
19 VCG fluid								1.433		

2. Setelah beban dimasukkan, selanjutnya dilakukan proses analisis dengan memilih Gambar V.34 Input Data Beban Kondisi C menu *Start Analysis*. Untuk hasil perhitungan stabilitas pada kondisi ini dapat dilihat pada Gambar V.35 berikut ini:

	Heel to Starboard deg	0.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0	65.0	70.0	75.0	80.0	85.0	90.0
1	GZ m	0.000	0.673	1.317	1.800	1.784	1.674	1.554	1.425	1.283	1.129	0.965	0.791	0.609	0.422	0.230	0.035	-0.160	-0.355	-0.546
2	Area under GZ curve f	0.0000	1.6906	6.6824	14.6377	23.7401	32.3777	40.4536	47.9067	54.6840	60.7207	65.9606	70.3539	73.8581	76.4385	78.0691	78.7323	78.4196	77.1314	74.8770
3	Displacement t	17.20	17.20	17.20	17.20	17.19	17.19	17.20	17.20	17.20	17.20	17.20	17.20	17.20	17.20	17.19	17.20	17.20	17.19	17.19
4	Draft at FP m	0.603	0.600	0.585	0.519	0.313	0.096	-0.139	-0.401	-0.695	-1.030	-1.425	-1.906	-2.525	-3.361	-4.579	-6.564	-10.466	-22.037	n/a
5	Draft at AP m	0.635	0.636	0.632	0.601	0.446	0.233	0.001	-0.246	-0.512	-0.808	-1.151	-1.564	-2.086	-2.788	-3.810	-5.472	-8.746	-18.469	n/a
6	WL Length m	9.181	9.261	9.336	9.391	9.389	9.388	9.388	9.385	9.384	9.386	9.389	9.396	9.404	9.415	9.430	9.462	9.540	9.605	9.606
7	Beam max extents on	6.000	6.003	5.883	5.416	3.106	3.113	3.097	3.008	2.816	2.628	2.445	2.264	2.084	1.904	1.762	1.731	1.710	1.698	1.697
8	Wetted Area m²	45.752	45.883	45.239	39.948	33.361	33.372	33.409	33.747	34.108	34.403	34.645	34.838	34.980	35.080	35.167	35.208	35.240	35.256	35.262
9	Waterpl. Area m²	31.633	31.549	29.906	23.401	17.033	17.660	18.406	18.312	17.878	17.474	17.075	16.691	16.339	16.031	15.797	15.615	15.513	15.485	15.532
10	Prismatic coeff. (Cp)	0.924	0.914	0.902	0.887	0.882	0.881	0.880	0.880	0.876	0.872	0.866	0.861	0.855	0.848	0.842	0.835	0.824	0.816	0.814
11	Block coeff. (Cb)	0.480	0.365	0.298	0.275	0.458	0.452	0.452	0.462	0.488	0.516	0.547	0.585	0.629	0.684	0.737	0.750	0.760	0.770	0.785
12	LCB from zero pt. (+ve)	-0.289	-0.290	-0.292	-0.297	-0.306	-0.307	-0.309	-0.312	-0.317	-0.322	-0.328	-0.334	-0.342	-0.349	-0.355	-0.361	-0.365	-0.367	-0.368
13	LCF from zero pt. (+ve)	-0.214	-0.216	-0.229	-0.327	-0.162	-0.162	-0.148	-0.068	-0.051	-0.042	-0.038	-0.035	-0.033	-0.033	-0.030	-0.034	-0.036	-0.041	-0.048
14	GML corrected m	7.714	7.676	6.854	3.448	-1.202	-1.318	-1.415	-1.551	-1.697	-1.826	-1.940	-2.037	-2.116	-2.177	-2.217	-2.238	-2.237	-2.217	-2.176
15	GML m	11.114	11.056	10.337	7.670	5.238	5.333	5.451	5.314	5.087	4.877	4.675	4.490	4.330	4.199	4.124	4.068	4.065	4.102	4.175
16	Max deck inclination de	0.1969	5.0047	10.0041	15.0079	20.0145	25.0110	30.0086	35.0078	40.0079	45.0083	50.0088	55.0091	60.0094	65.0092	70.0085	75.0072	80.0053	85.0028	90.0000

Gambar V.35 Hasil Analisis Perhitungan Stabilitas Kondisi C

Dari hasil analisis yang telah dilakukan, diperoleh lengan GZ untuk tiap sudut, kemudian lengan ini digunakan untuk perhitungan selanjutnya. Berikut adalah hasil perhitungan stabilitas saat kapal kondisi 50% seperti yang dijelaskan pada Gambar V.36 berikut ini:

Notes (MGN) 280 Chapter 11 Section 3.7	
1	Jika GZ max terjadi pada $\theta = 15^\circ$ maka luas gambar di bawah kurva dengan lengan penegak $GZ \geq 0.085$ m.rad Dan jika GZ max terjadi pada $\theta = 30^\circ$ maka luas gambar di bawah kurva GZ tidak boleh kurang dari 0.055 m.rad Ketika GZ max terjadi antara $\theta = 15^\circ$ dan 30° , daerah di bawah kurva GZ hingga $\theta = GZ_{max}$ tidak boleh kurang dari : $A = 0.055 + 0.002 (30^\circ - \theta \text{ GZ Max})$ meter - radian $\theta = GZ_{max} = 17^\circ$ (antara $\theta = 15^\circ$ dan 30°) maka A minimal = 0.080 meter.rad A sebenarnya = 0.417 meter.rad Kondisi = Accepted
2	Daerah di bawah kurva antara $\theta = 30^\circ$ dan $\theta = 40^\circ$ atau antara $\theta = 30^\circ$ dan sudut downflooding θ_f , jika sudut ini kurang dari 40° , tidak boleh kurang dari 0,03 meter radian. A_{30-40} min = 0.030 meter.rad A_{30-40} = 0.248 meter.rad Kondisi = Accepted
3	GZ tidak boleh kurang dari 0,2 meter pada sudut 30 derajat.

V.1.12.4 Kondisi D

Kondisi D ini merupakan kondisi dimana kapal dengan keadaan *75% full load*. Kondisi ini juga sangat perlu diperhitungkan terutama untuk stabilitasnya karena kondisi ini merupakan kondisi saat kapal mulai berlayar dan beroperasi. Berikut proses perhitungan untuk kondisi ini:

1. Mula-mula dimasukkan data-data beban dari komponen yang ada saat kondisi *75% full load* dimana pada saat itu berat *payload* dan berat *consumable* pada kondisi *75%*. (diambil dari hasil perhitungan berat dan titik berat). Data-data yang dibutuhkan untuk beban-beban saat kapal kondisi *75%* pada komponen tersebut antara lain berat komponen, LCG komponen, VCG komponen, dan TCG komponen (jika ada). *Input* data beban dapat dilihat pada Gambar V.37 berikut:

	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
1	hull	1	6.273	6.273			-0.363	0.000	0.963	0.000	User Specific
2	deck	1	2.219	2.219			0.188	0.000	1.730	0.000	User Specific
3	payload	1	3.000	3.000			0.106	0.000	1.950	0.000	User Specific
4	construction	1	1.380	1.380			-0.363	0.000	0.963	0.000	User Specific
5	ruang navigasi	1	0.934	0.934			-0.120	0.000	3.000	0.000	User Specific
6	peralatan navig	1	0.075	0.075			0.782	0.000	2.500	0.000	User Specific
7	generator	1	0.200	0.200			0.400	0.000	0.500	0.000	User Specific
8	loading convey	1	0.750	0.750			4.106	0.000	1.730	0.000	User Specific
9	storage convey	1	1.500	1.500			0.106	0.000	1.730	0.000	User Specific
10	offloading con	1	0.750	0.750			-4.393	0.000	1.730	0.000	User Specific
11	motor	1	0.168	0.168			-3.000	0.000	0.560	0.000	User Specific
12	baterai	1	0.200	0.200			1.400	0.000	1.250	0.000	User Specific
13	paddle wheel	1	0.540	0.540			-3.000	0.000	0.900	0.000	User Specific
14	bahan bakar m	1	0.037	0.037			-1.600	0.000	0.500	0.000	User Specific
15	bahan bakar g	1	0.037	0.037			-0.600	0.000	0.500	0.000	User Specific
16	crew	1	0.156	0.156			0.106	0.000	2.500	0.000	User Specific
17	Total Loadca			18.219	0.000	0.000	-0.219	0.000	1.460	0.000	
18	FS correction								0.000		
19	VCG fluid								1.460		

Gambar V.37 Input Data Beban Kondisi D

- Setelah beban dimasukkan, selanjutnya dilakukan proses analisis dengan memilih menu *Start Analysis*. Untuk hasil perhitungan stabilitas pada kondisi ini dapat dilihat pada Gambar V.38 berikut ini:

	Heel to Starboard deg	0.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0	65.0	70.0	75.0	80.0	85.0	90.0
1	GZ m	0.000	0.631	1.242	1.731	1.780	1.669	1.548	1.413	1.266	1.107	0.939	0.763	0.580	0.391	0.199	0.004	-0.190	-0.384	-0.574
2	Area under GZ curve f	0.0000	1.5823	6.2741	13.8428	22.7697	31.4075	39.4506	46.8589	53.5602	59.4960	64.6150	68.8727	72.2311	74.6595	76.1351	76.6432	76.1776	74.7406	72.3430
3	Displacement t	18.22	18.22	18.22	18.22	18.22	18.22	18.22	18.22	18.22	18.22	18.22	18.22	18.22	18.22	18.22	18.22	18.22	18.22	18.22
4	Draft at FP m	0.642	0.640	0.627	0.575	0.388	0.172	-0.065	-0.326	-0.615	-0.942	-1.327	-1.795	-2.396	-3.208	-4.389	-6.313	-10.093	-21.291	n/a
5	Draft at AP m	0.660	0.661	0.658	0.632	0.497	0.283	0.055	-0.185	-0.443	-0.732	-1.063	-1.464	-1.967	-2.643	-3.627	-5.226	-8.375	-17.728	n/a
6	WL Length m	9.198	9.278	9.354	9.414	9.419	9.418	9.417	9.416	9.417	9.421	9.427	9.436	9.448	9.465	9.491	9.538	9.605	9.605	9.606
7	Beam max extents on	6.000	6.010	5.914	5.511	3.123	3.134	3.098	2.930	2.746	2.569	2.395	2.221	2.049	1.875	1.744	1.718	1.701	1.692	1.693
8	Wetted Area m²	46.943	47.081	46.676	42.760	34.557	34.563	34.798	35.284	35.591	35.815	36.010	36.177	36.304	36.401	36.478	36.523	36.547	36.562	36.567
9	Waterpl. Area m²	31.663	31.659	30.393	25.245	17.064	17.690	17.927	17.357	17.000	16.738	16.477	16.212	15.954	15.726	15.550	15.413	15.338	15.329	15.400
10	Prismatic coeff. (Cp)	0.935	0.925	0.913	0.899	0.892	0.891	0.890	0.888	0.884	0.879	0.873	0.867	0.860	0.852	0.845	0.836	0.826	0.823	0.822
11	Block coeff. (Cb)	0.488	0.374	0.306	0.279	0.463	0.458	0.460	0.482	0.508	0.535	0.566	0.603	0.646	0.700	0.750	0.759	0.767	0.781	0.795
12	LCB from zero pt. (+ve)	-0.267	-0.268	-0.269	-0.273	-0.282	-0.283	-0.286	-0.289	-0.294	-0.300	-0.306	-0.312	-0.320	-0.327	-0.333	-0.339	-0.344	-0.346	-0.346
13	LCF from zero pt. (+ve)	-0.210	-0.210	-0.216	-0.261	-0.153	-0.154	-0.083	-0.046	-0.027	-0.022	-0.020	-0.021	-0.022	-0.024	-0.025	-0.031	-0.038	-0.048	-0.057
14	GML corrected m	7.216	7.221	6.613	4.077	-1.214	-1.332	-1.459	-1.620	-1.755	-1.871	-1.973	-2.060	-2.131	-2.183	-2.217	-2.232	-2.228	-2.204	-2.160
15	GML m	10.453	10.426	9.891	7.894	4.902	4.983	4.895	4.624	4.408	4.239	4.085	3.944	3.820	3.724	3.670	3.632	3.631	3.663	3.743
16	Max deck inclination de	0.1093	5.0017	10.0018	15.0038	20.0097	25.0074	30.0063	35.0064	40.0069	45.0074	50.0081	55.0085	60.0089	65.0089	70.0083	75.0071	80.0053	85.0028	90.0000

Gambar V.38 Hasil Analisis Perhitungan Stabilitas Kondisi D

Dari hasil analisis yang telah dilakukan, diperoleh lengan GZ untuk tiap sudut, kemudian lengan ini digunakan untuk perhitungan selanjutnya. Berikut adalah hasil perhitungan stabilitas saat kapal kondisi 75% seperti yang dijelaskan pada Gambar V.39 berikut ini:

1	Jika GZ max terjadi pada $\theta=15^\circ$ maka luas gambar di bawah kurva dengan lengan penegak $GZ \geq 0.085$ m.rad			
	Dan jika GZ max terjadi pada $\theta=30^\circ$ maka luas gambar di bawah kurva GZ tidak boleh kurang dari 0.055 m.rad			
	Ketika GZ max terjadi antara $\theta = 15^\circ$ dan 30° , daerah di bawah kurva GZ hingga θ GZmax tidak boleh kurang dari :			
	$A = 0,055 + 0,002 (30^\circ - \theta \text{ GZ Max})$ meter - radian			
	$\theta_{GZmax} = 19^\circ$ (antara $\theta = 15^\circ$ dan 30°)			
	maka			
	A minimal = 0.077 meter.rad			
	A sebenarnya = 0.399 meter.rad			
	Kondisi = Accepted			
2	Daerah di bawah kurva antara $\theta = 30^\circ$ dan $\theta = 40^\circ$ atau antara $\theta = 30^\circ$ dan sudut downflooding θ_f , jika sudut ini kurang dari 40° , tidak boleh kurang dari 0,03 meter radian.			
	$A_{30-40 \text{ min}} = 0.030$ meter.rad			
	$A_{30-40} = 0.246$ meter.rad			
	Kondisi = Accepted			
3	GZ tidak boleh kurang dari 0,2 meter pada sudut 30° derajat			
	$Gz_{30^\circ \text{ min}} = 0.200$ meter			
	$Gz_{30^\circ} = 1.548$ meter			
	Kondisi = Accepted			
4	GZ maksimal harus terjadi pada sudut minimal 15 derajat			
	$\theta_{Gz_{\text{max}}} \text{ min} = 15^\circ$ derajat			
	$\theta_{Gz_{\text{max}}} = 19^\circ$ derajat			
	Kondisi = Accepted			
5	Ketinggian metasenter (GM) tidak boleh kurang dari 0,35 meter.			
	GM min = 0.350 meter			
	GM = 8.074 meter			
	Kondisi = Accepted			

Gambar V.39 Hasil Perhitungan Stabilitas Saat Kapal

V.1.12.5. Kondisi E

Kondisi E ini merupakan kondisi dimana kapal dengan keadaan 100% *full load*. Kondisi ini adalah kondisi yang sangat penting diperhitungkan terutama untuk stabilitasnya karena kondisi ini merupakan kondisi saat kapal mulai berlayar dan beroperasi dengan keadaan *full load*. Berikut proses perhitungan untuk kondisi ini:

1. Mula-mula dimasukkan data-data beban dari komponen yang ada saat kondisi 100% *full load* dimana pada saat itu berat *payload* dan berat *consumable* pada kondisi 100%. (diambil dari hasil perhitungan berat dan titik berat). Data-data yang dibutuhkan untuk beban-beban saat kapal kosong pada komponen tersebut antara lain berat komponen, LCG komponen, VCG komponen, dan TCG komponen (jika ada). *Input* data beban dapat dilihat pada Gambar V.40 berikut:

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m ³	Total Volume m ³	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
1	hull	1	6.273	6.273			-0.363	0.000	0.963	0.000	User Specific
2	deck	1	2.219	2.219			0.188	0.000	1.730	0.000	User Specific
3	payload	1	4.000	4.000			0.106	0.000	1.950	0.000	User Specific
4	construction	1	1.380	1.380			-0.363	0.000	0.963	0.000	User Specific
5	ruang navigasi	1	0.934	0.934			-0.120	0.000	3.000	0.000	User Specific
6	peralatan navig	1	0.075	0.075			0.782	0.000	2.500	0.000	User Specific
7	generator	1	0.200	0.200			0.400	0.000	0.500	0.000	User Specific
8	loading convey	1	0.750	0.750			4.106	0.000	1.730	0.000	User Specific
9	storage convey	1	1.500	1.500			0.106	0.000	1.730	0.000	User Specific
10	offloading con	1	0.750	0.750			-4.393	0.000	1.730	0.000	User Specific
11	motor	1	0.168	0.168			-3.000	0.000	0.560	0.000	User Specific
12	baterai	1	0.200	0.200			1.400	0.000	1.250	0.000	User Specific
13	paddle wheel	1	0.540	0.540			-3.000	0.000	0.900	0.000	User Specific
14	bahan bakar m	1	0.049	0.049			-1.600	0.000	0.500	0.000	User Specific
15	bahan bakar g	1	0.049	0.049			-0.600	0.000	0.500	0.000	User Specific
16	crew	1	0.156	0.156			0.106	0.000	2.500	0.000	User Specific
17	Total Loadgr			19.243	0.000	0.000	-0.203	0.000	1.484	0.000	
18	FS correction								0.000		
19	VCG fluid								1.484		

Gambar V.40 Input Data Beban Kondisi E

2. Setelah beban dimasukkan, selanjutnya dilakukan proses analisis dengan memilih menu *Start Analysis*. Untuk hasil perhitungan stabilitas pada kondisi ini dapat dilihat pada Gambar V.41 berikut ini:

	Heel to Starboard deg	0.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0	55.0	60.0	65.0	70.0	75.0	80.0	85.0	90.0
1	GZ m	0.000	0.593	1.174	1.661	1.778	1.666	1.541	1.401	1.249	1.087	0.915	0.737	0.552	0.363	0.171	-0.024	-0.218	-0.410	-0.599
2	Area under GZ curve f	0.0000	1.4845	5.9066	13.0976	21.8442	30.4931	38.5079	45.8718	52.5015	58.3445	63.3527	67.4863	70.7115	73.0014	74.3363	74.7041	74.1009	72.5308	70.0064
3	Displacement t	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24	19.24
4	Draft at FP m	0.681	0.679	0.668	0.625	0.462	0.246	0.009	-0.247	-0.530	-0.851	-1.226	-1.681	-2.265	-3.052	-4.196	-6.058	-9.710	-20.527	n/a
5	Draft at AP m	0.684	0.685	0.684	0.662	0.548	0.334	0.113	-0.119	-0.370	-0.649	-0.971	-1.359	-1.844	-2.495	-3.441	-4.977	-8.002	-16.988	n/a
6	WL Length m	9.215	9.295	9.372	9.431	9.443	9.443	9.442	9.442	9.445	9.451	9.460	9.473	9.490	9.515	9.553	9.604	9.605	9.605	9.606
7	Beam max extents on	6.000	6.015	5.942	5.594	3.140	3.141	3.020	2.842	2.673	2.507	2.343	2.177	2.012	1.845	1.721	1.701	1.688	1.683	1.687
8	Wetted Area m ²	48.136	48.274	48.043	45.101	35.778	35.841	36.452	36.929	37.207	37.357	37.470	37.580	37.681	37.758	37.817	37.852	37.877	37.886	37.888
9	Waterpl. Area m ²	31.694	31.748	30.791	26.641	17.134	17.610	16.924	16.322	15.985	15.842	15.738	15.614	15.475	15.339	15.225	15.144	15.110	15.141	15.247
10	Prismatic coeff. (Cp)	0.945	0.935	0.923	0.909	0.900	0.900	0.898	0.895	0.890	0.885	0.879	0.872	0.864	0.856	0.847	0.838	0.834	0.831	0.829
11	Block coeff. (Cb)	0.496	0.383	0.314	0.283	0.468	0.465	0.479	0.503	0.527	0.554	0.584	0.620	0.663	0.716	0.763	0.769	0.781	0.793	0.806
12	LCB from zero pt. (+ve)	-0.247	-0.248	-0.249	-0.252	-0.260	-0.261	-0.264	-0.269	-0.274	-0.280	-0.286	-0.292	-0.300	-0.308	-0.314	-0.320	-0.324	-0.326	-0.326
13	LCF from zero pt. (+ve)	-0.205	-0.205	-0.207	-0.220	-0.133	-0.112	-0.047	-0.023	-0.005	0.003	0.002	-0.004	-0.008	-0.014	-0.022	-0.032	-0.043	-0.054	-0.063
14	GMt corrected m	6.774	6.806	6.366	4.410	-1.221	-1.348	-1.521	-1.676	-1.805	-1.913	-2.004	-2.081	-2.143	-2.188	-2.216	-2.226	-2.218	-2.190	-2.142
15	GML m	9.865	9.859	9.461	7.957	4.657	4.621	4.290	3.982	3.758	3.614	3.508	3.413	3.330	3.266	3.223	3.204	3.211	3.261	3.356
16	Max deck inclination de	0.0221	5.0002	10.0005	15.0015	20.0060	25.0046	30.0048	35.0053	40.0061	45.0068	50.0075	55.0080	60.0086	65.0087	70.0082	75.0070	80.0052	85.0028	90.0000

Gambar V.41 Hasil Analisis Perhitungan Stabilitas Kondisi E

Dari hasil analisis yang telah dilakukan, diperoleh lengan GZ untuk tiap sudut, kemudian lengan ini digunakan untuk perhitungan selanjutnya. Berikut adalah hasil perhitungan stabilitas saat kapal kosong seperti yang dijelaskan pada Gambar V.40.

Setelah ke lima *loadcase* tersebut di analisis, hasil yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan kriteria yang dijadikan sebagai acuan. Pada Tabel V.28 dijelaskan hasil yang diperoleh dari perhitungan stabilitas sebagai berikut:

1	Jika GZ max terjadi pada $\theta=15^\circ$ maka luas gambar di bawah kurva dengan lengan penagak $GZ \geq 0.085$ m.rad		
	Dan jika GZ max terjadi pada $\theta=30^\circ$ maka luas gambar di bawah kurva GZ tidak boleh kurang dari 0.055 m.rad		
	Ketika GZ max terjadi antara $\theta = 15^\circ$ dan 30° , daerah di bawah kurva GZ hingga θ GZmax tidak boleh kurang dari :		
	$A = 0,055 + 0,002 (30^\circ - \theta \text{ GZ Max})$ meter.radian		
	$\theta_{GZmax} = 20^\circ$ (antara $\theta = 15^\circ$ dan 30°)		
	maka		
	A minimal = 0.075 meter.rad		
	A sebenarnya = 0.382 meter.rad		
	Kondisi = Accepted		
2	Daerah di bawah kurva antara $\theta = 30^\circ$ dan $\theta = 40^\circ$ atau antara $\theta = 30^\circ$ dan sudut downflooding θ_f , jika sudut ini kurang dari 40° , tidak boleh kurang dari 0,03 meter radian.		
	$A_{30-40 \text{ min}} = 0.030$ meter.rad		
	$A_{30-40} = 0.244$ meter.rad		
	Kondisi = Accepted		
3	GZ tidak boleh kurang dari 0,2 meter pada sudut 30 derajat :		
	$Gz_{30^\circ \text{ min}} = 0.200$ meter		
	$Gz_{30^\circ} = 1.541$ meter		
	Kondisi = Accepted		
4	GZ maksimal harus terjadi pada sudut minimal 15 derajat		
	$\theta_{Gz_{max} \text{ min}} = 15^\circ$ derajat		
	$\theta_{Gz_{max}} = 20^\circ$ derajat		
	Kondisi = Accepted		
5	Ketinggian metasenter (GM) tidak boleh kurang dari 0,35 meter.		
	GM min = 0.350 meter		
	GM = 8.074 meter		
	Kondisi = Accepted		

Gambar V.42 Hasil Perhitungan Stabilitas Saat Kapal

Tabel V.28 Rekapitulasi Perhitungan Stabilitas

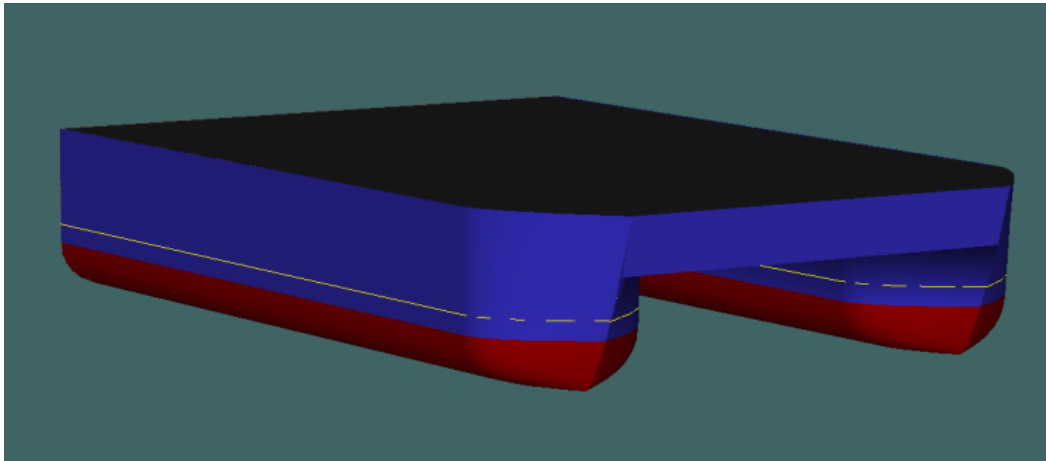
Kriteria	Batasan	Satuan	Loadcase				
			A	B	C	D	E
$A_{\theta_{max}}$	$\geq 0,075$	m.deg	0.457	0.432	0.417	0.399	0.382
$A_{\theta_{(30-40)}}$	$\geq 0,03$	m.deg	0.256	0.251	0.248	0.246	0.244
$GZ_{\theta 30}$	$\geq 0,2$	m	1.589	1.563	1.554	1.548	1.541
$\theta_{GZ_{max}}$	≥ 15	deg	17°	17°	17°	19°	20°
GM	$\geq 0,35$	m	10.28	9.648	9.151	8.680	8.262
Status			<i>Accepted</i>	<i>Accepted</i>	<i>Accepted</i>	<i>Accepted</i>	<i>Accepted</i>

V.1.13. Pembuatan Rencana Garis

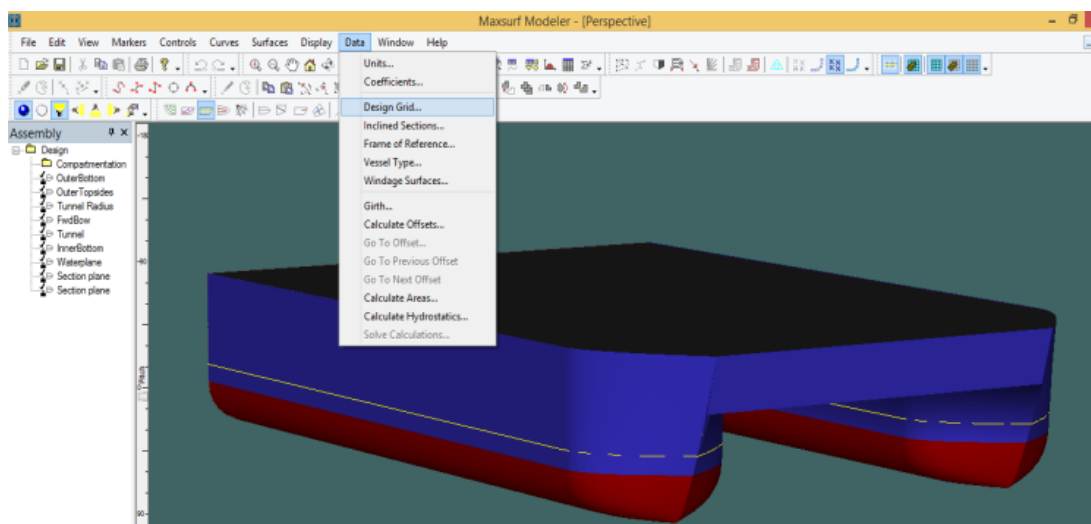
Rencana garis merupakan langkah dasar dari tahap mendesain sebuah kapal dan memiliki fungsi untuk memberikan gambaran umum bentuk tiga dimensi badan kapal. Rencana garis ini dijadikan dasar untuk mendesain kapal secara lengkap, mulai dari perhitungan untuk mengetahui karakteristik kapal, menentukan pembagian ruang di kapal, menentukan daya muat kapal, serta menghitung dan memeriksa kemampuan olah gerak kapal selama pelayaran. Rencana garis diproyeksikan ke tiga bidang, yaitu Bidang Garis Air, Bidang Tengah Kapal, dan Bidang Diametral.

Pembuatan Rencana Garis Kapal dilakukan menggunakan bantuan *software Maxsurf Modeler Advanced* dan *AutoCAD*. Berikut langkah-langkah membuat Rencana Garis:

1. Mula-mula model 3D lambung kapal dibuat di *Maxsurf Modeler Advanced*. Gambar V.43 adalah contoh model 3D lambung kapal yang telah jadi.

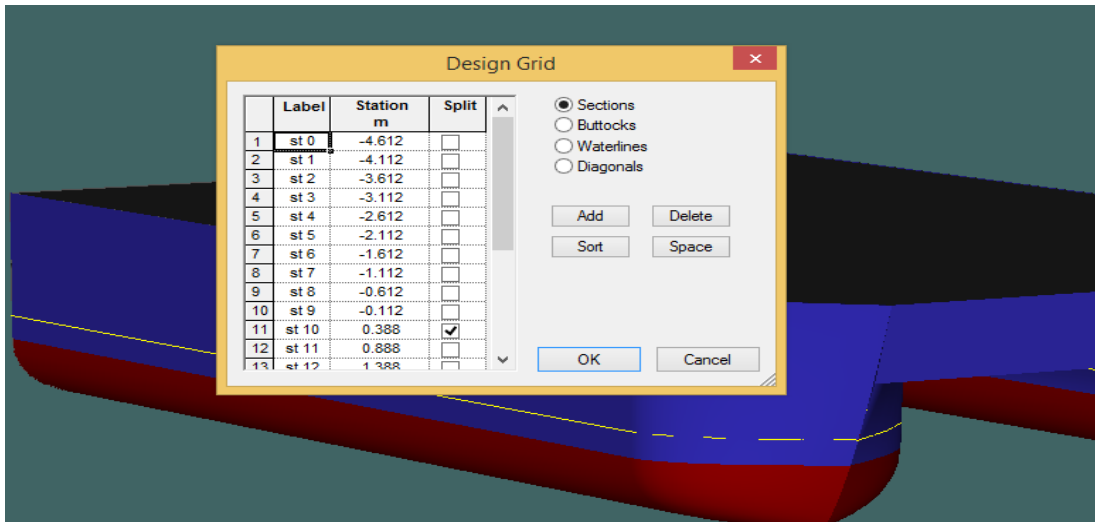


Gambar V.43 Model 3D Lambung Kapal



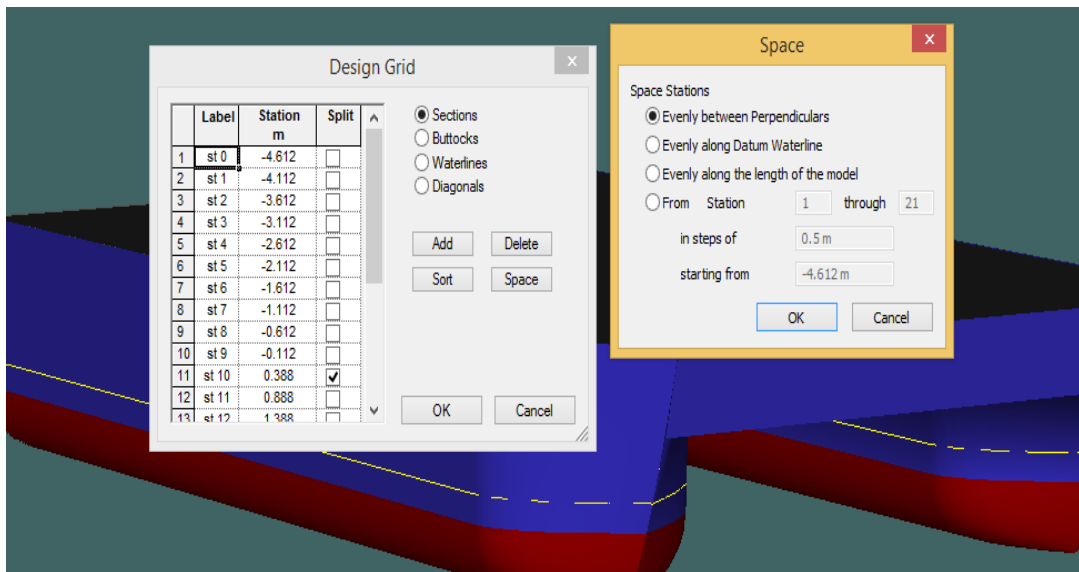
Gambar V.44 Menu *Design Grid*

2. Dari model 3D kapal yang telah dibuat, selanjutnya mengatur potongan-potongan bidang rencana garis kapal melalui menu *Design Grid* seperti pada Gambar V.44 di atas.
3. Dari menu *Design Grid* tersebut kemudian diaturlah *Sections*, *Buttocks*, *Waterlines*. Istilah *Section* sama dengan *station*. Ketiga elemen tersebut diatur sesuai dengan standar yang ada. Gambar V.45 adalah tampilan *Dialog Box* dari *Design Grid*.



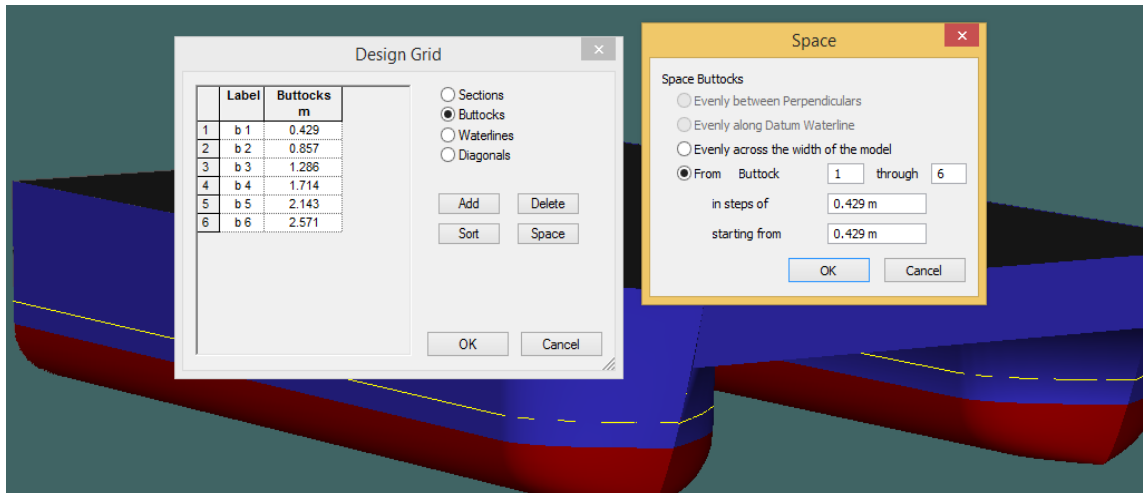
Gambar V.45 Tampilan *Dialog Box* pada *Design Grid*

- Mengatur *Section* atau *station*. Mula-mula *station* ditambahkan sebanyak 20 *station* melalui menu *Add*. Kemudian jarak antar *station* dibagi sama rata terhadap panjang *perpendicular* melalui menu *Space* lalu klik *OK*. Dapat dilihat pada Gambar V.46 tentang langkah-langkah *setup*-nya.



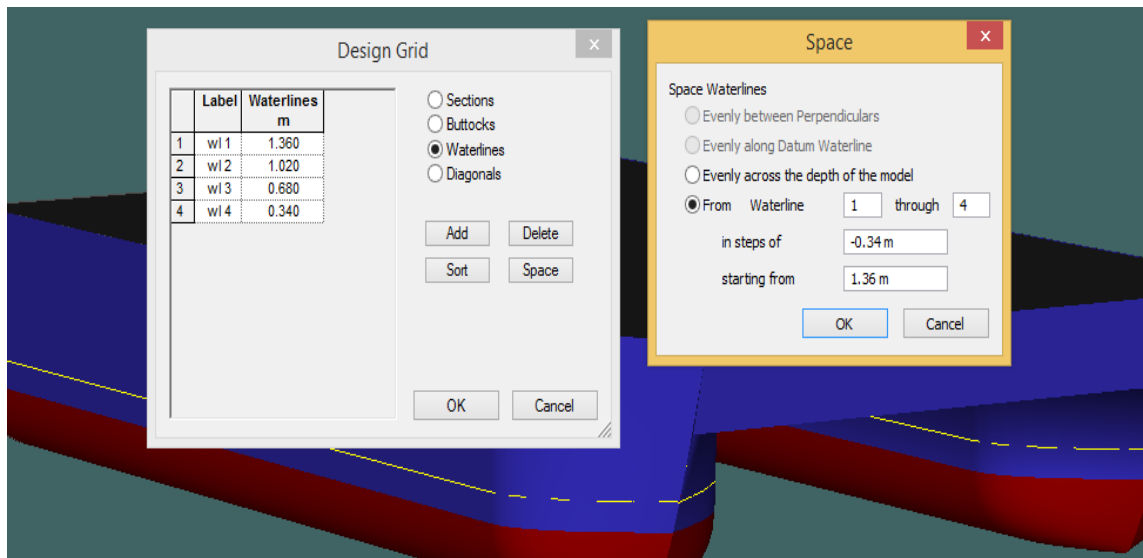
Gambar V.46 Langkah-langkah Mengatur *Station*

- Mengatur *Buttocks* atau bidang diametral. Mula-mula klik centang pada menu *Buttocks*. Kemudian *Buttocks* ditambahkan sebanyak 4 (empat) buah. Setelah itu jarak antar *Buttocks* diatur mulai dari (*starting from*) 0,429 meter dan berjarak (*in steps of*) 0,429 meter juga. Pengaturan *Buttocks* dapat dilihat pada Gambar V.47 berikut ini.



Gambar V.47 Langkah-langkah Mengatur *Buttocks*

6. Mengatur *Waterlines* atau bidang garis air. Sama seperti mengatur *Buttocks*, mula-mula klik centang pada menu *Waterlines*. Kemudian *Waterlines* ditambahkan sebanyak 4 (empat) buah. Setelah itu jarak antar *Waterlines* diatur mulai dari (*starting from*) -0,34 meter dan berjarak (*in steps of*) 1,36 meter. Pengaturan *Waterlines* dapat dilihat pada Gambar V.48 berikut ini.



Gambar V.48 Langkah-angkah Mengatur *Waterlines*

Setelah semua komponen *Design Grid* diatur, maka kapal telah mendapatkan bidang-bidang potongnya. Kemudian tiap-tiap pandangan kapal di-*export* ke *AutoCAD* dan lembar kerja berpindah ke *AutoCAD*. Tujuan menggunakan *AutoCAD* adalah untuk memperhalus Rencana Garis dan disesuaikan standar yang ada. Gambar Rencana Garis dapat dilihat pada Lampiran C *Lines Plan*

V.1.14. Pembuatan Rencana Umum

Rencana umum ini didesain dengan langkah awal adalah membuat gambar outline badan kapal sesuai dengan *lines plan* yang sudah dibuat yaitu tampak atas, tampak samping, dan tampak atas. Kemudian dilakukan perencanaan tata letak ruangan yang ada sebagai berikut:

- Perencanaan tangki muatan

Untuk tujuan volume muatan sampah dan tumpahan minyak dapat diangkut lebih banyak sehingga tangka muatan dirancang berbentuk kotak dan diletakkan di atas geladak di antara *demihull*. Panjang Bak penampung sebesar 5 m, lebar 2 m, dan tinggi bak penampung 0.5 m.

- Perencanaan ruang navigasi

Untuk tujuan menjaga jarak pandangan terlihat dengan jelas bagian haluan kapal saat beroperasi, maka ruang navigasi dirancangan berbentuk simetris yang terletak di atas bak penampung dan di tengah kapal.

Langkah selanjutnya adalah perencanaan peletakkan peralatan. Peralatan pada kapal ini adalah satu set *conveyor*, peralatan di ruang navigasi, dan *paddlewheel*. Penjelasan untuk masing-masing peralatan adalah sebagai berikut:

- *Conveyor*

Conveyor pada kapal ini terdapat 3 buah seperti yang telah dijelaskan pada bab V.1.1 *Conveyor* ini diletakkan di atas geladak di antara *demihull*. Ukurannya disesuaikan dengan letak *conveyor* tersebut.

- Peralatan navigasi

Peralatan navigasi di dalam ruang navigasi sehingga memiliki dimensi yang disesuaikan dengan ruang navigasi.

- *Paddlewheel*

Kapal ini memiliki sistem penggerak menggunakan *paddlewheel* karena dalam misinya memiliki kedalaman air yang rendah. Terdapat 2 buah *paddlewheel* untuk di sisi luar lambung kanan dan kiri. Ukuran dari *paddlewheel* ini sudah dijelaskan pada bab V.1.7

Untuk Gambar Rencana Umum secara detail dapat dilihat pada Lampiran D *General Arrangement*.

V.1.15. **Desain Model 3D Kapal**

Proses pembuatan gambar tiga dimensi *Trash and Oil Spill Skimmer Boat* dilakukan dengan bantuan *software 3D*. Pembuatan bentuk kapal mengacu pada bentuk *Lines Plan* yang dibuat. Untuk desain model 3D dapat dilihat secara detail pada lampiran E Model 3D.



Gambar V.49 *3D Model Trash and Oil Spill Skimmer Boat*

V.1.16. **Sistem Transmisi dan Sistem Kemudi**

Pada perancangan kapal pembersih ini sistem propulsi juga digunakan sebagai sistem kemudi. Sistem propulsi yang direncanakan untuk menggerakkan kapal kerja ini adalah menggunakan *paddle wheel* dan poros transmisi ke *motor DC* yang digerakan dari sumber arus listrik dengan baterai/*accu* sebagai sumber energinya.

- *Motor DC*

Motor DC merupakan jenis motor yang menggunakan tegangan searah sebagai sumber tenaganya. Dengan memberikan beda tegangan pada kedua terminal tersebut, motor akan berputar pada satu arah, dan bila polaritas dari tegangan tersebut dibalik maka arah putaran motor akan terbalik pula. Polaritas dari tegangan yang diberikan pada dua terminal menentukan arah putaran motor sedangkan besar dari beda tegangan pada kedua terminal menentukan kecepatan motor. *Motor DC* memiliki 2 bagian dasar yaitu:

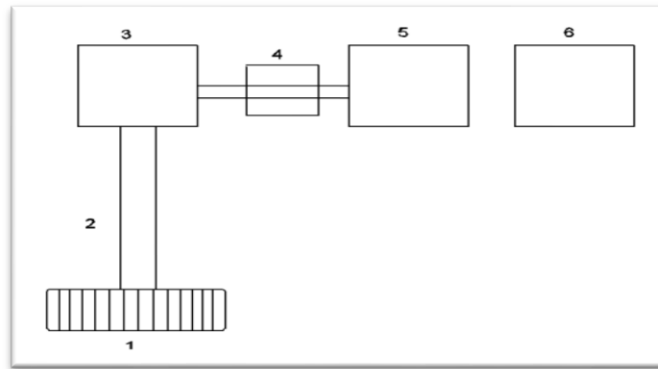
1. Bagian yang tetap/*stasioner* yang disebut *stator*. *Stator* ini menghasilkan medan magnet baik yang dibangkitkan dari sebuah koil (elektro magnet) ataupun magnet permanen.

2. Bagian yang berputar disebut rotor, rotor ini berupa sebuah koil dimana arus listrik mengalir.

- Baterai/*Accu*

Baterai adalah obyek kimia penyimpan arus listrik. Baterai tidak seratus persen efisien, beberapa energi hilang seperti panas dari reaksi kimia selama *charging* dan *discharging*. *Charging* adalah saat energi listrik diberikan kepada baterai, sedangkan *discharging* adalah pada saat energi listrik diambil dari baterai. Baterai tersedia dalam berbagai jenis dan ukuran. Ada dua jenis baterai yaitu *Disposable* dan *Rechargeable*, dan kapal ini direncanakan menggunakan baterai tipe *rechargeable* agar lebih praktis dan efisien.

Sistem propulsi pada kapal kerja ini direncanakan menggunakan sistem *paddle wheel* yang digerakan oleh motor DC dengan sumber listrik dari baterai/*accu*.



Gambar V.50 Sistem Transmisi Kapal

Keterangan Gambar

1. *Paddle wheel*.
2. Poros utama.
3. Motor.
4. Terminal.
5. Generator.
6. Baterai.

Dari Gambar V.50 dapat dilihat mesin kapal diletakkan di samping yaitu pada bagian *demi-hull*, hal ini dengan tujuan agar mesin langsung terhubung melalui poros dengan *paddle wheel* yang sebagai sistem penggerakannya. Secara garis besar sistem propulsi pada kapal ini menyerupai dengan sistem propulsi kendaraan darat, seperti mobil maupun truk. Yaitu poros utama langsung terhubung dengan *paddle wheel*.

Arus listrik yang dihasilkan generator dihubungkan dengan terminal utama melalui rangkaian penghubung. Rangkaian penghubung ini dimaksudkan untuk menghubungkan dan memutuskan arus pada saat terjadi *over load* dan hubungan singkat, untuk perhitungan yang lebih detail dapat dilihat Lampiran C Perhitungan Teknis dan Ekonomis.

Daya yang dikeluarkan mesin mengakibatkan poros utama berputar. Dengan memberikan beda tegangan pada kedua terminal tersebut, motor akan berputar pada satu arah, dan bila polaritas dari tegangan tersebut dibalik maka arah putaran motor akan terbalik pula. Polaritas dari tegangan yang diberikan pada terminal menentukan arah putaran motor sedangkan besar dari beda tegangan pada kedua terminal menentukan kecepatan motor sehingga *paddle wheel* dapat berputar kedepan dan kebelakang untuk *manuver* yang diinginkan (Adjie, 1995).

V.2. Perhitungan Ekonomis

Perhitungan ekonomis ini mencakup perhitungan biaya pembangunan. Hasil dari perhitungan biaya pembangunan kemudian disebut biaya investasi. Kapal yang menjadi objek penelitian Tugas Akhir ini bukan termasuk kapal yang ditujukan kepentingan komersil (niaga), maka kapal ini tidak diperhitungkan analisis untung dan rugi saat kapal ini dioperasikan.

V.2.1. Perhitungan Biaya Pembangunan Kapal

Biaya pembangunan kapal ini mencakup beberapa biaya pokok, yakni biaya berat baja kapal, biaya elektroda, biaya permesinan kapal, biaya peralatan dan perlengkapan kapal serta biaya koreksi kebijakan pemerintah seperti yang sudah dijelaskan pada Tabel V.29 berikut:.

Tabel V.29 Rekapitulasi Perhitungan Biaya Pembangunan

	Variabel	Nilai
1.	Biaya Berat Baja Kapal	
	Berat Baja Kapal	10,9 Ton
	Harga Baja Kapal <i>Sumber: (http://www.tokobesibaja.com/product/plat-kapal-6-x-20)</i>	533,98 USD/Ton
	Total	10.955 USD
2	Biaya Elektroda	
	Berat elektroda diasumsikan sebesar 6% dari berat baja kapal	0.654 Ton
	Harga elektroda (Sumber: Nekko Steel – Aneka Maju.com)	500 USD/Ton

	Variabel	Nilai
	Total	327 USD
3	Biaya Permesinan Kapal	
	Harga Mesin <i>Lenze MGFRK 132-22</i>	6.100 USD
	Harga untuk 2 mesin <i>Sumber: Alibaba.com</i>	12.200 USD
	Harga <i>Generator Set Cartepillar</i>	7.995 USD
	Harga Untuk 2 Genset <i>Sumber: Alibaba.com</i>	15.990 USD
	Harga Baterai <i>Elco E=Power Electric Performance</i>	3.400 USD
	Harga untuk 2 baterai <i>Sumber: .Alibaba.com</i>	6.800 USD
	Harga Motor Listrik Toshiba untuk <i>Winch</i> dan <i>conveyor</i> <i>(Sumber: Alibaba.com)</i>	434 USD
	Harga Komponen Kelistrikan Saklar, kabel, terminal dll, diasumsikan sebesar	300 USD
	Total	39.626 USD
4	Biaya Peralatan dan Perlengkapan	
	<i>Conveyor Belt (Sumber: 106libaba.com)</i>	1.972 USD
	<i>Paddle Wheel</i> (diasumsikan)	
	Harga satu unit	2.000 USD
	Railing	336 USD
	Kaca	19 USD
	Kursi Operator	240 USD
	Peralatan Navigasi	970 USD
	Peralatan Komunikasi	172 USD
	Total	5.709 USD
	Rekapitulasi Biaya Pembangunan Awal	
	Baja Kapal	10.955 USD
	Elektroda	327 USD
	<i>Equipment&Outfitting</i>	5.709 USD
	Permesinan	39.626 USD

	Variabel	Nilai
	Total Harga (USD)	56.920 USD
	Kurs Rp-USD (per 1 Mei 2018, BI)	14.024 Rp/USD
	Total Harga Awal (Rupiah)	Rp.793.687.380,-
5	Biaya Koreksi Keadaan Ekonomi dan Kebijakan Pemerintah	
	<i>(sumber: Tugas Akhir “Studi Perancangan Trash Skimmer Boat Di Perairan Teluk Jakarta”, 2013)</i>	
	Jasa Pembangunan Kapal 10% dari biaya pembangunan awal	Rp. 79.368.738,-
	Biaya Untuk Inflasi 5% dari biaya pembangunan awal	Rp. 39.684.369,-
	10% PPN	Rp. 79.368.738,-
	15% PPH	Rp. 119.053.107,-
	Total Biaya Koreksi	Rp. 317.474.952,-

Selanjutnya biaya pembangunan dapat ditentukan dengan rumus:

$$BP = BPA + KG + I + PP \quad (5.36)$$

Keterangan:

BP = Biaya Pembangunan

BPA =Biaya Pembangunan Awal

KG =Keuntungan Galangan

I =Biaya Inflasi

PP =Pajak Pemerintah

. Dengan demikian biaya pembangunan kapal ini sebesar: Rp.1.111.162.332,-. Untuk lebih jelasnya lagi dapat dilihat Lampiran B Analisis Teknis dan Perhitungan Ekonomis.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

VI.1. Kesimpulan

Dari analisa teknis dan ekonomis desain kapal *Trash and Oil Spill Skimmer Boat*, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan data volume sampah dan limbah minyak dapat ditentukan besar *payload* kapal ini sebesar 3,3 ton.
2. Ukuran utama kapal ini adalah:
 - *Length Overall* = 9,6 m
 - *Length between Perpendicular* = 9,2 m
 - *Breadth* = 6 m
 - *Height* = 1,7 m
 - *Draught* = 0,7 m
3. Berdasarkan analisis teknis yang telah dilakukan didapat sebagai berikut:
 - Berat kapal LWT sebesar 14,546 ton, DWT sebesar 3,514 ton, dan *displacement* sebesar 19,1 ton.
 - *Freeboard* memenuhi sebesar 1,03 ton dengan syarat minimum sebesar 0,29 ton.
 - Hasil perhitungan *trim* dan stabilitas telah memenuhi persyaratan dan dapat dilihat di lampiran Tugas Akhir ini.
4. Desain Rencana Garis (*Lines Plan*) kapal ini dapat dilihat pada lampiran Tugas Akhir.
5. Desain Rencana Umum (*General Arrangement*) kapal ini dapat dilihat pada lampiran Tugas Akhir.
6. Desain Model 3 dimensi kapal ini dapat dilihat pada lampiran Tugas Akhir.
7. Besar biaya pembangunan kapal ini adalah Rp 1.111.162.332,-

VI.2. Saran

Saran dari Tugas Akhir kapal ini adalah sebagai berikut:

1. Diperlukan adanya kolaborasi dan sinergi antara pihak pemerintah dengan masyarakat dan juga pihak industri untuk menjaga kelestarian lingkungan.
2. Diperlukan adanya perhitungan lebih detail untuk konstruksi agar perhitungan beban yang diterima oleh kapal dapat sesuai.
3. Diperlukan desain yang berkelanjutan seperti desain kelistrikan agar dapat dioperasikan dengan mudah oleh operator.
4. Diperlukan analisis yang lebih detail untuk sistem penggerak *Paddle Wheel* agar dapat sesuai dengan kondisi yang dibutuhkan.
5. Diperlukan analisis ekonomis yang lebih detail untuk biaya pembangunan kapal, sehingga didapatkan biaya yang lebih detail.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiba, N. F. (2016). Desain Trash Skimmer Amphibi-Boat Di Sungai Ciliwung Jakarta. *Jurnal Tugas Akhir Jurusan Teknik Perkapalan*, 1-10.
- Adjie, S. (1995). Evaluasi Teknis Sistem Propulsi Motor Sailing Boat Maruta Jaya 900. *Laporan Penelitian TSP-FTK ITS; Surabaya*.
- Arianto, W. (2015). Desain Kapal Wisata Katamaran Untuk Kepulauan Karimun Jawa. *Jurnal Tugas Akhir Jurusan Teknik Perkapalan FTK ITS*, 1-10.
- Aryawan, W.D. (2003). Ph.D. Thesis. *An Investigation into the Potential of Multiple Rows Ducted Propellers for Marine Applications*. Newcastle upon Tyne, UK: University of Newcastle upon Tyne.
- ASTM A370. (2004). *Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products*. New York: American Society for Testing and Materials (ASTM).
- Chrismianto, D. (2014). pengaruh variasi bentuk hull kapal catamaran terhadap besar hambatan total menggunakan CFD. *Jurnal Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro*, 1-4.
- Clarke, D. and Kurniawati, H.A. (2000). "Can Ship Manoeuvring be Chaotic?". In M. Blanke (Ed.), *Proceedings of 5th IFAC Conference on Manoeuvring and Control of Marine Crafts 2000*, (pp. 339-344). Aalborg, Denmark.
- Harvald, S.S. (1983). *Resistance and Propulsion of Ships*. New York: John Wiley and Sons.
- Hastijanti, R. (2010). Permasalahan dan Solusi Pelestarian Kawasan Kota Lama Kalimas. *Seminar Pelestarian Kawasan Kota Lama Volume 1*, (pp. 1-5).
- Ikehata, M., and Chandra, S. (1989). Theoretical Calculation of Propulsive Performances of Stator-Propeller in Uniform Flow by Vortex Lattice Method. *Journal of the Society of Naval Architects of Japan*, 166, 17-25.
- Insel, M. a. (1992). An Investigation Into Resistance Components of High Speed Displacement Catamaran. 1-5.
- International Maritime Organization (IMO). (2012, April 12). *Titanic Remembered by IMO Secretary-General*. Retrieved May 4, 2012, from IMO web site: <http://www.imo.org>
- International Maritime Organization (IMO). (Consolidated Edition 2009). *International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974, as amended (SOLAS 1974)*. London: IMO Publishing.

- Japan Radio Co. (JRC). (2009). Catalogue. *Electronic Chart Display and Information System (ECDIS)*. Tokyo.
- Kurniawati, H.A. (2009). Lecture Handout. *Ship Outfitting*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- Linde, H. (2004). Multipurpose Cargo Ships. In T. Lamb (Ed.), *Ship Design and Construction* (Vol. 2, pp. 27-35). New Jersey.
- Muin, S. (1986). *Dasar Dasar Perancangan dan Mesin mesin Perkakas*. Jakarta.
- Nadiyas, A. (2017). Analisa Kekuatan Cross Deck Terhadap Perubahan Bentuk Variasi Haunch Pada Kapal Ikan Katamaran Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro*, 189-190.
- Parson, M. (2003). *Parametric Design*.
- Pramoko, A. (2013). Studi Perancangan Trash Skimmer Boat di Perairan Teluk Jakarta. *Jurnal Tugas Akhir Jurusan Teknik Perkapalan*, 1-10.
- Primaningtyas, A. (2015). Desain Kapal Wisata Sungai Dengan Penggerak Paddle Wheel Untuk Sungai Jagir Surabaya. *Jurnal Tugas Akhir Jurusan Teknik Perkapalan FTK ITS*, 1-10.
- Rawson, K.J. and Tupper, E.C. (2001). *Basic Ship Theory* (5th ed., Vol. 1). Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Santosa, I. (1999). *Diktat Kuliah Perencanaan Kapal*. Surabaya: Jurusan Teknik Perkapalan, FTK, ITS.
- Sjahrir, A. (1993, Maret 22). Prospek Ekonomi Indonesia. *Jawa Pos*. Surabaya.
- van Dokkum, K. (2005). *Ship Knowledge*. Enkhuizen, The Netherlands: Dokmar.
- Watson, D. (1998). *Practical Ship Design* (Vol. 1). (R. Bhattacharyya, Ed.) Oxford: Elsevier.
- Watson, D. (1998). *Practical Ship Design*. Oxford.
- Weber, B. (1985, October 20). The Myth Maker: The Creative Mind. *New York Times Magazines*, 42. New York.

LAMPIRAN

- Lampiran A Data Pendukung Volume Sampah
- Lampiran B Data Pendukung Tumpahan Minyak
- Lampiran C Perhitungan Teknis dan Perhitungan Ekonomis
- Lampiran D *Lines Plan*
- Lampiran E *General Arrangement*
- Lampiran F *3D Model*

LAMPIRAN A
DATA PENDUKUNG VOLUME SAMPAH

A. Volume Sampah

KARAKTERISTIK DAN BEBAN PENCEMARAN SUNGAI KALIMAS

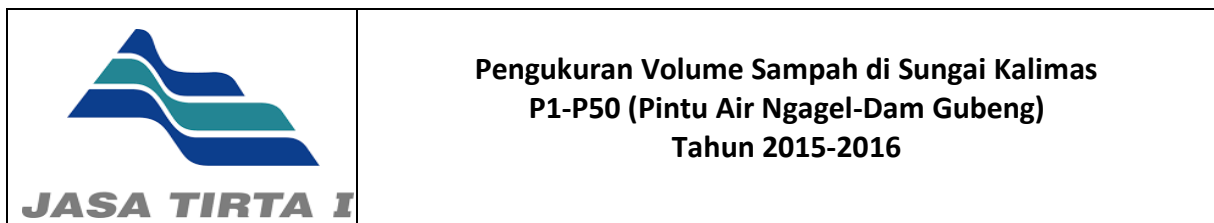
Data Sungai Kalimas Surabaya

- Panjang Sungai : 15.000 meter
- Lebar Sungai : 20-35 meter
- Kedalaman Sungai : 3-5 meter


Panjang sungai dibagi kedalam 3 segmen

- Segmen 1 dengan Panjang: 4.000 meter (P1-P50, Pintu Air Ngagel-Dam Gubeng)
- Segmen 2 dengan Panjang: 1.000 meter (P50-P78, Dam Gubeng-Achmad Jais)
- Segmen 3 dengan Panjang: 10.000 meter (P78-P178, Achmad Jais-Muara)

Beban pengangkutan Sampah dan Enceng gondok di Sungai Kalimas Surabaya




Volume sampah dan enceng gondok yang ada di permukaan sungai kalimas didapatkan berdasarkan data yang diberikan oleh Perum Jasa Tirta I


No	Bulan	Minggu					Jumlah
		1	2	3	4	5	
		m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3
		8.4	18	18.3	18.9	18.3	81.9
		19.2	17.7	20.4	18.3	0	75.6
		20	19.5	19.5	19.6	9.9	88.5
No	Bulan	Minggu					Jumlah
		6.91	17.12	17.13	14.24	3.35	59
		m^3	m^3	m^3	m^3	m^3	m^3
1	Januari	10.12	17.46	18.55	16.87	14.75	77.71
2	Februari	27	24.9	28.9	25.8	0	106.6
3	September	12.9	18.3	18.9	19.5	9.3	78.9
4	April	15.6	29.1	25.2	24	18	111.6
5	November	18.9	18.9	19.7	18.6	5.7	81
6	Juni	22.5	24	23.1	24	10.5	103.8
7	Juli	15.3	24.6	25.2	23.7	21	109.8
8	Agustus	4.2	25.8	25.2	24	6.6	85.5
9	September	18	25.8	26.7	27.6	13.2	111.3

Pengukuran Volume Sampah di Sungai Kalimas
P78-P178 (Achmad Jais-Muara)
Tahun 2015-2016

10	Oktober	11.4	29.1	25.8	26.7	27.3	120.3
11	November	26.1	26.7	27.3	26.1	8.1	114.3
12	Desember	19.2	27	25.8	25.5	20.7	118.2
Total							1306.9

		Pengukuran Luasan Enceng Gondok di Sungai Kedurus dan Gunungsari Tahun 2016
No	Sungai	Luasan m^2
1	Kedurus dan Gunungsari	24.500
2	Sungai Kalimas 5%	1.225

Peruntukan Daerah Sempadan Sungai Kalimas Surabaya

 JASA TIRTA I		Peruntukan Daerah Sempadan Sungai Kalimas Surabaya			
		No	Section	Jarak (m)	Peruntukan
Sempadan Kiri	Alur Sungai				Sempadan Kanan
1	P1-P2	105	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • <i>Dumping Area</i> • Hutan Kota 	<ul style="list-style-type: none"> • Olahraga Air • Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Setapak • Dermaga
2	P2-P4	230	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota 	<ul style="list-style-type: none"> • Olahraga Air • Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Dumping Area</i> • Hutan Kota • Dermaga
3	P4-P7	315	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota 	<ul style="list-style-type: none"> • Olahraga Air • Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Setapak • Hutan Kota • Dermaga
4	P7-P9	220	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota 	<ul style="list-style-type: none"> • Olahraga Air • Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Dumping Area</i> • Jalan Inspeksi • Dermaga
5	P9-P10	80	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota 	<ul style="list-style-type: none"> • Olahraga Air • Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota
6	P10-P11	95	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota 	<ul style="list-style-type: none"> • Olahraga Air • Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota • Parkir
7	P11-P15	410	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota 	<ul style="list-style-type: none"> • Olahraga Air • Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota
8	P15-P17	205	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota 	<ul style="list-style-type: none"> • Olahraga Air • Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Dumping Area</i> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota • Dermaga

9	P18-P18	105	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • <i>Dumping Area</i> • Hutan Kota 	<ul style="list-style-type: none"> • Olahraga Air • Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota
10	P18-P20	180	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota 	<ul style="list-style-type: none"> • Olahraga Air • Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota
11	P20-P25	495	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota 	<ul style="list-style-type: none"> • Olahraga Air • Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota
12	P25-P29	445	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota 	<ul style="list-style-type: none"> • Olahraga Air • Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota
13	P29-P33	395	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota 	<ul style="list-style-type: none"> • Olahraga Air • Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota • Lap. Olahraga
14	P33-P34	100	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota 	<ul style="list-style-type: none"> • Olahraga Air • Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Dumping Area</i> • Hutan Kota
15	P34-P37	285	<ul style="list-style-type: none"> • Lap. Olahraga • Taman Bermain • <i>Jogging Track</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Olahraga Air • Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Setapak • Hutan Kota • Dermaga
16	P37-P38	100	<ul style="list-style-type: none"> • Hutan Kota • IPAL • <i>Jogging Track</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Olahraga Air • Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Setapak • Hutan Kota • Dermaga
17	P38-P39	120	<ul style="list-style-type: none"> • Hutan Kota • Parkir • <i>Jogging Track</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Olahraga Air • Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota
18	P39-P42	300	<ul style="list-style-type: none"> • Hutan Kota • <i>Dumping Area</i> • <i>Jogging Track</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota
19	P42-P44	300	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Jogging Track</i> • Hutan Kota • Fas. PDAM 	<ul style="list-style-type: none"> • Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota • Fas. PDAM

20	P44-P46	215	<ul style="list-style-type: none"> • MONKASEL • Dermaga • <i>Jogging Track</i> 	• Perahu Wisata	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inspeksi • Hutan Kota
21	P46-P48	235	<ul style="list-style-type: none"> • Hutan Kota • <i>Jogging Track</i> 	• Perahu Wisata	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Setapak • Hutan Kota
22	P48-P49	120	<ul style="list-style-type: none"> • Hutan Kota • <i>Jogging Track</i> 	• Perahu Wisata	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Dumping Area</i> • Hutan Kota
23	P49-P52	330	<ul style="list-style-type: none"> • Hutan Kota • <i>Jogging Track</i> 	• Perahu Wisata	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Setapak • Hutan Kota
24	P52-P54	200	<ul style="list-style-type: none"> • Hutan Kota • <i>Jogging Track</i> • Pusat Pameran dan Seni 	• Perahu Wisata	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Setapak • Hutan Kota • Dermaga
25	P54-P57	310	<ul style="list-style-type: none"> • Hutan Kota • <i>Jogging Track</i> • Pusat Pameran dan Seni 	• Perahu Wisata	<ul style="list-style-type: none"> • Taman Bermain • Hutan Kota
26	P57-P58	130	<ul style="list-style-type: none"> • Hutan Kota • <i>Jogging Track</i> 	• Perahu Wisata	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Dumping Area</i> • Hutan Kota
27	P58-P59	120	<ul style="list-style-type: none"> • Hutan Kota • Jalan Setapak 	• Perahu Wisata	<ul style="list-style-type: none"> • Dermaga • Hutan Kota
28	P59-P60	135	<ul style="list-style-type: none"> • Hutan Kota • <i>Jogging Track</i> 	• Perahu Wisata	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Setapak • Hutan Kota
29	P60-P63	245	<ul style="list-style-type: none"> • Hutan Kota • <i>Jogging Track</i> • Taman Bermain • <i>Dumping Area</i> 	• Perahu Wisata	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Setapak • Hutan Kota

30	P63-P67	400	<ul style="list-style-type: none"> • Hutan Kota • <i>Jogging Track</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Setapak • Hutan Kota
31	P67-P68	100	<ul style="list-style-type: none"> • Hutan Kota • Parkir • Dermaga 	<ul style="list-style-type: none"> • Perahu Wisata 	<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Setapak • Hutan Kota
32	P68-P72	360	<ul style="list-style-type: none"> • Hutan Kota • Jalan Inspeksi • Dermaga 		<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Setapak • Hutan Kota • <i>Dumping Area</i>
33	P72-P74	220	<ul style="list-style-type: none"> • Hutan Kota • Jalan Inspeksi 		<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Setapak • Hutan Kota • Dermaga
34	P74-P77	310	<ul style="list-style-type: none"> • Hutan Kota • Jalan Inspeksi • Parkir • <i>Dumping Area</i> 		<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Setapak • Hutan Kota • Dermaga
35	P77-P78	100	<ul style="list-style-type: none"> • Hutan Kota • Jalan Setapak 		<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Setapak • Hutan Kota • Dermaga
36	P78-P88	990	<ul style="list-style-type: none"> • Hutan Kota • Dermaga 		<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Setapak • Hutan Kota • Dermaga
37	P88-P92	400	<ul style="list-style-type: none"> • Hutan Kota • Jalan Setapak 		<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Setapak • Hutan Kota
38	P92-P94	200	<ul style="list-style-type: none"> • Hutan Kota • Jalan Inspeksi 		<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inpeksi • Hutan Kota • <i>Dumping Area</i>
39	P94-P95	100	<ul style="list-style-type: none"> • Hutan Kota • Jalan Setapak 		<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inpeksi • Hutan Kota

40	P95-P98	340	<ul style="list-style-type: none"> • Hutan Kota • Jalan Setapak • Parkir 		<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inpeksi • Hutan Kota
41	P98-P99	88	<ul style="list-style-type: none"> • Hutan Kota • Jalan Setapak • Parkir 		<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inpeksi • Hutan Kota • Dumping Area
42	P99-P101	201	<ul style="list-style-type: none"> • Hutan Kota • Jalan Setapak • Parkir 		<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inpeksi • Hutan Kota
43	P101-P108	767	<ul style="list-style-type: none"> • Hutan Kota • Jalan Setapak • Parkir 		<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inpeksi • Hutan Kota
44	P108-P110	240	<ul style="list-style-type: none"> • Hutan Kota • Jalan Setapak • Parkir 		<ul style="list-style-type: none"> • Jalan Inpeksi • Hutan Kota • Dumping Area
45	P110-Muara	2620	Dimanfaatkan Untuk Kepentingan PT. Pelindo III setelah berkoordinat dengan Perum Jasa Tirta I selaku pengelola		

Sumber: Perum Jasa Tirta I Kota Surabaya

LAMPIRAN B
DATA TUMPAHAN MINYAK

A. Volume Limbah Minyak

Tahun	Jumlah Limbah Minyak	
	m3/Thn	Ton/thn
2005	3048.75	2439.00
2006	3028.19	2422.55
2007	2924.41	2339.53
2008	2983.80	2387.04
2009	2903.77	2323.02
2010	2636.38	2109.11
2011	2814.98	2251.98
2012	2790.75	2232.60
2013	2771.29	2217.03
2014	2756.04	2204.84
2015	2744.55	2195.64
2016	2671.72	2137.38
2017	2639.29	2111.43
2018	2606.87	2085.49
2019	2579.84	2059.55
2020	2548.09	2033.61

Sumber: PT. Pelabuhan Indonesia III

B. Berita Terkait

The screenshot shows a news article on the website nasional.tempo.co. The article title is "Bongkar-muat-minyak-cpo-pt-naga-mas-tumpah-dan-cemari-laut-dumai/full&view=ok". The main text describes an oil spill incident at PT Naga Mas in Dumai, where 100 kilograms of crude palm oil (CPO) were spilled during the unloading process onto the sea. The article mentions that the spill occurred on Saturday, March 25, 2017, at approximately 11:42 AM. The volume of the ship's cargo is noted as 4000 tons. The article also mentions that the company's employees were replaced during the unloading process.

Font: Roboto | Ukuran Font: - +

TEMPO.CO, Dumai - Minyak sawit mentah atau *crude palm oil* (CPO) milik PT Naga Mas tumpah ke permukaan air laut di Pelabuhan Demaga B PT Pelindo, Dumai. Sedikitnya 100 kilogram CPO yang tumpah mencemari air laut saat proses bongkar muat ke kapal berbendera India MT.ARK Progress.

"CPO tersebut tumpah saat pelaksanaan loading muat ke kapal," kata Kepala Kepolisian Resor Dumai Ajun Komisaris Besar Donald Happy Ginting, melalui aplikasi perpesanan WhatsApp, Sabtu, 25 Maret 2017.

Baca : [Kasus Pencemaran Laut Timor Bentuk Lain Pelecehan Australia](#)

Donald menceritakan, tumpahan minyak CPO terjadi pada Sabtu siang tadi, 25 Maret 2017 sekira pukul 11.42. Perusahaan PT.NAGA MAS melakukan loading muat minyak CPO ke kapal MT.ARK Progress sejak Jumat, 24 Maret 2017. Adapun volume muat kapal sebesar 4000 ton.

"Petugas bertanggung jawab saat pelaksanaan loading saudara M Suhadi," katanya.

Donald menjelaskan, hingga Sabtu siang pelaksanaan loading masih berlanjut dengan petugas loading telah berganti kepada karyawan bernama Dedi dan Bambang. Namun saat pelaksanaan loading muat akan berakhir sekira pukul 11.42.

Petugas perusahaan dari PT Naga Mas melakukan pembersihan pipa hubung yang di gunakan untuk

960_maritime_ppt.zip

Show all

9:47 PM 3/18/2019

Sumber: www.nasional.tempo.co

LAMPIRAN C
PERHITUNGAN TEKNIS DAN EKONOMIS

Karakteristik Sungai

Kedalaman sungai	=	3	m	min
	=	5	m	max
Panjang sungai keseluruhan	=	15000	m	
Panjang sungai yang ditinjau	=	10000	m	
Lebar sungai	=	20-35	m	
Tinggi antara permukaan dengan jembatan:				
	jembatan 1	=	4.42	m
	jembatan 2	=	4.31	m
	jembatan 3	=	4.1	m
	jembatan 4	=	3.98	m
	jembatan 5	=	4.26	m
	jembatan 6	=	3.28	m

Penentuan Kapasitas Ruang Muat

jarak lintasan	=	10000	m	
lebar minimum	=	20	m	
kedalaman minimum	=	3	m	
tinggi jembatan	=	3.98	m	
massa jenis sampah	=	650	kg/m ³	0.65 ton/m ³
massa jenis minyak	=	881	kg/m ³	0.881 ton/m ³
volume sampah yg ditinjau	=	1306.9	m ³	
volume limbah minyak yg ditinjau	=	2854.81	m ³	
estimasi volume tumpahan minyak 0.0025%	=	0.07137	m ³	
total volume muatan	=	1306.9	m ³	
jam kerja dalam sehari	=	6	jam	
volume pengangkutan per hari	=	4.188782	m ³	
volume ruang muat direncanakan	=	5	m ³	
payload	=	3	ton	
ukuran penampang ruang muat :				
	L	=	5	m
	B	=	2	m
	H	=	0.5	m
ukuran utama awal :				
	L0	=	10	m
	B0	=	4	m
	H0	=	2	m
	T0	=	1	m

Data Pasang Surut Sungai Kalimas Surabaya Februari-Maret 2018

Pasang Surut Sungai Kalimas				
Februari-Maret 2018				
HARI	JAM	MENIT	DETIK	ELEVASI (cm)
1	0	0	0	7.01
2	1	0	0	7.01
3	2	0	0	7.28
4	3	0	0	7.89
5	4	0	0	8.37
6	5	0	0	8.47
7	6	0	0	8.4
8	7	0	0	8.27
9	8	0	0	8.17
10	9	0	0	8.07
11	10	0	0	7.97
12	11	0	0	7.94
13	12	0	0	8.07
14	13	0	0	8.47
15	14	0	0	9.03
16	15	0	0	9.07
17	16	0	0	9.08
18	17	0	0	9.08
19	18	0	0	8.86
20	19	0	0	8.51
21	20	0	0	8.04
22	21	0	0	7.51
23	22	0	0	7.13
24	23	0	0	7.02
25	0	0	0	7.02
26	1	0	0	7.03
27	2	0	0	7.2
28	3	0	0	7.6
29	4	0	0	8.1
30	5	0	0	8.46
31	6	0	0	8.58
32	7	0	0	8.4
33	8	0	0	8.24
34	9	0	0	8.1
35	10	0	0	8.01
36	11	0	0	7.95
37	12	0	0	8.01
38	13	0	0	8.14
39	14	0	0	8.59
40	15	0	0	9.07
41	16	0	0	9.08
42	17	0	0	9.08
43	18	0	0	9.02
44	19	0	0	8.73
45	20	0	0	8.33
46	21	0	0	7.82
47	22	0	0	7.41
48	23	0	0	7.16
49	0	0	0	7.13
50	1	0	0	7.14
51	2	0	0	7.23
52	3	0	0	7.46
53	4	0	0	7.89
54	5	0	0	8.27
55	6	0	0	8.55
56	7	0	0	8.5
57	8	0	0	8.34
58	9	0	0	8.22
59	10	0	0	8.13
60	11	0	0	7.88
61	12	0	0	7.86
62	13	0	0	7.97
63	14	0	0	8.19
64	15	0	0	8.56
65	16	0	0	8.99
66	17	0	0	9.07
67	18	0	0	8.99
68	19	0	0	8.69
69	20	0	0	8.43
70	21	0	0	8.04
71	22	0	0	7.61
72	23	0	0	7.32
73	0	0	0	7.2
74	1	0	0	7.24
75	2	0	0	7.3
76	3	0	0	7.45
77	4	0	0	7.74
78	5	0	0	8.15
79	6	0	0	8.47
80	7	0	0	8.56
81	8	0	0	8.44
82	9	0	0	8.36
83	10	0	0	8.33
84	11	0	0	8.07
85	12	0	0	7.88
86	13	0	0	7.91
87	14	0	0	8.01
88	15	0	0	8.29
89	16	0	0	8.57
90	17	0	0	8.82
91	18	0	0	8.94
92	19	0	0	8.68
93	20	0	0	8.37
94	21	0	0	8.12
95	22	0	0	7.8
96	23	0	0	7.5
97	0	0	0	7.34

98	1	0	0	7.35
99	2	0	0	7.48
100	3	0	0	7.61
101	4	0	0	7.86
102	5	0	0	8.05
103	6	0	0	8.4
104	7	0	0	8.57
105	8	0	0	8.56
106	9	0	0	8.53
107	10	0	0	8.4
108	11	0	0	8.22
109	12	0	0	8.06
110	13	0	0	8.02
111	14	0	0	7.98
112	15	0	0	7.97
113	16	0	0	8.17
114	17	0	0	8.4
115	18	0	0	8.55
116	19	0	0	8.5
117	20	0	0	8.27
118	21	0	0	8.08
119	22	0	0	7.93
120	23	0	0	7.75
121	0	0	0	7.56
122	1	0	0	7.47
123	2	0	0	7.66
124	3	0	0	7.73
125	4	0	0	7.86
126	5	0	0	7.93
127	6	0	0	8.14
128	7	0	0	8.43
129	8	0	0	8.51
130	9	0	0	8.54
131	10	0	0	8.52
132	11	0	0	8.42
133	12	0	0	8.23
134	13	0	0	8.08
135	14	0	0	7.97
136	15	0	0	7.95
137	16	0	0	7.93
138	17	0	0	8.04
139	18	0	0	8.14
140	19	0	0	8.29
141	20	0	0	8.25
142	21	0	0	8.11
143	22	0	0	8.02
144	23	0	0	7.83
145	0	0	0	7.66
146	1	0	0	7.63
147	2	0	0	7.66
148	3	0	0	7.82
149	4	0	0	7.92
150	5	0	0	8.03
151	6	0	0	8.17
152	7	0	0	8.24
153	8	0	0	8.44
154	9	0	0	8.59
155	10	0	0	8.59
156	11	0	0	8.59
157	12	0	0	8.45
158	13	0	0	8.27
159	14	0	0	8.11
160	15	0	0	7.98
161	16	0	0	7.92
162	17	0	0	7.93
163	18	0	0	8
164	19	0	0	8
165	20	0	0	8.03
166	21	0	0	7.95
167	22	0	0	7.89
168	23	0	0	7.88
169	0	0	0	7.91
170	1	0	0	7.85
171	2	0	0	7.84
172	3	0	0	8
173	4	0	0	8.01
174	5	0	0	8.07
175	6	0	0	8.09
176	7	0	0	8.14
177	8	0	0	8.24
178	9	0	0	8.44
179	10	0	0	8.61
180	11	0	0	8.62
181	12	0	0	8.59
182	13	0	0	8.49
183	14	0	0	8.32
184	15	0	0	8.04
185	16	0	0	7.88
186	17	0	0	7.79
187	18	0	0	7.79
188	19	0	0	7.72
189	20	0	0	7.72
190	21	0	0	7.79
191	22	0	0	7.81
192	23	0	0	7.82
193	0	0	0	7.83
194	1	0	0	7.85
195	2	0	0	7.89
196	3	0	0	7.99
197	4	0	0	8.11

198	5	0	0	8.13
199	6	0	0	8.13
200	7	0	0	8.22
201	8	0	0	8.32
202	9	0	0	8.36
203	10	0	0	8.51
204	11	0	0	8.62
205	12	0	0	8.68
206	13	0	0	8.6
207	14	0	0	8.45
208	15	0	0	8.25
209	16	0	0	8.06
210	17	0	0	7.91
211	18	0	0	7.69
212	19	0	0	7.53
213	20	0	0	7.47
214	21	0	0	7.47
215	22	0	0	7.54
216	23	0	0	7.66
217	0	0	0	7.77
218	1	0	0	7.92
219	2	0	0	8.01
220	3	0	0	8.02
221	4	0	0	8.05
222	5	0	0	8.1
223	6	0	0	8.16
224	7	0	0	8.18
225	8	0	0	8.2
226	9	0	0	8.34
227	10	0	0	8.5
228	11	0	0	8.69
229	12	0	0	8.73
230	13	0	0	8.75
231	14	0	0	8.68
232	15	0	0	8.41
233	16	0	0	8.15
234	17	0	0	7.97
235	18	0	0	7.73
236	19	0	0	7.54
237	20	0	0	7.38
238	21	0	0	7.3
239	22	0	0	7.33
240	23	0	0	7.45
241	0	0	0	7.59
242	1	0	0	7.85
243	2	0	0	8.1
244	3	0	0	8.15
245	4	0	0	8.17
246	5	0	0	8.18
247	6	0	0	8.18
248	7	0	0	8.17
249	8	0	0	8.14
250	9	0	0	8.13
251	10	0	0	8.23
252	11	0	0	8.53
253	12	0	0	8.73
254	13	0	0	8.78
255	14	0	0	8.73
256	15	0	0	8.55
257	16	0	0	8.32
258	17	0	0	8
259	18	0	0	7.74
260	19	0	0	7.46
261	20	0	0	7.27
262	21	0	0	7.22
263	22	0	0	7.17
264	23	0	0	7.24
265	0	0	0	7.47
266	1	0	0	7.76
267	2	0	0	8.02
268	3	0	0	8.19
269	4	0	0	8.18
270	5	0	0	8.14
271	6	0	0	8.17
272	7	0	0	8.23
273	8	0	0	8.2
274	9	0	0	8.13
275	10	0	0	8.16
276	11	0	0	8.29
277	12	0	0	8.5
278	13	0	0	8.67
279	14	0	0	8.83
280	15	0	0	8.82
281	16	0	0	8.52
282	17	0	0	8.12
283	18	0	0	7.74
284	19	0	0	7.45
285	20	0	0	7.26
286	21	0	0	7.13
287	22	0	0	7.13
288	23	0	0	7.1
289	0	0	0	7.28
290	1	0	0	7.58
291	2	0	0	7.86
292	3	0	0	8.06
293	4	0	0	8.18
294	5	0	0	8.24
295	6	0	0	8.25
296	7	0	0	8.2
297	8	0	0	8.04

298	9	0	0	8.05
299	10	0	0	8.13
300	11	0	0	8.17
301	12	0	0	8.26
302	13	0	0	8.52
303	14	0	0	8.84
304	15	0	0	8.91
305	16	0	0	8.71
306	17	0	0	8.37
307	18	0	0	8.01
308	19	0	0	7.54
309	20	0	0	7.18
310	21	0	0	7.05
311	22	0	0	7.02
312	23	0	0	7.04
313	0	0	0	7.12
314	1	0	0	7.44
315	2	0	0	7.83
316	3	0	0	8.08
317	4	0	0	8.12
318	5	0	0	8.15
319	6	0	0	8.14
320	7	0	0	8.12
321	8	0	0	8.04
322	9	0	0	8.02
323	10	0	0	8.08
324	11	0	0	8.14
325	12	0	0	8.26
326	13	0	0	8.42
327	14	0	0	8.66
328	15	0	0	8.84
329	16	0	0	8.86
330	17	0	0	8.59
331	18	0	0	8.2
332	19	0	0	7.79
333	20	0	0	7.4
334	21	0	0	7.11
335	22	0	0	7.06
336	23	0	0	7.06
337	0	0	0	7.06
338	1	0	0	7.24
339	2	0	0	7.7
340	3	0	0	8.02
341	4	0	0	8.19
342	5	0	0	8.24
343	6	0	0	8.27
344	7	0	0	8.17
345	8	0	0	7.99
346	9	0	0	7.89
347	10	0	0	7.93
348	11	0	0	7.97
349	12	0	0	8.01
350	13	0	0	8.28
351	14	0	0	8.62
352	15	0	0	8.82
353	16	0	0	8.77
354	17	0	0	8.67
355	18	0	0	8.45
356	19	0	0	8.1
357	20	0	0	7.57
358	21	0	0	7.17
359	22	0	0	7.04
360	23	0	0	7.04
361	0	0	0	7.04
362	1	0	0	7.12
363	2	0	0	7.5
364	3	0	0	8
365	4	0	0	8.23
366	5	0	0	8.25
367	6	0	0	8.2
368	7	0	0	8.07
369	8	0	0	8.05
370	9	0	0	7.94
371	10	0	0	7.84
372	11	0	0	7.81
373	12	0	0	7.93
374	13	0	0	8.14
375	14	0	0	8.5
376	15	0	0	8.93
377	16	0	0	9.09
378	17	0	0	8.9
379	18	0	0	8.63
380	19	0	0	8.22
381	20	0	0	7.82
382	21	0	0	7.37
383	22	0	0	7.09
384	23	0	0	7.06
385	0	0	0	7.06
386	1	0	0	7.21
387	2	0	0	7.47
388	3	0	0	7.78
389	4	0	0	8.17
390	5	0	0	8.37
391	6	0	0	8.33
392	7	0	0	8.22
393	8	0	0	8.15
394	9	0	0	8.02
395	10	0	0	7.85
396	11	0	0	7.88
397	12	0	0	7.97

398	13	0	0	8.07
399	14	0	0	8.37
400	15	0	0	8.8
401	16	0	0	8.95
402	17	0	0	8.92
403	18	0	0	8.71
404	19	0	0	8.42
405	20	0	0	8.07
406	21	0	0	7.59
407	22	0	0	7.21
408	23	0	0	7.06
409	0	0	0	7.06
410	1	0	0	7.1
411	2	0	0	7.34
412	3	0	0	7.81
413	4	0	0	8.17
414	5	0	0	8.35
415	6	0	0	8.38
416	7	0	0	8.29
417	8	0	0	8.17
418	9	0	0	8.03
419	10	0	0	7.96
420	11	0	0	7.89
421	12	0	0	7.96
422	13	0	0	8.01
423	14	0	0	8.15
424	15	0	0	8.5
425	16	0	0	8.75
426	17	0	0	8.83
427	18	0	0	8.68
428	19	0	0	8.47
429	20	0	0	8.23
430	21	0	0	7.86
431	22	0	0	7.43
432	23	0	0	7.17
433	0	0	0	7.13
434	1	0	0	7.15
435	2	0	0	7.34
436	3	0	0	7.67
437	4	0	0	8.1
438	5	0	0	8.46
439	6	0	0	8.55
440	7	0	0	8.43
441	8	0	0	8.36
442	9	0	0	8.24
443	10	0	0	7.98
444	11	0	0	7.82
445	12	0	0	7.82
446	13	0	0	7.94
447	14	0	0	8
448	15	0	0	8.25
449	16	0	0	8.55
450	17	0	0	8.68
451	18	0	0	8.63
452	19	0	0	8.5
453	20	0	0	8.37
454	21	0	0	8.04
455	22	0	0	7.64
456	23	0	0	7.41
457	0	0	0	7.27
458	1	0	0	7.26
459	2	0	0	7.34
460	3	0	0	7.6
461	4	0	0	8.06
462	5	0	0	8.4
463	6	0	0	8.51
464	7	0	0	8.52
465	8	0	0	8.44
466	9	0	0	8.35
467	10	0	0	8.2
468	11	0	0	8.01
469	12	0	0	7.91
470	13	0	0	7.9
471	14	0	0	7.98
472	15	0	0	8.04
473	16	0	0	8.29
474	17	0	0	8.5
475	18	0	0	8.52
476	19	0	0	8.38
477	20	0	0	8.23
478	21	0	0	8.16
479	22	0	0	7.93
480	23	0	0	7.59
481	0	0	0	7.44
482	1	0	0	7.4
483	2	0	0	7.54
484	3	0	0	7.69
485	4	0	0	7.97
486	5	0	0	8.27
487	6	0	0	8.55
488	7	0	0	8.59
489	8	0	0	8.52
490	9	0	0	8.44
491	10	0	0	8.31
492	11	0	0	8.14
493	12	0	0	8.01
494	13	0	0	7.95
495	14	0	0	7.92
496	15	0	0	7.98
497	16	0	0	8.04

498	17	0	0	8.12
499	18	0	0	8.17
500	19	0	0	8.22
501	20	0	0	8.2
502	21	0	0	8.13
503	22	0	0	8.02
504	23	0	0	7.87
505	0	0	0	7.68
506	1	0	0	7.59
507	2	0	0	7.61
508	3	0	0	7.76
509	4	0	0	8.01
510	5	0	0	8.27
511	6	0	0	8.53
512	7	0	0	8.65
513	8	0	0	8.61
514	9	0	0	8.56
515	10	0	0	8.46
516	11	0	0	8.32
517	12	0	0	8.18
518	13	0	0	8.06
519	14	0	0	8.03
520	15	0	0	7.96
521	16	0	0	7.91
522	17	0	0	7.86
523	18	0	0	7.84
524	19	0	0	7.88
525	20	0	0	7.91
526	21	0	0	8
527	22	0	0	8.06
528	23	0	0	7.97
529	0	0	0	7.85
530	1	0	0	7.84
531	2	0	0	7.84
532	3	0	0	7.9
533	4	0	0	8
534	5	0	0	8.12
535	6	0	0	8.38
536	7	0	0	8.53
537	8	0	0	8.64
538	9	0	0	8.62
539	10	0	0	8.6
540	11	0	0	8.48
541	12	0	0	8.29
542	13	0	0	8.18
543	14	0	0	8.09
544	15	0	0	8
545	16	0	0	8
546	17	0	0	8
547	18	0	0	8
548	19	0	0	8
549	20	0	0	8
550	21	0	0	8
551	22	0	0	8
552	23	0	0	8.04
553	0	0	0	8.08
554	1	0	0	8
555	2	0	0	8
556	3	0	0	8
557	4	0	0	8
558	5	0	0	8.03
559	6	0	0	8.16
560	7	0	0	8.32
561	8	0	0	8.53
562	9	0	0	8.67
563	10	0	0	8.7
564	11	0	0	8.55
565	12	0	0	8.42
566	13	0	0	8.32
567	14	0	0	8.18
568	15	0	0	8.02
569	16	0	0	7.83
570	17	0	0	7.83
571	18	0	0	7.83
572	19	0	0	7.83
573	20	0	0	7.83
574	21	0	0	7.83
575	22	0	0	7.83
576	23	0	0	7.83
577	0	0	0	8.01
578	1	0	0	8.13
579	2	0	0	8.11
580	3	0	0	8.03
581	4	0	0	8.02
582	5	0	0	8.06
583	6	0	0	8.1
584	7	0	0	8.16
585	8	0	0	8.31
586	9	0	0	8.55
587	10	0	0	8.75
588	11	0	0	8.8
589	12	0	0	8.77
590	13	0	0	8.61
591	14	0	0	8.46
592	15	0	0	8.29
593	16	0	0	8.07
594	17	0	0	7.83
595	18	0	0	7.83
596	19	0	0	7.83
597	20	0	0	7.83

598	21	0	0	7.83
599	22	0	0	7.83
600	23	0	0	7.83
601	0	0	0	7.83
602	1	0	0	8.2
603	2	0	0	8.35
604	3	0	0	8.29
605	4	0	0	8.22
606	5	0	0	8.19
607	6	0	0	8.15
608	7	0	0	8.09
609	8	0	0	8.16
610	9	0	0	8.28
611	10	0	0	8.55
612	11	0	0	8.77
613	12	0	0	8.88
614	13	0	0	8.85
615	14	0	0	8.69
616	15	0	0	8.53
617	16	0	0	8.2
618	17	0	0	8.01
619	18	0	0	8.01
620	19	0	0	8.01
621	20	0	0	8.01
622	21	0	0	8.01
623	22	0	0	8.01
624	23	0	0	8.01
625	0	0	0	8.01
626	1	0	0	8.01
627	2	0	0	8.25
628	3	0	0	8.4
629	4	0	0	8.37
630	5	0	0	8.31
631	6	0	0	8.21
632	7	0	0	8.16
633	8	0	0	8.15
634	9	0	0	8.16
635	10	0	0	8.29
636	11	0	0	8.58
637	12	0	0	8.91
638	13	0	0	9.08
639	14	0	0	9.03
640	15	0	0	8.85
641	16	0	0	8.54
642	17	0	0	8.17
643	18	0	0	7.84
644	19	0	0	7.84
645	20	0	0	7.84
646	21	0	0	7.84
647	22	0	0	7.84
648	23	0	0	7.84
649	0	0	0	7.84
650	1	0	0	7.84
651	2	0	0	8.07
652	3	0	0	8.41
653	4	0	0	8.51
654	5	0	0	8.44
655	6	0	0	8.34
656	7	0	0	8.17
657	8	0	0	8.02
658	9	0	0	7.94
659	10	0	0	7.99
660	11	0	0	8.16
661	12	0	0	8.61
662	13	0	0	9.05
663	14	0	0	9.13
664	15	0	0	9.13
665	16	0	0	8.9
666	17	0	0	8.52
667	18	0	0	8.06
668	19	0	0	7.84
669	20	0	0	7.84
670	21	0	0	7.84
671	22	0	0	7.84
672	23	0	0	7.84
673	0	0	0	7.84
674	1	0	0	7.84
675	2	0	0	7.92
676	3	0	0	8.27
677	4	0	0	8.42
678	5	0	0	8.48
679	6	0	0	8.36
680	7	0	0	8.14
681	8	0	0	8.05
682	9	0	0	7.96
683	10	0	0	7.89
684	11	0	0	7.91
685	12	0	0	8.11
686	13	0	0	8.52
687	14	0	0	9
688	15	0	0	9.13
689	16	0	0	9
690	17	0	0	8.71
691	18	0	0	8.45
692	19	0	0	8.05
693	20	0	0	7.56
694	21	0	0	7.16
695	22	0	0	7.16
696	23	0	0	7.16
697	0	0	0	7.16

Output Ukuran Utama dan Perhitungan Koefisien

Ukuran Utama

Loa	=	9.6 m			
Lpp	=	9.2 m			
B	=	6 m			
B ₁	=	1.30 m			
H	=	1.70 m			
T	=	0.70 m			
S	=	4.700 m			
Vmax	=	5.0 knot	=	2.6 m/s	
V _s	=	4.0 knot	=	2.1 m/s	
g	=	9.81 m/s ²			
payload	=	3 ton			

Batasan Perbandingan Ukuran Utama

L/B ₁	=	7.08	; Insel & Molland (1992)	→	5.9 < L/B ₁ < 11.1
L/H	=	5.41	; Insel & Molland (1992)	→	5.9 < L/H < 11.1
B/H	=	3.529	; Insel & Molland (1992)	→	0.7 < B/H < 4.1
S/L	=	0.511	; Insel & Molland (1992)	→	0.19 < S/L < 0.51
S/B ₁	=	3.615	; Insel & Molland (1992)	→	0.9 < S/B < 4.1
B ₁ /T	=	1.857	; Insel & Molland (1992)	→	0.9 < B/T < 3.1
B ₁ /B	=	0.217	; Multi Hull Ships, hal. 61	→	0.15 < B ₁ /B < 0.3

Perhitungan Koefisien dan Ukuran Utama Lainnya

1. Displasement

Dari artikel yang ditulis oleh Terho Harme,

Diperoleh total Displacement kapal katamaran:

$$\Delta = 19.10 \text{ ton (maxsurf)}$$

2. Volume Displasemen

$$\nabla_t = \text{L.B.T.H}$$

$$= 18.634 \text{ m}^3$$

volume displacement untuk 1 hull adalah

$$\nabla = 9.317 \text{ m}^3$$

3. Koefisien Blok

Ref: (Practical Evaluation Of Resistance Of High-Speed Catamaran Hull Forms-Part 1)

$$C_B = \frac{\nabla}{(L \cdot B \cdot T)}$$

$$= 0.660 \text{ (maxsurf)}$$

4. Perhitungan Froude Number

Ref: (PNA vol.2 hal 54)

$$Fr = \frac{V_s}{\sqrt{g \cdot L_{wl}}}$$

$$= 0.421$$

5. Koefisien Luas Midship

Ref: www.catamaransite.com/catamaran_hull_design_formulas.htm

$$C_M = \frac{A_M}{(T \cdot B_M)}$$

$$C_M = 0.706 \text{ (maxsurf)}$$

6. Koefisien Prismatic

Ref: www.catamaransite.com/catamaran_hull_design_formulas.html

$$C_p = \frac{\nabla}{(A_s \cdot L_{wl})}$$

(luas station terluas setinggi sarat)

$$= 0.942 \text{ (maxsurf)}$$

7. Koefisien Bidang Garis Air

Ref: www.catamaransite.com/catamaran_hull_design_formulas.html

$$C_{WP} = \frac{A_{WP}}{(B_{WL} \cdot L_{WL})}$$

$$C_{WP} = 0.588 \text{ (maxsurf)}$$

8. Panjang Garis Air

$$L_{pp} = L_{wl} = 9.200 \text{ m}$$

Perhitungan Hambatan

Ukuran Utama

L_{wl}	=	9.200 m
L_{pp}	=	9.200 m
B	=	6 m
B_l	=	1.300 m
H	=	1.700 m
T	=	0.700 m
S	=	4.700 m
C_B	=	0.660
C_M	=	0.706
C_P	=	0.942
C_{WP}	=	0.588
Fr	=	0.421
V_{max}	=	2.6 m/s
V_s	=	2.058 m/s

Dari Paper M. Insel, Ph.D dan A.F. Molland, M.Sc. Ph.D.,C.Eng. Didapat rumus tahanan total untuk katamaran adalah sbb :

$$R_t = 0.5 \times \rho \times WSA \times V^2 \times 2 C_{tot} \quad N$$

Dimana

ρ	=	massa jenis fluida	=	1000	kg/m ³
WSA	=	luas permukaan basah			
V	=	kecepatan kapal	=	2.572	m/s
C_{tot}	=	koefisien hambatan total			

$$C_{tot} = (1+\beta k) \cdot C_f + \tau \cdot C_w$$

Dimana

$(1+\beta k)$	=	Catamaran Viscous Resistance Interference
C_f	=	Viscous Resistance
τ	=	Catamaran Wave Resistance Interference
C_w	=	Wave Resistance

Perhitungan

1. Viscous Resistance (ITTC 1957)

⊙ C_F

$$R_n = \frac{L_{wl} \cdot V_s}{\nu} = (LWL \cdot VS) / (1.18831 \cdot [10]^{(-6)})$$

$$= 15930119.24$$

ν = Viskositas Kinematis

$$C_F = 0.075 / ((\text{Log } R_n - 2))^2$$

$$= 0.002771$$

● $1+\beta k_1$ (*Catamaran Viscous Resistance Interference*)

Untuk model kapal dengan bentuk *Round Bilge hull* sebagai *side hull*, maka harga $(1+\beta k)$ dapat ditentukan dari interpolasi harga β dan $(1+k)$ dari model yang diperoleh oleh Insel - Molland sebagai berikut :

S/B1 = 3.6

L/B1 = 7.1

(variation of viscous interference factor with S/B1 from insel - molland)

		S/B1					L/B1
		1	2	3	4	5	
β		1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	7
		1.6	1.57	1.54	1.52	1.5	9
		2.35	2.32	2.29	2.27	2.25	11

		S/B1			
		2	3	3.6	
β		1.32	1.32	1.32	untuk harga L/B1 = 7
		1.57	1.54	1.52154	untuk harga L/B1 = 9

		L/B1		
		7	9	7.1
β		1.32	1.52154	1.32775

Sehingga nilai β yang diambil adalah = 1.328

Sedangkan untuk harga faktor bentuk monohull dengan $(1+k)$ didapat dari interpolasi sebagai berikut :

(table II derived from factors for the models in monohull configuration)

Model	C3	C4	
L/B1	7	9	7.1
$(1+k)$	1.45	1.3	1.44423

Sehingga nilai $(1+k)$ yang diambil adalah = 1.444

maka: $(1+\beta k) = (\beta \times (1+k)) - \beta + 1$
 $(1+\beta k) = 1.590$

2. *Catamaran Wave Resistance Interference* (τ)

Untuk model kapal dengan bentuk *Round Bilge hull* sebagai *side hull*, maka harga (τ) dapat ditentukan dari interpolasi model yang diperoleh oleh Insel - Molland sebagai berikut :

S/L = 0.51

L/B1 = 7.1

Fr = 0.421

(wave resistance interference factor)

		(S/L) ₁ = 0.2		(S/L) ₂ = 0.3		
		Fr		Fr		L/B1
		0.4	0.5	0.4	0.5	
τ		0.85	1.18	1.25	1.4	7
		0.68	1	0.85	1	9

		(S/L) ₁ = 0.2			(S/L) ₂ = 0.3		
		Fn			Fn		
		0.4	0.5	0.421	0.4	0.5	0.421
τ		0.85	1.18	0.919	1.25	1.4	1.282
		0.68	1	0.747	0.85	1	0.882

Fn	0.421	0.421	0.421	
S/L	0.2	0.3	0.511	
τ	0.919	1.282	2.045	untuk harga L/B1 = 7
	0.747	0.882	1.165	untuk harga L/B1 = 9

Fn	0.421	0.421	0.421
S/L	0.511	0.511	0.511
L/B1	7	9	7.077
τ	2.045	1.165	2.011

Sehingga nilai τ yang diambil adalah = 2.011

3. Wave Resistance (C_w)

Untuk model kapal dengan bentuk *Round Bilge hull* sebagai *side hull*, maka harga (C_w) dapat ditentukan dari interpolasi model yang diperoleh oleh Insel - Molland sebagai berikut :

$$L/B1 = 7.077$$

$$Fn = 0.421$$

wave resistance factor,

		Fn		
		0.4	0.5	L/B1
C _w		0.0012	0.0023	7
		0.0008	0.0020	9

		Fn			
		0.4	0.5	0.421	
C _w		0.0012	0.0023	0.0014	untuk harga L/B1 = 7
		0.0008	0.0020	0.0010	untuk harga L/B1 = 9

Fn	0.421	0.421	0.421
L/B1	7	9	7.0769
C _w	0.0014	0.0010	0.0014

Sehingga nilai C_w yang diambil adalah = 0.0014

$$C_{tot} = (1+\beta k) \cdot C_f + \tau \cdot C_w$$

$$C_{tot} = 0.0073$$

$$\text{WSA} = (\tilde{N} / B_1) ((1.7 / (C_b - 0.2(C_b - 0.65))) + (B_1 / T)) \quad \text{m}^2$$

(Ref: Practical Evaluation of Resistance of High-Speed Catamaran H

Wetted Surface Area:

$$S = 1.7LT + \frac{V}{T} \text{m}^2 \text{ as per Mumford}$$

$$S = \frac{V}{B} \left[\frac{1.7}{C_B - 0.2(C_B - 0.65)} + \frac{B}{T} \right] \text{m}^2$$

$$\text{WSA} = 31.756172 \text{ m}^2 \quad \text{untuk satu lambung}$$

Karena katamaran memiliki 2 lambung, maka WSA-nya adalah

$$\text{WSA}_{\text{total}} = 63.5123 \text{ m}^2$$

$$R_t = 0.5 \times \rho \times \text{WSA} \times V^2 \times C_{\text{tot}}$$

$$R_t = 1523.537 \quad \text{N}$$

$$R_t = 1.52354 \quad \text{KN}$$

Perhitungan Propulsi dan Daya Mesin

Input Data

L_{WL}	=	9.200	m
T	=	0.700	m
B	=	4	m
C_B	=	0.870	
V_{max}	=	2.6	m/s
V_s	=	2.058	m/s
R_t	=	1.524	kN

Perhitungan Awal

Effective Horse Power (EHP)

EHP	=	$R_t \cdot V_{dinas}$		<i>(ref : PNA vol.II, hal.153)</i>
	=	3.135	kW	1 HP = 0.736 kW
	=	4.26	HP	
η_D	=	ITTC		<i>(ref : Ship design and performance for master and mates)</i>
	=	0.769		

Brake Horse Power Calculation (BHP)

1 HP = 0.7355 kW

BHP	=	$(EHP + 18\% EHP) / \eta_D$	
BHP	=	6.54	Hp
	=	4.81	kW

Kebutuhan Mesin Utama

<i>Engine</i>	=	3.27	Hp
<i>Power</i>	=	2.41	Kw

No	Komponen	Variabel	Nilai	Formula
1	Effective H	EHP	3.135	$R_T \cdot V$
2	Quasi-Prop	η_D	0.769	ITTC
3	Break Hor	BHP	2.406	$DHP + (X\%DHP)$

Kebutuhan Mesin Utama

<i>Engine Power</i>	=	3.27	kW	
	=	2.41	HP	

Sehingga digunakan mesin dengan daya yang mendekati yaitu sebagai berikut:

Model Mesin	=	Mesin <i>DC Lenze MGFRK 132-22</i>	
Daya	=	2.70	kW
	=	3.7	HP
			1 HP = 0.7355 kW
Berat	=	84	kg
	=	0.084	ton
			1 lbs = 0.453 kg

Pemilihan baterai untuk penggerak mesin

karakteristik mesin	Merk	<i>Lenze</i>	
	Tipe	<i>MGFRK 112-22</i>	
	Daya	3.7	HP
	Power	2.7	kW
	Berat	84	Kg
	Arus Max	38	Ampere

sehingga dipilih untuk 1 baterai

	<i>Value</i>	<i>Unit</i>
<i>Capacity</i>	4.4	kW
<i>Voltage</i>	36	Volt
<i>Current</i>	70	Ah
<i>Weight</i>	100	kg

Karena motor listrik yang digunakan ada 2 unit, maka baterainya juga dua. Sebab, satu baterai tipe *Elco E-Power Electric Performance* didesain untuk satu motor listrik.

Elco E-Power Electric Performa

	<i>Value</i>	<i>Unit</i>
<i>Capacity</i>	8.8	Wh
<i>Voltage</i>	72	Volt
<i>Current</i>	140	Ah
<i>Weight</i>	200	kg

Perhitungan Kebutuhan Daya Genset untuk Peralatan

1. Perhitungan Daya untuk Conveyor

Conveyor yang digunakan merupakan **Conveyor Modules** dengan jenis **Interroll Belt Conveyor**

a. Untuk *Loading Conveyor* menggunakan tipe **BM 8444**

Berdasarkan katalog diperlukan daya sebesar 3 kW untuk menggerakkan motor

b. Untuk *Storage Conveyor* dan *Offloading Conveyor* menggunakan tipe **BM 8420**

Berdasarkan katalog diperlukan daya sebesar 1.1 kW untuk menggerakkan motor

Pemilihan Generator Set conveyor belt

Daya Loading Conveyor	3	kW
Daya Storage Conveyor	1.1	kW
Daya Offloading Conveyor	1.1	kW

Total Berat Permesinan			
1. Untuk 2 Mesin Induk	=	168	kg
2. Untuk 2 baterai	=	200	kg
3. Untuk 2 buah Genset	=	200	kg
Total	=	568	kg
	=	0.568	ton
Kebutuhan Fuel Oil			
1. Main Engine			
lama pelayaran	=	6	jam
total konsumsi bahan bakar	=	0.0051	Ton/6jam satu mesin
	=	0.0593	Ton/6jam dua mesin
2. untuk Generator	=	0.0491	Ton/6jam dua genset
Jadi Total FO	=	0.108	Ton/6jam

Pemilihan Mesin Induk

Penentuan Motor Listrik

$$\text{BHP} = 4.81 \text{ kW} = 6.54 \text{ HP}$$

Terdapat dua jenis motor listrik, yakni *inboard* dan *outboard*. Hal-hal yang harus diperhatikan untuk memilih salah satu dari dua jenis motor listrik tersebut ialah :

1. Pengaruh berat motor listrik terhadap sarat kapal, dari hasil riset sebelumnya motor listrik *inboard* lebih berat.
2. Dimensi dari motor listrik apakah sesuai dengan kapasitas ruangan yang tersedia. Motor listrik *outboard* tidak perlu ruangan khusus.
3. Harga dari motor listrik. Motor listrik *inboard* lebih murah
4. Instalasi motor listrik. Instalasi motor listrik *inboard* lebih rumit
5. Rencana jangka panjang dalam hal perawatan dari motor listrik. Perawatan motor listrik *inboard* lebih rumit dan memerlukan pengedokan.

Untuk motor listrik jenis *inboard* dengan kapasitas 3.5 kW saja, membutuhkan ruangan minimal 1x1 m². Sedangkan untuk motor listrik dengan daya sekitar 2.11 kW setidaknya membutuhkan kapasitas ruangan lebih kecil. Di samping itu, masih harus disediakan ruang kosong lebih untuk instalasi komponen lain motor listrik *inboard* yang belum jadi satu dengan motor utama. Di sisi lain, pada umumnya kapal-kapal kecil yang sudah ada menggunakan motor *outboard*.

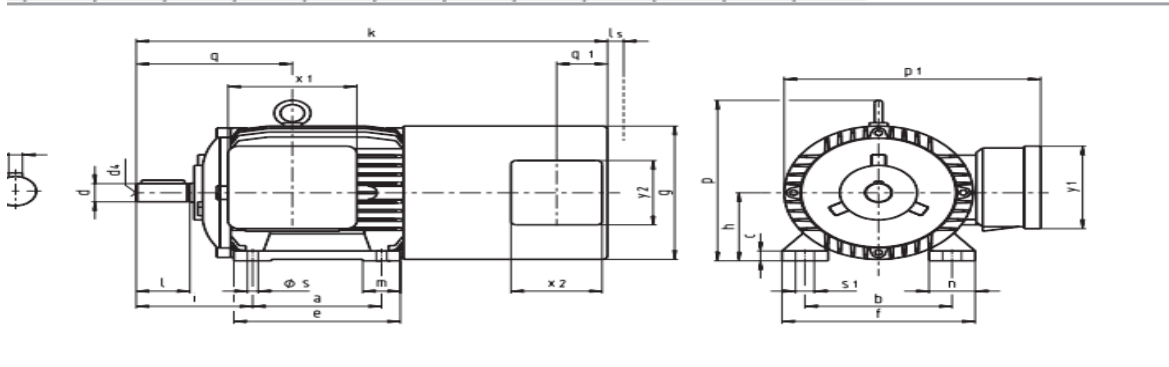
List Motor Listrik Inboard

No	Vendor	Tipe	Daya (HP)	Voltage (V)	Berat (kg)	Input Power (W)
1	Torqueedo	Cruise 2.0 R	5	24	16	2000
2	Torqueedo	Twin Cruise 2.0 R	10	24	31	4000
3	Torqueedo	Cruise 4.0 R	8	48	15	4000
4	Elco	Elco EP-6	3	12	77	4400
5	Lenze	MGFRK 100-22	4.2	46	28	4500
6	Lenze	MGFRK 132-22	3.7	18	40	4500
7	Aqua Watt	Green Racing AB 22 R & T	7.0	80	63	-
8	Golden Motor	HPM5000B	10.9	24	11	-

Sehingga motor listrik yang dipilih ialah Lenze MGFRK 132-22 dengan mempertimbangkan daya yang dihasilkan.

ventilation) eration s	$F_y = 1.05$ IP 54 IC 0541 S1 F
	$m = 84 \text{ kg}$ $J = 0.0411 \text{ kgm}^2$
	$U_y = 210 \text{ V } I_y = 1.1 \text{ A}$ $U_y = 360 \text{ V } I_y = 0.6 \text{ A}$
	6308-2RSR-C3 6208-2RSR-C3
	a) 10 x 16 x 20 b) 10 x 12.5 x 20
ft load ring	$F_r = 2200 \text{ N}$ $F_{r*} = 1100 \text{ N}$ $F_{rr} = 4500 \text{ N}$
	220-240 V, 50-60 Hz, 0.55 A 380-460 V, 50-60 Hz, 0.22 A
	IC 0641/0741
me	220 m ³ /h 63 Pa

Speed n at voltage			n_y	n_{Mach}	M	I_{AN}	I_{Amax}	L_A	$R_{\Omega 125^*}$	Carbon brushes	
min ⁻¹			min ⁻¹		Nm	A	A	mH	Ω	Quantity	Variant
420 V	460 V										
-	-	-	1600	4000	29.2	7.7	24	70.0	7.28	4	a
880	-	-	2650	4000	29.0	7.7	24	70.0	7.28	4	a
-	1000	-	3000	4000	29.0	7.7	24	70.0	7.28	4	a
-	-	-	2800	4000	31.5	13.5	40	27.3	2.82	4	a
1450	-	-	4000	4000	31.3	13.5	40	27.3	2.82	4	a
-	1600	-	4000	4000	31.2	13.5	40	27.3	2.82	4	a
-	-	-	3600	4000	32.3	17.1	52	17.5	1.79	4	a
1900	-	-	4000	4000	32.0	17.1	52	17.5	1.79	4	a
-	2050	-	4000	4000	31.9	17.1	52	17.5	1.79	4	a
-	-	-	4000	4000	32.5	20.7	62	13.9	1.23	4	a
2300	-	-	4000	4000	32.4	20.7	62	13.9	1.23	4	a
-	2500	-	4000	4000	31.9	20.7	62	13.9	1.23	4	a
-	-	-	4000	4000	32.0	25.5	78	7.6	0.789	4	a
2900	-	-	4000	4000	31.6	25.5	78	7.6	0.789	4	a
-	3200	-	4000	4000	31.6	25.5	78	7.6	0.789	4	a



ox position (standard)
ox position possible (from MGFRK 132)
/ 748T3
sheet 1
IN (a, b, c...), IEC (B, A, HA...)
ance

a	b	c	e	f	h	i	m	n	p	p1	q	x1	y1	s	s1
B	A	HA	BB	AB	H	-	BA	AA	-	-	-	-	-	K	-
125	140	13	155	180	90	106	35	43	-	241	146	120	110	10	18
140	160	14	175	200	100	123	37.5	48	-	256	162	120	110	11	21
140	190	14	175	235	112	130	37.5	56	267	282	160	120	110	11	21
178	216	16	218	260	132	169	40	55	306	332	258	170	170	12	22
254	254	22	304	318	160	218	58	70	360	385	345	170	170	14	23

Merk	Lenze	
Tipe	MGFRK 132-22	
Daya	3.7	HP
Power	2.7	kW
Berat	84	Kg
Arus Max	38	Ampere

Pemilihan Baterai

Baterai berfungsi sebagai penyimpan energi listrik. Untuk motor listrik Lenze MGFRK 132-22, baterai yang sesuai dengan karakteristik motor listrik tersebut telah disediakan yakni baterai tipe Elco E-Power Electric Performance



E-POWER ELECTRIC PERFORMANCE

Cruising speed*	4 - 5.5 knots
Cruising time*	9 - 4 hours
Cruising range*	39 - 21 nm
Recharging time standard charger*	3 - 4 hours
Recharging time quick charger*	2 - 3 hours
Number of 12 volt 8-D batteries (245 Ah)	3 batteries
Battery bank voltage in total	36 vdc
Amps (maximum)	70 amps
Kilowatts (peak output kW raiting)	4.4 kW
Kilowatts (continuous output kW raiting)	2.5 kW
Charger	Elcon PFC 1500
Quick charger (optional)	Elcon PFC 2000

Sumber : http://www.ELCO/GB/elektro_aussenbordmotoren_14_GB.html

Spesifikasi Elco E-Power Electric Performance

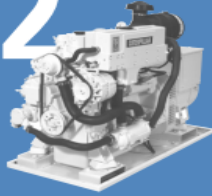
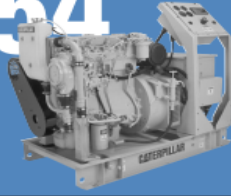
	Value	Unit
Capacity	4.4	kW
Voltage	36	Volt
Current	70	A
Weight	100	kg

Karena motor listrik yang digunakan ada 2 unit, maka baterainya juga dua. Sebab, satu baterai tipe Elco E-Power Electric Performance didesain untuk satu motor listrik.

2 x Elco E-Power Electric Performance

	Value	Unit
Capacity	8.8	kW
Voltage	72	Volt
Current	140	A
Weight	200	kg

Penentuan Generator

C2.2

3054


Mechanical Control System
Mechanical Control System

RATINGS AND FUEL CONSUMPTION
Gen Set

	ekW @.8pf	kV•A	asp.	rpm	U.S. gph	L/h
60 Hertz	21.0	26.0	NA	1800	1.63	6.2
50 Hertz	17.5	22.0	NA	1500	1.37	5.2

	ekW @1.0pf	kV•A	asp.	rpm	U.S. gph	L/h
60 Hertz	21.5	21.5	NA	1800	1.63	6.2
50 Hertz	18.0	18.0	NA	1500	1.37	5.2

Fuel use reflects SAE standards. Fuel use reflecting ISO standards is typically 2-3% less. Consult your Caterpillar representative for details.

RATINGS AND FUEL CONSUMPTION
Gen Set


	ekW @.8pf	kV•A	asp.	rpm	U.S. gph	L/h
60 Hertz	40	50	NA	1800	3.3	12.5
	72	90	T	1800	5.2	20.3
50 Hertz	34	43	NA	1500	2.7	10.4
	60	75	T	1500	4.5	17.3

	ekW @1.0pf	kV•A	asp.	rpm	U.S. gph	L/h
60 Hertz	37	37	NA	1800	3.3	12.5
50 Hertz	32	32	NA	1500	2.7	10.4


Fuel use reflects SAE standards. Fuel use reflecting ISO standards is typically 2-3% less. Consult your Caterpillar representative for details.

	L in/mm	H in/mm	WE in/mm
Open Set	45/1147	32/825	20.5/521
Enclosed Set	46/1170	32/825	24/608

	LE in/mm	LG in/mm	H in/mm	WE in/mm
min.	NA	54.9/1394	46.7/1186	28.9/735
max.	NA	54.9/1394	46.7/1186	28.9/735



In-Line 4, 4-Stroke-Cycle Diesel
Bore x Stroke 3.31 x 3.94 in 84 x 100 mm
Displacement 135 cu in 2.2 liter
Rotation (from flywheel end) Counterclockwise
Generator set weight (approx) 857/1027 lb 389/466 kg



In-Line 4, 4-Stroke-Cycle Diesel
Bore x Stroke 3.94 x 5.0 in 100 x 127 mm
Displacement 243 cu in 4.0 liter
Rotation (from flywheel end) Counterclockwise
Generator set weight (approx) 1576-1587 lb 715-720 kg

41
42

Daya motor listrik dan peralatan	=	23.6	HP	=	10.35		KW
Daya Generator dipilih	=	47.9	HP	=	18		KW
Merk Generator	=	cartepillar					
Daya	=	18.0	kw				
Berat	=	100	kg				
Konsumsi bahan bakar	=	5.2	liter/jam				
lama pelayaran	=	6	jam				
total konsumsi Bahan Bakar	=	0.00512	m ³ /jam				
	=	0.03071	m ³ /6jam				
ρ Solar	=	0.8	ton/m ³				
berat Bahan Bakar	=	0.00409	ton/jam				
untuk 6 jam	=	0.02457	ton/6jam				

Pemilihan Paddle Wheel

Ukuran Utama Kapal

Loa	=	9.6	m	(didapatkan dari hasil maxsurf)
Lwl	=	9.2	m	(didapatkan dari hasil maxsurf)
B	=	6	m	(didapatkan dari hasil maxsurf)
B ₁	=	1.4	m	(didapatkan dari hasil maxsurf)
H	=	1.73	m	(didapatkan dari hasil optimasi)
T	=	0.7	m	(didapatkan dari hasil maxsurf)
S	=	3.1	m	
V _{max}	=	5.0	knot	= 2.6 m/s
V _S	=	4.0	knot	= 2.1 m/s
g	=	9.81	m/s ²	
payload	=	4	ton	
ρ	=	1.0		

Dimensi Paddle Wheel

diameter	D	=	1.5	m
jari jari	r	=	0.75	m
panjang blade	l	=	0.6	m
lebar blade	b	=	1	m
jumlah blade		=	8	
sudut blade		=	45°	
k		=	0.08	(sumber: ship design for efficiency and economy hal 175)
berat paddle wheel		=	D ³ x k	
		=	0.27 ton	
			270 kg	satu roda

menentukan besarnya =

$$a(x) = \text{Draft } T / \cos\theta$$

= 0.2 m

a(x) adalah jarak vertikal dari pusat paddle wheel ke permukaan air

ketika sebuah blade masih tercelup penuh dengan sudut 90 derajat maka luasan sebuah blade dapat

$$A = d \cdot b \cdot h$$

A₂ = 0.6 m² blade 1 sudut 90 derajat

blade yang tercelup air dengan sudut 45 derajat, maka luas blade untuk mendorong air adalah

$$A_1 = 0.300 \text{ m}^2 \quad \text{blade 2 sudut 45 derajat}$$

$$A_3 = 0.300 \text{ m}^2 \quad \text{blade 3 sudut 45 derajat}$$

gaya yang diperlukan untuk menggerakkan paddle wheel:

$$F = 0.5 \times \rho \times C_d \times A \times V \quad (\text{N}) \quad (\text{Jones, Z. 2005})$$

dimana	C _d	=	3	coefficient of discharge
	A	=		luas blade yang tercelup air
	V _{r2}	=		kecepatan relatif
	V _r	=		(V _{kapal} x sin(90-θ)) - (V _{kapal} - ρ)

untuk blade 1

$$\text{sudut} = 45$$

$$V_r = 0.693219$$

$$F = 2.162487 \text{ N}$$

Untuk blade 3

$$\begin{aligned} \text{sudut} &= 45 \\ V_r &= 0.693219 \\ F &= 2.162487 \text{ N} \end{aligned}$$

Untuk blade 2

$$\begin{aligned} \text{sudut} &= 90 \\ V_r &= -1.0576 \\ F &= 10.06666 \text{ N} \end{aligned}$$

Jadi total gaya yang diperlukan untuk menggerakkan paddle wheel pada 3 blade sebesar:

$$F_{\text{tot}} = 14.39163 \text{ N}$$

torsi yang diperlukan untuk menggerakkan paddle wheel pada 3 blade sebesar:

$$\begin{aligned} T_{\text{paddle}} &= F_{\text{tot}} \times r \quad (\text{Nm}) \quad r = 0.75 \text{ m} \\ &= 10.79373 \text{ Nm} \end{aligned}$$

sehingga daya yang dibutuhkan untuk memutar paddle wheel dengan kecepatan kapal yang direncanakan

$$\begin{aligned} P &= (2 \times N_{\text{paddle}} \times T_{\text{paddle}}) / 60 \times 3 & N_{\text{paddle}} &= 400 \text{ rpm} \\ &= 1355.692 \text{ watt} \\ &= 1.355692 \text{ Kw} & 1 \text{ HP} &= 0.736 \text{ kW} \\ &= 0.997 \text{ Hp} & & \text{satu paddlewheel} \end{aligned}$$

untuk 2 paddlewheel = 1.99 Hp

dengan pemilihan mesin yang sudah dipilih yaitu dengan daya 2.86 HP

maka sangat dapat digunakan untuk memutar paddlewheel sesuai dengan kecepatan kapal yang di

<u>Equipment & Outfitting</u>			
1. Peralatan Navigasi dan Perlengkapan Lainnya			
Belum ditemukan formula tentang perhitungan peralatan navigasi,			
sehingga beratnya diasumsikan sebesar	=	75	kg
termasuk kursi, meja, alat navigasi dan lainnya			
2. Peralatan Conveyor Belt			
a. Loading Conveyor		0.75	ton
b. Storage Convayer		1.5	ton
c. Offloading Conveyor		0.75	ton
	Total	3	ton

Beban Pada Lambung

Ukuran utama *public catamaran boat*

Lwl	=	9.6	m	L konstruksi	
Lpp	=	9.2	m	Lwl	= 9.600 m
B	=	6	m	0.96 Lwl	= 9.22 m
T	=	0.7	m	0.97 Lwl	= 9.31 m
H	=	1.7	m	Yang diambil :	
C _B	=	0.66		L konstruksi	= 9.31 m

Pelat Lunas Alas dan Bilga

Lebar pelat lunas tidak boleh kurang dari :

$$b = 800 + 5L$$

$$= 800 + 5 * 9.7 = 846.6 \text{ mm}$$

Jadi : Lebar pelat lunas diambil = 1000 mm

Lebar pelat bilga diambil = 1000 mm

Wrang Pelat

Tinggi wrang pelat tidak boleh kurang dari :

$$h = 55B - 45$$

$$= 285.000 \text{ mm}$$

Jadi : h yang diambil ialah : 300 mm

Basic external dynamic load (P_0)

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

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

$$C_0 = 2.683$$

$f = 1$ untuk pelat kulit, geladak cuaca

$f = 0.75$ untuk gading biasa, balok geladak

$f = 0.6$ Untuk Gading Besar, Senta, Penumpu

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

$$= 0.322$$

$$C_{RW} = 0.6 \text{ ; sheltered shallow water service}$$

maka: $P_0 = 1.479 \text{ [kN/m}^2\text{]}$ untuk pelat, geladak cuaca

$P_0 = 1.109 \text{ [kN/m}^2\text{]}$ untuk penegar, gading biasa

$P_0 = 0.887 \text{ [kN/m}^2\text{]}$ untuk penumpu, gading besar

$$P_{01} = 2,6 \cdot (C_b + 0,7) \cdot C_o \cdot C_L$$

$$= 3.052 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

Beban pelat pada sisi kapal (P_s)

Tabel 1

	Range	Factor C_D	Factor C_F
A	$0 \leq x/L < 0,2$	$1,2 - x/L$	$1,0 + 5/C_B [0,2 - x/L]$
	$x/L = 0.100$	$C_D = 1.100$	$C_F = 1.758$
M	$0,2 \leq x/L < 0,7$	1	1
	$x/L = 0.450$	$C_D = 1$	$C_F = 1$
F	$0,7 \leq x/L \leq 1$	$1,0 + c/3 [x/L - 0,7]$	$1 + 20/C_B [x/L - 0,7]^2$
	$x/L = 0.850$	$c = 0,15 \cdot L - 10$ $C_D = 1.250$	$C_F = 1.682$

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

$$P_0 = 1.479 \text{ kN/m}^2$$

untuk, $Z_1 = 0.400 \text{ m}$ **(di bawah garis air)**

$$\begin{aligned} P_{S1} &= 10 (T - Z) + P_0 \times C_F \times (1 + Z / T) \text{ (Ref : BKI vol 2 section 4)} \\ &= 10 (0.7 - 0.400) + 1.479 \times 1.758 \times (1 + 0.400/0.7) \\ &= 7.085 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

untuk, $Z_2 = 0.900 \text{ m}$ **(di atas garis air)**

$$\begin{aligned} P_{S2} &= 20 \times P_0 \times C_F / (10 + Z - T) \\ &= 20 \times 1.479 \times 1.758 / (10 + 0.900 - 0.7) \\ &= 5.097 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

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

untuk, $Z_1 = 0.400 \text{ m}$ **(di bawah garis air)**

$$\begin{aligned} P_{S1} &= 10 (T - Z) + P_0 \times C_F \times (1 + Z / T) \\ &= 10 (0.7 - 0.400) + 1.479 \times 1 \times (1 + 0.400/0.7) \\ &= 5.324 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

untuk, $Z_2 = 0.900 \text{ m}$ **(di atas garis air)**

$$\begin{aligned} P_{S2} &= 20 \times P_0 \times C_F / (10 + Z - T) \\ &= 20 \times 1.479 \times 1 / (10 + 0.900 - 0.7) \\ &= 2.900 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

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

untuk, $z_1 = 0.400 \text{ m}$ **(dibawah garis air)**

$$\begin{aligned} P_{S1} &= 10 (T - Z) + P_0 \times C_F \times (1 + Z / T) \\ &= 10 (0.7 - 0.400) + 1.479 \times 1.682 \times (1 + 0.400/0.7) \\ &= 6.909 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

untuk, $z_2 = 0.900 \text{ m}$ **(diatas garis air)**

$$\begin{aligned} P_{S2} &= 20 \times P_0 \times C_F / (10 + Z - T) \\ &= 20 \times 1.479 \times 1.682 / (10 + 0.900 - 0.7) \\ &= 4.878 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Rekapitulasi beban pada sisi kapal

A	7.085	kN/m ²
	5.097	kN/m ²
M	5.324	kN/m ²
	2.900	kN/m ²
F	6.909	kN/m ²
	4.878	kN/m ²

diambil nilai maksimal, maka

$$P_s = 7.085 \text{ kN/m}^2$$

Beban pada dasar kapal (P_B)

$$P_B = 10 \cdot T + P_0 \cdot C_F \quad (\text{Ref : BKI vol 2 section 4})$$

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

$$P_B = 10 \times 0.7 + 1.479 \times 1.758$$

$$= 9.600 \quad \text{kN/m}^2 \quad \text{pelat}$$

$$P_B = 8.950 \quad \text{kN/m}^2 \quad \text{penegar}$$

$$P_B = 8.560 \quad \text{kN/m}^2 \quad \text{penumpu}$$

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

$$P_B = 10 \times 0.7 + 1.479 \times 1$$

$$= 10.052 \quad \text{kN/m}^2 \quad \text{pelat}$$

$$P_B = 8.109 \quad \text{kN/m}^2 \quad \text{penegar}$$

$$P_B = 7.887 \quad \text{kN/m}^2 \quad \text{penumpu}$$

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

$$P_B = 10 \times 0.7 + 1.479 \times 1.682$$

$$= 12.133 \quad \text{kN/m}^2 \quad \text{pelat}$$

$$P_B = 8.866 \quad \text{kN/m}^2 \quad \text{penegar}$$

$$P_B = 8.493 \quad \text{kN/m}^2 \quad \text{penumpu}$$

Rekapitulasi beban pada dasar kapal

A	9.600	kN/m ²
M	10.052	kN/m ²
F	12.133	kN/m ²

diambil nilai maksimal, maka

$$P_B = 12.133 \quad \text{kN/m}^2$$

Perbandingan beban sisi (P_S) dengan beban dasar (P_B)

$$P_S = 7.085 \quad \text{kN/m}^2$$

$$P_B = 12.133 \quad \text{kN/m}^2$$

diambil beban yang paling besar, maka beban maksimal pada hull

$$P = 12.133 \quad \text{kN/m}^2$$

Beban pada geladak cuaca (P_D)

$$P_D = (P_0 \times 20 \times T \times C_D) / ((10 + Z - T)H) \quad (\text{Ref : BKI vol 2 section 4})$$

$$P_0 = 1.479 \quad \text{kN/m}^2 \quad \text{untuk pelat, geladak cuaca}$$

$$P_0 = 1.109 \quad \text{kN/m}^2 \quad \text{untuk penegar, gading biasa}$$

$$P_0 = 0.887 \quad \text{kN/m}^2 \quad \text{untuk penumpu, gading besar}$$

$$H = 1.700 \quad \text{m}$$

$$Z = 1.700 \quad \text{m}$$

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

$$C_D = 1.100$$

$$P_D = (1.479 \times 20 \times 0.7 \times 1.100) / [(10 + 1.700 - 0.7) \times 1.700]$$

$$= 1.218 \quad \text{kN/m}^2 \quad \text{untuk pelat, geladak cuaca}$$

$$P_D = 0.914 \quad \text{kN/m}^2 \quad \text{untuk penegar, gading biasa}$$

$$P_D = 0.731 \quad \text{kN/m}^2 \quad \text{untuk penumpu, gading besar}$$

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

$$C_D = 1$$

$$P_D = (1.479 \times 20 \times 0.7 \times 1) / [(10 + 1.700 - 0.7) \times 1.700]$$

$$= 1.107 \text{ kN/m}^2 \text{ untuk pelat, geladak cuaca}$$

$$P_D = 0.831 \text{ kN/m}^2 \text{ untuk penegar, gading biasa}$$

$$P_D = 0.664 \text{ kN/m}^2 \text{ untuk penumpu, gading besar}$$

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

$$C_D = 1.250$$

$$P_D = (1.479 \times 20 \times 0.7 \times 1.250) / [(10 + 1.700 - 0.7) \times 1.700]$$

$$= 1.384 \text{ kN/m}^2 \text{ untuk pelat, geladak cuaca}$$

$$P_D = 1.038 \text{ kN/m}^2 \text{ untuk penegar, gading biasa}$$

$$P_D = 0.831 \text{ kN/m}^2 \text{ untuk penumpu, gading besar}$$

Rekapitulasi beban pada geladak cuaca

A	1.218	kN/m ²
M	1.107	kN/m ²
F	1.384	kN/m ²

diambil nilai maksimal, maka

$$P_D = 1.384 \text{ kN/m}^2$$

Perhitungan Tebal Pelat

Ukuran utama *public catamaran boat*

Lwl	=	9.6	m	L konstruksi	
Lpp	=	9.2	m	Lwl	= 9.6 m
B	=	6	m	0.96 Lwl	= 9.22 m
T	=	0.7	m	0.97 Lwl	= 9.31 m
H	=	1.7	m	Yang diambil :	
C _B	=	0.66		L konstruksi =	9.31 m

Jarak Gading (a)

Jarak yang diukur dari pinggir mal ke pinggir mal gading.

$$\begin{aligned}
 L_{\text{kons}} &= 9.31 \text{ m} \\
 a_0 &= L/500 + 0,48 \text{ m} \quad (\text{Ref: BKI 98}) \\
 &= (9.31 / 500) + 0.48 \\
 &= 0.50 \text{ m}
 \end{aligned}$$

diambil :	a=	0.50 m		aft
	a=	0.50 m		m
	a=	0.5 m		f

Tebal Pelat Minimum

$$\begin{aligned}
 t_{\text{min}} &= (1,5 - 0,01 \cdot L) \cdot (L \cdot k)^{1/2}; \text{ untuk } L < 50 \text{ m} \\
 &= (1,5 - 0,01 \cdot 9,31) \cdot (9,31 \cdot 1)^{1/2} \\
 &= 4,293 \text{ mm} \quad \gg \quad 5 \text{ mm} \\
 t_{\text{max}} &= 16 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tebal Pelat Alas

untuk 0.4 L amidship :

$$t_{B1} = 1,9 \cdot n_f \cdot a \cdot (P_B \cdot k)^{1/2} + t_K; \text{ untuk } L < 90 \text{ m}$$

untuk 0.1 L di belakang AP dan 0.05 L di depan FP minimal :

$$t_{B2} = 1,21 \cdot a \cdot (P_B \cdot k)^{1/2} + t_K$$

dimana :

k = Faktor material berdasarkan BKI section 2.B.2

$$k = 1$$

$$n_f = 1$$

Untuk Konstruksi melintang

$$n_f = 0.83$$

Untuk Konstruksi memanjang

a = jarak gading

$$a = 0.50 \text{ m} \quad \text{aft}$$

$$a = 0.50 \text{ m} \quad \text{m}$$

$$a = 0.50 \text{ m} \quad \text{f}$$

$$t_K = 1.5 \quad \text{untuk } t' < 10 \text{ mm}$$

$$t_K = (0,1 \cdot t' / k^{1/2}) + 0,5 \quad \text{untuk } t' > 10 \text{ mm (max 3 mm)}$$

daerah $0 \leq x/L < 0.2$ [A], diambil $0.106 L$

$$P_B = 9.600 \text{ kN/m}^2$$

$$t_{B1} = 1.9 \times 1 \times 0.50 \times \text{SQRT}(9.600) + t_K$$

$$= 2.943 + t_K$$

$$= 2.943 + 1.5$$

$$= 4.443 \text{ mm} \gg 6 \text{ mm}$$

$$t_{B2} = 1.21 \times 0.50 \times \text{SQRT}(9.600 \times 1 + t_K)$$

$$= 1.874 + t_K$$

$$= 1.874 + 1.5$$

$$= 3.374 \text{ mm} \gg 5 \text{ mm}$$

jadi, t pada daerah $0 \leq x/L < 0.2$ [A]

$$t = 6 \text{ mm}$$

daerah $0.2 \leq x/L < 0.7$ [M], diambil $0.529 L$

$$P_B = 10.052 \text{ kN/m}^2$$

$$t_{B1} = 1.9 \times 1 \times 0.50 \times \text{SQRT}(10.052) + t_K$$

$$= 3.012 + t_K$$

$$= 3.012 + 1.5$$

$$= 4.512 \text{ mm} \gg 6 \text{ mm}$$

jadi, t pada daerah $0.2 \leq x/L < 0.7$ [M]

$$t = 6 \text{ mm}$$

daerah $0.7 \leq x/L$ [F], diambil $0.812 L$

$$P_B = 12.133 \text{ kN/m}^2$$

$$t_{B1} = 1.9 \times 1 \times 0.50 \times \text{SQRT}(12.133) + t_K$$

$$= 3.309 + t_K$$

$$= 3.309 + 1.5$$

$$= 4.809 \text{ mm} \gg 6 \text{ mm}$$

$$t_{B2} = 1.21 \times 0.50 \times \text{SQRT}(12.133 \times 1 + t_K)$$

$$= 2.107 + t_K$$

$$= 2.107 + 1.5$$

$$= 3.607 \text{ mm} \gg 5 \text{ mm}$$

jadi, t pada daerah $0.7 \leq x/L$ [F]

$$t = 6 \text{ mm}$$

Rekapitulasi tebal pelat alas :

A	6	mm
M	6	mm
F	6	mm

diambil nilai t yang paling besar, maka

$$t \text{ alas} = 6 \text{ mm}$$

Tebal Pelat Sisi

untuk 0.4 L amidship :

$$t_{S1} = 1,9 \cdot n_f \cdot a \cdot (P_S \cdot k)^{1/2} + t_K ; \text{ untuk } L < 90 \text{ m}$$

untuk 0.1 L dibelakang AP dan 0.05 L didepan FP minimal :

$$t_{S2} = 1,21 \cdot a \cdot (P_S \cdot k)^{1/2} + t_K$$

dimana :

k = Faktor material berdasarkan BKI section 2.B.2

$$k = 1$$

$$n_f = 1$$

Untuk Konstruksi melintang

$$n_f = 0.83$$

Untuk Konstruksi memanjang

a = jarak gading

$$a = 0.50 \quad \text{m} \quad \text{aft}$$

$$a = 0.50 \quad \text{m} \quad \text{m}$$

$$a = 0.50 \quad \text{m} \quad \text{f}$$

$$t_K = 1.5 \quad \text{untuk } t' < 10 \text{ mm}$$

$$t_K = (0,1 \cdot t' / k^{1/2}) + 0,5 \quad \text{untuk } t' > 10 \text{ mm (max 3 mm)}$$

daerah $0 \leq x/L < 0.2$ [A], diambil 0.106 L

$$P_{S1} = 7.085 \quad \text{kN/m}^2 \quad \text{di bawah garis air}$$

$$t_{S1} = 1.9 \times 1 \times 0.50 \times \text{SQRT}(7.085 \times 1) + t_K$$

$$= 2.529 + t_K$$

$$= 2.529 + 1.5$$

$$= 4.029 \quad \text{mm} \quad \gg \quad 5 \quad \text{mm}$$

$$t_{S2} = 1.21 \times 0.50 \times \text{SQRT}(7.085 \times 1) + t_K$$

$$= 1.610 + t_K$$

$$= 1.610 + 1.5$$

$$= 3.110 \quad \text{mm} \quad \gg \quad 5 \quad \text{mm}$$

$$P_{S2} = 5.097 \quad \text{di atas garis air}$$

$$t_{S1} = 1.9 \times 1 \times 0.50 \times \text{SQRT}(5.097 \times 1)$$

$$= 2.145 + t_K$$

$$= 3.645 \quad \text{mm} \quad \gg \quad 5 \quad \text{mm}$$

$$t_{S2} = 1.21 \times 0.50 \times \text{SQRT}(5.097 \times 1) + t_K$$

$$= 1.366 + t_K$$

$$= 2.866 \quad \text{mm} \quad \gg \quad 3 \quad \text{mm}$$

jadi, t pada daerah $0 \leq x/L < 0.2$ [A]

$$t = 5 \quad \text{mm}$$

daerah $0.2 \leq x/L < 0.7$ [M], diambil 0.529 L

$P_{S1} = 5.324 \text{ kN/m}^2$ **di bawah garis air**

$t_{S1} = 1.9 \times 1 \times 0.50 \times \text{SQRT}(5.324) + t_K$

$= 2.192 + t_K$

$= 2.192 + 1.5$

$= 3.692 \text{ mm} \gg 5 \text{ mm}$

$P_{S2} = 2.900 \text{ kN/m}^2$ **di atas garis air**

$t_{S1} = 1.9 \times 1 \times 0.50 \times \text{SQRT}(2.900) + t_K$

$= 1.618 + t_K$

$= 1.618 + 1.5$

$= 3.118 \text{ mm} \gg 5 \text{ mm}$

jadi, t pada daerah $0.2 \leq x/L < 0.7$ [M]

$t = 5 \text{ mm}$

daerah $0.7 \leq x/L$ [F], diambil 0.812 L

$P_{S1} = 6.909 \text{ kN/m}^2$ **di bawah garis air**

$t_{S1} = 1.9 \times 1 \times 0.50 \times \text{SQRT}(6.909) + t_K$

$= 2.497 + t_K$

$= 2.497 + 1.5$

$= 3.997 \text{ mm} \gg 5 \text{ mm}$

$t_{S2} = 1.21 \times 0.50 \times \text{SQRT}(6.909 \times 1 + t_K)$

$= 1.590 + t_K$

$= 1.590 + 1.5$

$= 3.090 \text{ mm} \gg 5 \text{ mm}$

$P_{S2} = 4.878 \text{ kN/m}^2$ **di atas garis air**

$t_{S1} = 1.9 \times 1 \times 0.50 \times \text{SQRT}(4.878) + t_K$

$= 2.098 + t_K$

$= 2.098 + 1.5$

$= 3.709 \text{ mm} \gg 5 \text{ mm}$

$t_{S2} = 1.21 \times 0.50 \times \text{SQRT}(4.878 \times 1 + t_K)$

$= 1.336 + t_K$

$= 2.107 + 1.5$

$= 2.836 \text{ mm} \gg 5 \text{ mm}$

jadi, t pada daerah $0.7 \leq x/L$ [F]

$t = 5 \text{ mm}$

Rekapitulasi tebal pelat sisi :

A	5	mm
M	5	mm
F	5	mm

diambil nilai t yang paling besar, maka

$t \text{ sisi} = 5 \text{ mm}$

Tebal pelat geladak ditentukan dari nilai terbesar dari formula berikut:

$$t_D = 1,21 \cdot a \cdot (P_D \cdot k)^{1/2} + t_K$$

dimana :

k = Faktor material berdasarkan BKI section 2.B.2

$$k = 1$$

a = jarak gading

$$a = 0.50 \quad \text{m} \quad \text{aft}$$

$$a = 0.50 \quad \text{m} \quad \text{m}$$

$$a = 0.50 \quad \text{m} \quad \text{f}$$

$$t_K = 1.5 \quad \text{untuk } t' < 10 \text{ mm}$$

$$t_K = (0,1 \cdot t' / k^{1/2}) + 0,5 \quad \text{untuk } t' > 10 \text{ mm (max 3 mm)}$$

$$L = 9.312 \quad \text{m}$$

daerah $0 \leq x/L < 0.2$ [A], diambil $0.106 L$

$$P_D = 1.218 \quad \text{kN/m}^2$$

$$t_{D1} = 1.21 \times 0.5 \times \text{SQRT}(1.218 \times 1) + t_K$$

$$= 0.668 + t_K$$

$$= 0.668 + 1.5$$

$$= 2.168 \quad \text{mm} \quad \gg \quad 3 \quad \text{mm}$$

jadi, t pada daerah $0 \leq x/L < 0.2$ [A]

$$t = 3 \quad \text{mm}$$

daerah $0.2 \leq x/L < 0.7$ [M], diambil $0.529 L$

$$P_D = 1.107 \quad \text{kN/m}^2$$

$$t_{D1} = 1.21 \times 0.5 \times \text{SQRT}(1.107 \times 1) + t_K$$

$$= 0.637 + t_K$$

$$= 0.637 + 1.5$$

$$= 2.137 \quad \text{mm} \quad \gg \quad 3 \quad \text{mm}$$

jadi, t pada daerah $0.2 \leq x/L < 0.7$ [M]

$$t = 3 \quad \text{mm}$$

daerah $0.7 \leq x/L$ [F], diambil $0.812 L$

$$P_D = 1.384 \quad \text{kN/m}^2$$

$$t_{D1} = 1.21 \times 0.5 \times \text{SQRT}(1.384 \times 1) + t_K$$

$$= 0.712 + t_K$$

$$= 0.712 + 1.5$$

$$= 2.212 \quad \text{mm} \quad \gg \quad 3 \quad \text{mm}$$

jadi, t pada daerah $0.7 \leq x/L$ [F]

$$t = 3 \quad \text{mm}$$

Rekapitulasi tebal pelat geladak :

A	3	mm
M	3	mm
F	3	mm

diambil nilai t yang ada dipasaran, maka
 t geladak = 5 mm

Rekapitulasi tebal pelat keseluruhan :

	A	M	F	Diambil	Unit
Pelat alas	6	6	6	6	mm
Pelat sisi	5	5	5	5	mm
Pelat geladak	5	5	5	5	mm

untuk memudahkan dalam perhitungan berat baja lambung kapal, maka tebal pelat yang digunakan untuk pembangunan kapal *catamaran boat* ini adalah

Tebal pelat alas dan sisi = **6** mm

Tebal pelat geladak = **5** mm

Tebal pelat ruang navigasi diasumsikan sama dengan pelat geladak dan digunakan untuk menghitung perhitungan selanjutnya

Perhitungan Berat Kapal (DWT dan LWT)

Berat Kapal Bagian DWT			
No	Item	Value	Unit
1	Payload Kapal		
	Volume sampah yang diangkut sekali jalan	3	ton
2	Berat Crew Kapal dan Barang Bawaan		
	Jumlah crew	2	persons
	Berat Crew Kapal	75	kg/person
	Berat barang bawaan crew	3	kg/person
	Berat total crew	150	kg
	Berat total barang bawaan crew	6	kg
Berat Total		156	kg
		0.156	ton
3	Berat Bahan Bakar Untuk Engine	0.059	ton
4	Berat Bahan Bakar untuk Genset	0.049	ton
Total Berat Bagian DWT			
No	Komponen Berat Kapal Bagian DWT	Value	Unit
1	Payload Kapal	3.3	ton
2	Berat Crew Kapal dan Barang Bawaan	0.156	ton
3	Berat Bahan Bakar untuk Genset	0.049	ton
4	Berat Bahan Bakar Untuk Engine	0.059	ton
Total		3.514	ton
Berat Kapal Bagian LWT			
No	Item	Value	Unit
1	Berat Lambung (hull) Kapal		
	Dari software Maxsurf Pro & Autocad, didapatkan luasan permukaan lambung kap		
	Luas dua lambung	109696000.00	mm ²
		109.696	m ²
	Luas tunnel	23485000	mm ²
		23.485	m ²
	Total luasan lambung kapal	133.181	m ²
	Tebal pelat lambung	6	mm
		0.006	m
	Volume shell plate = luas x tebal	0.799	m ³
	<i>r</i> baja	7.85	gr/cm ³
		7850	kg/m ³
Berat Total		6272.825	kg
		6.273	ton

2	Berat Geladak (deck) Kapal		
	<i>Dari software Maxsurf Pro, didapatkan luasan permukaan geladak</i>		
	Total luasan geladak kapal	56535000.000	mm ²
	Total luasan geladak kapal	56.535	m ²
	Tebal pelat geladak	5	mm
		0.005	m
	Volume shell plate = luas x tebal	0.283	m ³
	<i>r</i> baja	7.85	gr/cm ³
		7850	kg/m ³
	Berat Total	2218.999	kg
	2.219	ton	
3	Berat Ruang Navigasi		
	Total luasan ruang navigasi	18000000	mm ²
	Total luasan ruang navigasi	18	m ²
	Tebal pelat	5	mm
		0.005	m
	Volume shell plate = luas x tebal	0.090	m ³
	<i>r</i> baja	7.85	gr/cm ³
		7850	kg/m ³
	Berat Total	707	kg
	0.707	ton	
4	Berat Konstruksi Lambung Kapal		
	<i>Berat konstruksi lambung kapal pos per pos</i>		
	<i>20% - 25% dari berat baja lambung kapal (diambil 20%)</i>		
	Berat baja lambung + geladak kapal	8.521	ton
	20% dari berat baja kapal	1.704	ton
Berat Konstruksi Total	1.704	ton	
5	Equipment & Outfitting		
	Peralatan Navigasi	75	kg
	Conveyor Belt	3000	kg
	Berat Total	3075	kg
	3.1	ton	
6	Berat Permesinan		
	Berat Permesinan	568	kg
	Berat Total	568	kg
		0.568	ton

Total Berat Bagian LWT			
No	Komponen Berat Kapal Bagian LWT	Value	Unit
1	Berat Lambung (hull) Kapal	6.273	ton
2	Berat Geladak Kapal	2.219	ton
3	Berat Ruang Navigasi	0.707	ton
4	Berat Konstruksi Lambung Kapal	1.704	ton
5	Equipment & Outfitting	3.075	ton
6	Berat Permesinan	0.568	ton
Total		14.546	ton
Total Berat Kapal (DWT + LWT)			
No	Komponen Berat Kapal	Value	Unit
1	Berat Kapal Bagian DWT	3.514	ton
2	Berat Kapal Bagian LWT	14.546	ton
Total		18.060	ton
Koreksi Displasmen			
WT + DW	Displasemen	hasil Koreksi (%)	Status
18.060	19.100	5.445	OK

Titik Berat kapal

Lwl	=	9.6	m	
Lpp	=	9.2	m	
B	=	6.0	m	
B1	=	1.30	m	
H	=	1.70	m	
T	=	0.70	m	
S	=	4.7	m	
Δ	=	19100.0	kg	
LCB	=	-0.242	m	dari Midship
C_B	=	0.66		

Titik Berat Hull

Ref: Parmetric ship design chapter 11, Watson dan Gilfilan hal 11-22

Berat 1 lambung	=	3136.413	kg	
LCG _{1 lambung}	=	-0.15 + LCB		
	=	-0.392	m	dari Midship
VCG _{1 lambung}	=	$0.01D (46.6 + 0.135(0.81 - C_B) \cdot (L/D)^2) + 0.008D(L/B - 6.5)$		
	=	0.803382	m	dari baseline
Berat Tunel	=	1106.144	kg	
LCG _{Tunel}	=	-0.2	m	dari Midship
VCG _{tunel}	=	1.73	m	dari baseline
LCG _{hull}	=	$\frac{2x(3136.41x-0.392)+(1106.14x1.139)}{(2x3136.4126)+1106.14}$		
	=	-0.36322	m	dari Midship
VCG _{hull}	=	$\frac{2x(3104.7x0.8267)+(1106.12x1.666)}{(2x3104.76)+1106.14}$		
	=	0.942287	m	dari baseline

LWT

HULL			DECK			CONSTRUCTION		
Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]
6272.83	-0.363	0.942	2219.00	0.188	1.730	1704.20	-0.363	0.942
Ruang Navigasi			peralatan navigasi			Generator		
Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]
706.5	-0.12	3.00	75	0.78	2.50	200	0.388	0.500
loading conveyor			storage conveyor			offloading conveyor		
Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]
750	4.11	1.73	1500	0.11	1.73	750	-4.39	1.73
paddlewheel			Baterai			Motor		
Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]
540	-3.00	0.90	200	1.40	1.25	168	-3.00	0.56

DWT								
Bahan Bakar Mesin			Crew					
Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]			
59.30	-1.600	0.500	156	0.106	2.500			
Bahan Bakar Genset			Payload					
Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]			
49	-0.600	0.500	3250	0.106	1.950			
TOTAL LWT			TOTAL DWT					
Berat	LCG	VCG	Berat	LCG	VCG			
15085.52	-0.194	0.919	3514	0.067	1.930			
BERAT TOTAL	DISPLACEMENT				SELISIH		CHECK DISPLACEMENT	
[kg]	LCG [m]	VCG [m]	[kg]	LCB [m]	VCB [m]	[kg]	%	OK
18600.0	-0.145	1.110	19100.0	-0.242	0.48433	500.042	2.62%	

Perhitungan Lambung Timbul

Kapal wisata katamaran merupakan kapal dengan panjang kurang dari 24 m. Sehingga untuk menghitung lambung timbul tidak dapat menggunakan ketentuan *Internasional Convention on Load Lines (ICLL)* 1966. Oleh sebab itu, perhitungan lambung timbul *public catamaran boat* menggunakan aturan *Non-Convention Vessel Standart (NCVS) Indonesian Flagged*.

Input Data

H	=	1.70	m	∇	=	9.32	m ³
d	=	0.85 · H		B ₁	=	1.30	m
	=	1.445	m	C _B	=	$\nabla / (L \cdot B \cdot d)$	
L	=	Lwl			=	0.66	
	=	9.6	m				
L	=	9.6	m				

1. Tipe Kapal

(NCVS) Indonesian Flagged - Chapter 6 Section 5.1.2 menyebutkan bahwa :

Kapal Tipe A adalah :

- Kapal yang didesain untuk mengangkut kargo curah cair
- Kapal yang memiliki kekokohan tinggi pada geladak terbuka.
- Kapal yang memiliki tingkat keselamatan yang tinggi terhadap banjir.

Kapal Tipe B adalah selain kapal Tipe A.

Sehingga kapal pembersih sampah termasuk kapal **Tipe B**

2. Lambung Timbul Standar (Fb₁)

Fb ₁	=	0,8 L	cm	Untuk kapal dengan L < 50 m
Fb ₁	=	7.68	cm	
	=	0.0768	m	

II. Lambung Timbul Awal (fb) untuk kapal Type B

fb	=	0,8 L cm, untuk L sampai dengan 50 m
fb	=	$(L/10)^2 + (L/10) + 10$ cm, untuk L lebih dari 50 m

Catatan : L adalah panjang kapal dalam meter

Koreksi

1. Koefisien Block

Koreksi C_B hanya untuk kapal dengan C_B > 0.68

C _B	=	0.6600	Tidak ada koreksi
----------------	---	--------	-------------------

2. Depth (D)

L/15	=	0.64	
D	=	1.73	m

jika, $D < L/15$; tidak ada koreksi

jika, $D > L/15$; lambung timbul standar ditambah dengan 20 (D - L/15) cm

$$\begin{aligned}
 D &> L/15 && \text{maka,} \\
 \text{Koreksi} &= 20 (1.73 - 0,613) \\
 &= 21.8 && \text{cm} \\
 &= 0.218 && \text{m} \\
 F_{b_2} &= 0.295 && \text{m}
 \end{aligned}$$

3. Koreksi Bangunan Atas

Kapal tidak memiliki bangunan atas, maka tidak ada koreksi bangunan atas.

Sehingga, koreksi pengurangan lambung timbul bangunan atas = 0 m

Total Lambung Timbul

$$\begin{aligned}
 F_b' &= F_{b_2} - \text{Pengurangan} \\
 &= 0.295 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Ketinggian Bow Minimum (B_{WM})

Persyaratan tinggi *bow minimum* tidak disyaratkan untuk kapal dengan panjang kurang dari 24 meter. Sehingga tidak ada peraturan untuk tinggi bow minimum.

Batasan

1. Lambung Timbul Sebenarnya

$$\begin{aligned}
 F_b &= H - T \\
 &= 1.03 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Lambung Timbul Sebenarnya harus lebih besar dari Lambung Timbul Total

Kondisi = Diterima

Lambung Timbul	Nilai	Satuan
Lambung Timbul yg disyaratkan	0.295	m
Lambung Timbul Sebenarnya	1.03	m
Kondisi	Diterima	

Perhitungan Trim Kondisi C

ship dimension

L_{WL} = 9.60 m

T = 0.7 m

H = 1.70 m

B = 6 m

B1 = 1.3 m

∇ = 19.10 m³

C_B = 0.660

C_M = 0.706

C_P = 0.942

C_{WP} = 0.588

from AP

LCB= 4.37 m dari maxsurf

from midship

LCB= -0.242 dari maxsurf

LWT								
HULL			DECK			CONSTRUCTION		
Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]
6.273	-0.363	0.962	2.219	0.188	1.730	1.415	-0.363	0.962

Ruang Navigasi			peralatan navigasi			Generator		
Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]
0.801	-0.120	3.00	0.075	0.782	2.50	0.200	0.388	0.500

loading conveyor			storage conveyor			offloading conveyor		
Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]
0.750	4.11	1.73	1.500	0.106	1.73	0.750	-4.393	1.73

paddlewheel			Baterai			Motor		
Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]
0.540	-3.000	0.90	0.200	1.400	1.25	0.168	-3.000	0.56

DWT					
Bahan Bakar Mesin			Crew		
Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]
0.059	-1.600	0.500	0.156	0.106	2.500

Bahan Bakar Genset			Payload		
Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]
0.049	-0.600	0.500	4.0	0.106	1.950

Vertical center of buoyancy

$$KB/T = 0.9 - 0.36 C_M$$

$$KB/T = 0.64584$$

$$KB = (KB/T) \times T$$

$$KB = 0.385 \text{ m} \quad KB \text{ maxsur} = 0.385 \text{ m}$$

*Ship Design and Construction, ch. 11 pg. 19
by SNAME and editor Thomas Lamb*

Location of metacenter

Transversal

$$C_1 = 0.1216 C_{WP} - 0.0410$$

$$C_1 = 0.030501$$

$$I_T = C_1 \times L \times B^3 \quad L = L_{WL}$$

$$I_T = 63.24646 \text{ m}^4$$

$$BM_T = I_T / \nabla$$

$$BM_T = 3.311333 \text{ m} \quad r \text{ maxsurf} = 7.885 \text{ m}$$

$$GM_T = KB + BM_T - VCG$$

$$GM_T = 2.224649 \text{ m} \quad r \text{ maxsurf} = 6.778 \text{ m}$$

Longitudinal

$$C_{iL} = 0.350 C_{WP}^2 - 0.405 C_{WP} + 0.146$$

$$C_{iL} = 0.02887$$

$$I_L = C_{iL} \times B \times L^3 \quad L = L_{WL}$$

$$I_L = 153.2561 \text{ m}^4$$

$$BM_L = I_L / \nabla$$

$$BM_L = 8.023879 \text{ m} \quad L \text{ maxsurf} = 10.99 \text{ m}$$

$$GM_L = KB + BM_L - VCG$$

$$GM_L = 6.937195 \text{ m} \quad L \text{ maxsurf} = 9.883 \text{ m}$$

Ship Design and Construction, ch. 11 pg. 20

Ship Design and Construction, ch. 11 pg. 19

Ship Design and Construction, ch. 11 pg. 19

Ship Design and Construction, ch. 11 pg. 20

Ship Design and Construction, ch. 11 pg. 19

Ship Design and Construction, ch. 11 pg. 19

Trim

$$T_A - T_F = (LCG - LCB) L / GM_L$$

$$L = L_{WL}$$

Ship Design and Construction, ch. 11 pg. 28

$$T_A - T_F = 0.006434 \text{ m}$$

Batasan' (Ref: Trim Maksimal menurut SOLAS Chapter II-1, Part B

$$\pm 0.5\% \cdot l = 0.048 \text{ m}$$

Kondisi Trim= TRIM BY STERN

Kesimpulan= **ACCEPTED**

Perhitungan Trim Kondisi B

ship dimension

L_{WL}	=	9.20	m
T	=	0.7	m
H	=	1.73	m
B	=	6	m
B1	=	1.3	m
∇	=	19.32	m ³
C_B	=	0.500	
C_M	=	0.527	
C_P	=	0.946	
C_{WP}	=	0.573	

from AP

LCB= 4.37 m dari maxsurf

from midship

LCB= -0.242 dari maxsurf

LWT								
HULL			DECK			CONSTRUCTION		
Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]
6.273	-0.363	0.962	2.219	0.188	1.730	1.415	-0.363	0.962

Ruang Navigasi			peralatan navigasi			Generator		
Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]
0.8007	-0.120	3.00	0.075	0.782	2.50	0.200	0.388	0.500

loading conveyor			storage conveyor			offloading conveyor		
Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]
0.75	4.11	1.73	1.500	0.106	1.73	0.75	-4.393	1.73

paddlewheel			Baterai			Motor		
Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]
0.540	-3.000	0.90	0.200	1.400	1.25	0.168	-3.000	0.56

DWT					
Bahan Bakar Mesin			Crew		
Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]
0.030	-1.600	0.500	0.156	0.106	2.500

Bahan Bakar Genset			Payload		
Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]
0.025	-0.600	0.500	2.000	0.106	1.950

Vertical center of buoyancy

$$KB/T = 0.9 - 0.36 C_M$$

$$KB/T = 0.71028$$

$$KB = (KB/T) \times T$$

$$KB = 1.014686 \text{ m} \quad KB \text{ maxsur} \quad 344 \text{ m}$$

*Ship Design and Construction, ch. 11 pg. 19
by SNAME and editor Thomas Lamb*

Location of metacenter

Transversal

$$C_I = 0.1216 C_{WP} - 0.0410$$

$$C_I = 0.028677$$

$$I_T = C_I \times L \times B^3 \quad L = L_{WL}$$

$$I_T = 54.45135 \text{ m}^4$$

$$BM_T = I_T / \nabla$$

$$BM_T = 2.818393 \text{ m} \quad \tau \text{ maxsurf} = 8.807 \text{ m}$$

$$GM_T = KB + BM_T - VCG$$

$$GM_T = 2.566415 \text{ m} \quad \tau \text{ maxsurf} = 7.718 \text{ m}$$

Longitudinal

$$C_{IL} = 0.350 C_{WP}^2 - 0.405 C_{WP} + 0.146$$

$$C_{IL} = 0.02885$$

$$I_L = C_{IL} \times B \times L^3 \quad L = L_{WL}$$

$$I_L = 132.7623 \text{ m}^4$$

$$BM_L = I_L / \nabla$$

$$BM_L = 6.871757 \text{ m} \quad \tau \text{ maxsurf} = 12.223 \text{ m}$$

$$GM_L = KB + BM_L - VCG$$

$$GM_L = 6.61978 \text{ m} \quad \tau \text{ maxsurf} = 11.134 \text{ m}$$

Ship Design and Construction, ch. 11 pg. 20

Ship Design and Construction, ch. 11 pg. 19

Ship Design and Construction, ch. 11 pg. 19

Ship Design and Construction, ch. 11 pg. 20

Ship Design and Construction, ch. 11 pg. 19

Ship Design and Construction, ch. 11 pg. 19

Trim

$$T_A - T_F = (LCG - LCB) L / GM_L \quad L = L_{WL}$$

$$T_A - T_F = 0.004596 \text{ m}$$

Batasan' (Ref: Trim Maksimal menurut SOLAS Chapter II-1, Part

$$\pm 0.5\% \cdot l = 0.046 \text{ m}$$

Kondisi Trim= TRIM BY STERN

Kesimpulan= **ACCEPTED**

Ship Design and Construction, ch. 11 pg. 28

Perhitungan Trim Kondisi A

ship dimension

$L_{WL} = 9.20 \text{ m}$

$T = 0.7 \text{ m}$

$H = 1.73 \text{ m}$

$B = 6 \text{ m}$

$B1 = 1.3 \text{ m}$

$\nabla = 19.32 \text{ m}^3$

$C_B = 0.500$

$C_M = 0.527$

$C_P = 0.946$

$C_{WP} = 0.573$

from AP

LCB= 4.37 m dari maxsurf

from midship

LCB= -0.242 dari maxsurf

LWT								
HULL			DECK			CONSTRUCTION		
Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]
6.273	-0.363	0.962	2.219	0.188	1.730	1.415	-0.363	0.962
Ruang Navigasi			peralatan navigasi			Generator		
Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]
0.8007	-0.120	3.00	0.075	0.782	2.50	0.200	0.388	0.500
loading conveyor			storage conveyor			offloading conveyor		
Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]
0.750	4.11	1.73	1.5	0.106	1.73	0.750	-4.393	1.73
paddlewheel			Baterai			Motor		
Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]
0.540	-3.000	0.90	0.200	1.400	1.25	0.168	-3.000	0.56
DWT								
Bahan Bakar Mesin			Crew					
Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]			
0.006	-1.600	0.500	0.156	0.106	2.500			
Bahan Bakar Genset			Payload					
Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [ton]	LCG [m]	VCG [m]			
0.005	-0.600	0.500	0.000	0.106	1.950			

Vertical center of buoyancy

$$KB/T = 0.9 - 0.36 C_M$$

$$KB/T = 0.71028$$

$$KB = (KB/T) \times T$$

$$KB = 1.014686 \text{ m} \quad KB \text{ maxsurf} = 0.311 \text{ m}$$

*Ship Design and Construction, ch. 11 pg. 19
by SNAME and editor Thomas Lamb*

Location of metacenter**Transversal**

$$C_I = 0.1216 C_{WP} - 0.0410$$

Ship Design and Construction, ch. 11 pg. 20

$$C_I = 0.028677$$

$$I_T = C_I \times L \times B^3$$

$$L = L_{WL}$$

Ship Design and Construction, ch. 11 pg. 19

$$I_T = 54.45135 \text{ m}^4$$

$$BM_T = I_T / \nabla$$

Ship Design and Construction, ch. 11 pg. 19

$$BM_T = 2.818393 \text{ m} \quad T \text{ maxsurf} = 9.972 \text{ m}$$

$$GM_T = KB + BM_T - VCG$$

$$GM_T = 2.771153 \text{ m} \quad T \text{ maxsurf} = 8.916 \text{ m}$$

Longitudinal

$$C_{IL} = 0.350 C_{WP}^2 - 0.405 C_{WP} + 0.146$$

Ship Design and Construction, ch. 11 pg. 20

$$C_{IL} = 0.02885$$

$$I_L = C_{IL} \times B \times L^3$$

$$L = L_{WL}$$

Ship Design and Construction, ch. 11 pg. 19

$$I_L = 132.7623 \text{ m}^4$$

$$BM_L = I_L / \nabla$$

Ship Design and Construction, ch. 11 pg. 19

$$BM_L = 6.871757 \text{ m} \quad L \text{ maxsurf} = 13.782 \text{ m}$$

$$GM_L = KB + BM_L - VCG$$

$$GM_L = 6.824518 \text{ m} \quad L \text{ maxsurf} = 12.726 \text{ m}$$

Trim

$$T_A - T_F = (LCG - LCB) L / GM_L$$

$$L = L_{WL}$$

Ship Design and Construction, ch. 11 pg. 28

$$T_A - T_F = 0.00287 \text{ m}$$

Batasan τ (Ref: Trim Maksimal menurut SOLAS Chapter II-1, Part .

$$\pm 0.5\% \cdot l = 0.046 \text{ m}$$

Kondisi Trim= **TRIM BY STERN**

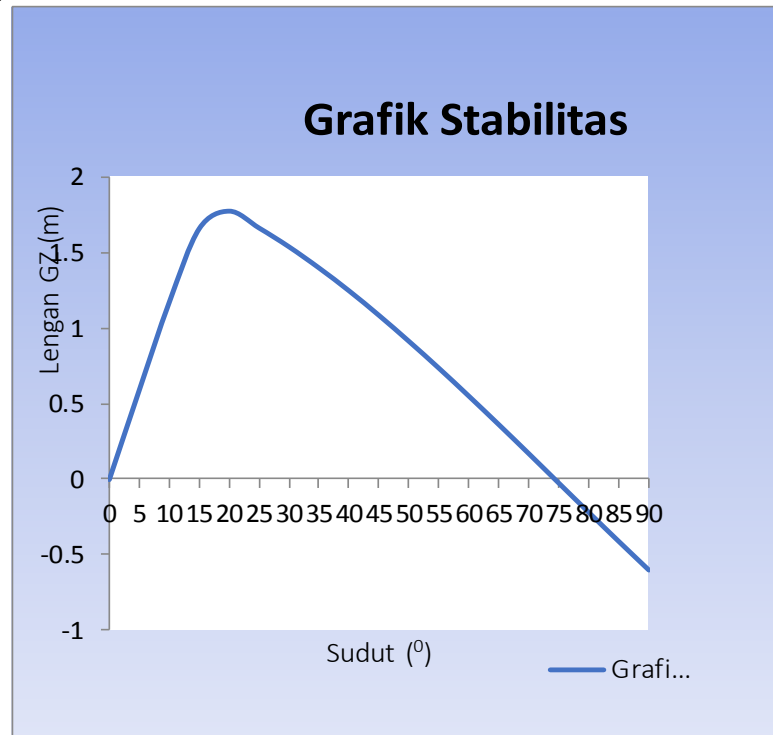
Kesimpulan= **ACCEPTED**

STABILITAS KONDISI C

Lengan Statis (GZ)

Sudut ($^{\circ}$) Lengan Gz (m)

0	0
5	0.593
10	1.174
15	1.662
20	1.778
25	1.666
30	1.541
35	1.401
40	1.25
45	1.087
50	0.915
55	0.737
60	0.552
65	0.363
70	0.171
75	-0.024
80	-0.218
85	-0.410
90	-0.599



$$h = 0.087266 \text{ radian}$$

Lengan Dinamis (L_D)

$$L_{Dn} = \frac{1}{3} \cdot h \cdot (GZ_{n-10} + 4 \cdot GZ_{n-5} + GZ_n)$$

$$L_D (10^{\circ}) = \frac{1}{3} \times h (GZ (0^{\circ}) + 4GZ (5^{\circ}) + GZ (10^{\circ}))$$

$$L_D (10^{\circ}) = 0.103 \text{ meter radian}$$

$$L_D (20^{\circ}) = 0.279 \text{ meter radian}$$

$$L_D (30^{\circ}) = 0.290 \text{ meter radian}$$

$$L_D (40^{\circ}) = 0.244 \text{ meter radian}$$

Lengan Dinamis (L_D)

Sudut ($^{\circ}$) meter.rad

$$L_D (10^{\circ}) \quad 0.103$$

$$L_D (20^{\circ}) \quad 0.279$$

$$L_D (30^{\circ}) \quad 0.290$$

$$L_D (40^{\circ}) \quad 0.244$$

$$L_D \text{ Total} \quad 0.917$$

Sudut Maksimum

GZ max = 1.778 m ; nilai maksimum GZ dari semua sudut (0° s.d. 90°)
Kolom Ke - = 5 ; nilai terbesar tersebut pada kolom ke berapa
Heel at GZ = 20° ; pada sudut heel berapa GZ maksimum

Titik

X_1 = 15

X_2 = 20

X_3 = 25

Y_1 = 1.662

Y_2 = 1.778

Y_3 = 1.666

Matriks

$$\begin{bmatrix} 1 & 15 & 225 \\ 1 & 20 & 400 \\ 1 & 25 & 625 \end{bmatrix}$$

Invers Matrik

$$\begin{bmatrix} 10.00 & -15.00 & 6.00 \\ -0.90 & 1.60 & -0.70 \\ 0.02 & -0.04 & 0.02 \end{bmatrix}$$

Hasil Perkalian Matrik

a = -0.054

b = 0.1828

c = -0.00456

θ_{\max} = 20° ; sudut maximum

GM = 8.074 m (dari Maxsurf)

Untuk kapal katamaran dengan panjang kurang dari 24 meter, kriteria stabilitasnya Marine Guide Notices (MGN) 280 Chapter 11 Section 3.7

- 1 Jika GZ_{max} terjadi pada $\theta=15^\circ$ maka luas gambar di bawah kurva dengan lengan penegak $GZ \geq 0.085$ m.rad
 Dan jika GZ_{max} terjadi pada $\theta=30^\circ$ maka luas gambar di bawah kurva GZ tidak boleh kurang dari 0.055 m.rad
 Ketika GZ_{max} terjadi antara $\theta = 15^\circ$ dan 30° , daerah di bawah kurva GZ hingga θ_{GZmax} tidak boleh kurang dari :
 $A = 0,055 + 0,002 (30^\circ - \theta_{GZ Max})$ meter.radian
 $\theta_{GZmax} = 20^\circ$ (antara $\theta = 15^\circ$ dan 30°)
 maka
 $A_{minimal} = 0.075$ meter.rad
 $A_{sebenarr} = 0.382$ meter.rad
 Kondisi = **Accepted**
- 2 Daerah di bawah kurva antara $\theta = 30^\circ$ dan $\theta = 40^\circ$ atau antara $\theta = 30^\circ$ dan sudut downflooding θ_f , jika sudut ini kurang dari 40° , tidak boleh kurang dari
 $A_{30-40 min} = 0.030$ meter.rad
 $A_{30-40} = 0.244$ meter.rad
 Kondisi = **Accepted**
- 3 GZ tidak boleh kurang dari 0,2 meter pada sudut 30 derajat ;
 $Gz_{30^\circ min} = 0.200$ meter
 $Gz_{30^\circ} = 1.541$ meter
 Kondisi = **Accepted**
- 4 GZ maksimal harus terjadi pada sudut minimal 15 derajat
 $\theta_{Gz_{max} min} = 15^\circ$ derajat
 $\theta_{Gz_{max}} = 20^\circ$ derajat
 Kondisi = **Accepted**
- 5 Ketinggian metasenter (GM) tidak boleh kurang dari 0,35 meter.
 $GM_{min} = 0.350$ meter
 $GM = 8.262$ meter
 Kondisi = **Accepted**

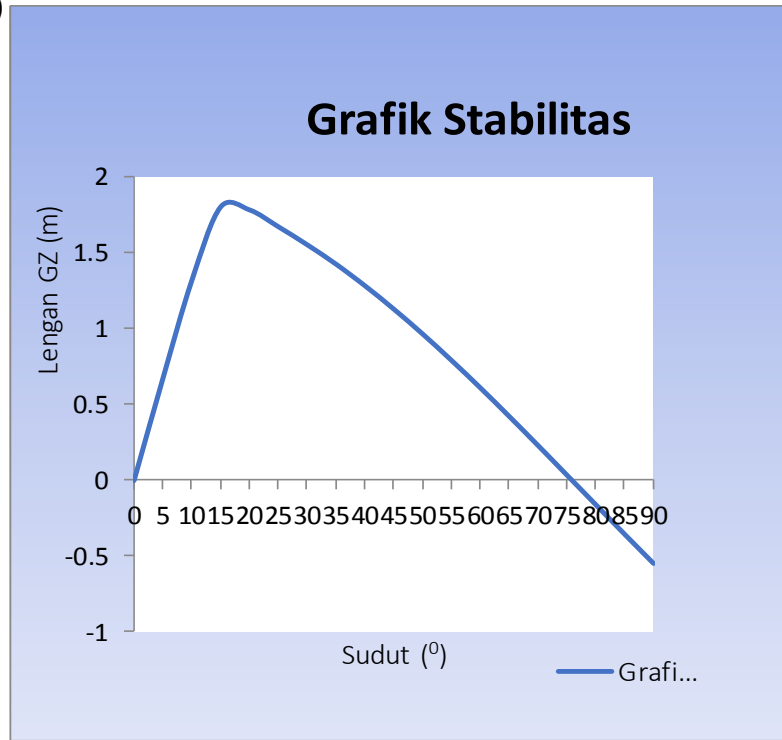
Rekapitulasi Kriteria Stabilitas Public Catamaran Boat

No	Kriteria	Nilai Stabilitas	Satuan	Kondisi
1	$A_{\theta_{max}} \geq 0$	0.382	meter.rad	Accepted
2	$A_{\theta_{(30-40)}} \geq 0$	0.244	meter.rad	Accepted
3	$GZ_{\theta_{30}} \geq 0$	1.541	meter	Accepted
4	$\theta_{GZ_{max}} \geq 0$	20°	derajat	Accepted
5	$GM \geq 3.5$	8.262	meter	Accepted

STABILITAS KONDISI B

Lengan Statis (GZ)

Sudut (°)	Lengan Gz (m)
0	0
5	0.673
10	1.317
15	1.803
20	1.784
25	1.673
30	1.554
35	1.426
40	1.284
45	1.13
50	0.966
55	0.792
60	0.611
65	0.423
70	0.231
75	0.036
80	-0.159
85	-0.354
90	-0.546



$$h = 0.087266 \text{ radian}$$

Lengan Dinamis (L_D)

$$L_{Dn} = \frac{1}{3} \cdot h \cdot (GZ_{n-10} + 4 \cdot GZ_{n-5} + GZ_n)$$

$$L_D (10^\circ) = \frac{1}{3} \times h (GZ (0^\circ) + 4GZ (5^\circ) + GZ (10^\circ))$$

$$L_D (10^\circ) = 0.117 \text{ meter radian}$$

$$L_D (20^\circ) = 0.300 \text{ meter radian}$$

$$L_D (30^\circ) = 0.292 \text{ meter radian}$$

$$L_D (40^\circ) = 0.248 \text{ meter radian}$$

Lengan Dinamis (L_D)

Sudut (°)	meter.rad
$L_D (10^\circ)$	0.117
$L_D (20^\circ)$	0.300
$L_D (30^\circ)$	0.292
$L_D (40^\circ)$	0.248
L_D Total	0.957

Sudut Maksimum

GZ max = 1.803 m ; nilai maksimum GZ dari semua sudut (0° s.d. 90°)
Kolom Ke - = 4 ; nilai terbesar tersebut pada kolom ke berapa
Heel at GZ = 15° ; pada sudut heel berapa GZ maksimum

Titik

X_1 = 10

X_2 = 15

X_3 = 20

Y_1 = 1.317

Y_2 = 1.803

Y_3 = 1.784

Matriks

$$\begin{bmatrix} 1 & 10 & 100 \\ 1 & 15 & 225 \\ 1 & 20 & 400 \end{bmatrix}$$

Invers Matrik

$$\begin{bmatrix} 6.00 & -8.00 & 3.00 \\ -0.70 & 1.20 & -0.50 \\ 0.02 & -0.04 & 0.02 \end{bmatrix}$$

Hasil Perkalian Matrik

a = -1.17

b = 0.3497

c = -0.0101

θ_{\max} = 17° ; sudut maximum

GM = 8.074 m (dari Maxsurf)

Untuk kapal katamaran dengan panjang kurang dari 24 meter, kriteria stabilitasnya Marine Guide Notices (MGN) 280 Chapter 11 Section 3.7

- 1 Jika GZ_{max} terjadi pada $\theta=15^\circ$ maka luas gambar di bawah kurva dengan lengan penegak $GZ \geq 0.085$ m.rad
 Dan jika GZ_{max} terjadi pada $\theta=30^\circ$ maka luas gambar di bawah kurva GZ tidak boleh kurang dari 0.055 m.rad
 Ketika GZ_{max} terjadi antara $\theta = 15^\circ$ dan 30° , daerah di bawah kurva GZ hingga θ_{GZmax} tidak boleh kurang dari :
 $A = 0,055 + 0,002 (30^\circ - \theta_{GZ Max})$ meter - radian
 $\theta_{GZmax} = 17^\circ$ (antara $\theta = 15^\circ$ dan 30°)
 maka
 $A_{minimal} = 0.080$ meter.rad
 $A_{sebenarr} = 0.417$ meter.rad
 Kondisi = **Accepted**
- 2 Daerah di bawah kurva antara $\theta = 30^\circ$ dan $\theta = 40^\circ$ atau antara $\theta = 30^\circ$ dan sudut downflooding θ_f , jika sudut ini kurang dari 40° , tidak boleh kurang dari
 $A_{30-40 min} = 0.030$ meter.rad
 $A_{30-40} = 0.248$ meter.rad
 Kondisi = **Accepted**
- 3 GZ tidak boleh kurang dari 0,2 meter pada sudut 30 derajat ;
 $Gz_{30^\circ min} = 0.200$ meter
 $Gz_{30^\circ} = 1.554$ meter
 Kondisi = **Accepted**
- 4 GZ maksimal harus terjadi pada sudut minimal 15 derajat
 $\theta_{Gz_{max} min} = 15^\circ$ derajat
 $\theta_{Gz_{max}} = 17^\circ$ derajat
 Kondisi = **Accepted**
- 5 Ketinggian metasenter (GM) tidak boleh kurang dari 0,35 meter.
 $GM_{min} = 0.350$ meter
 $GM = 9.151$ meter
 Kondisi = **Accepted**

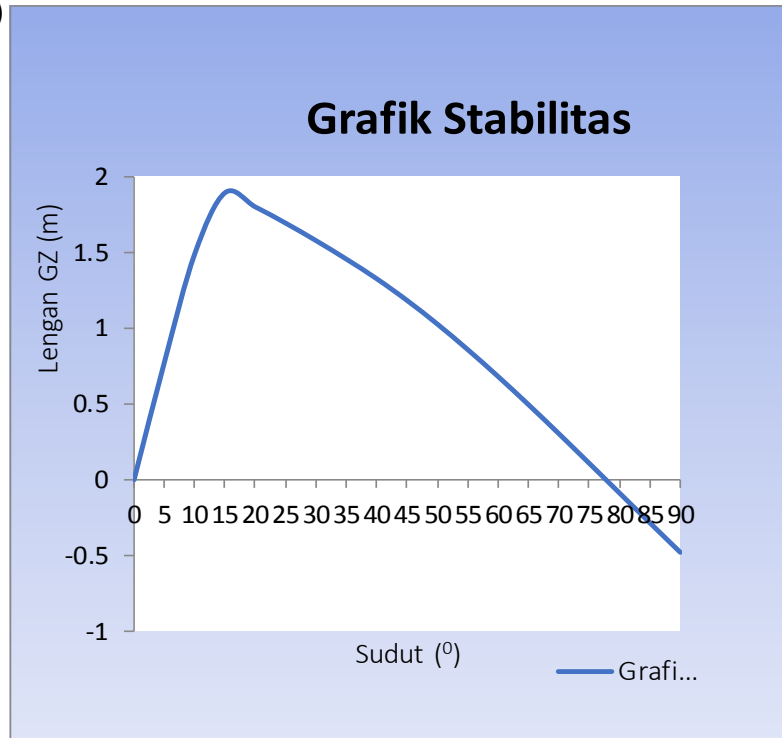
Rekapitulasi Kriteria Stabilitas Public Catamaran Boat

Kriteria	Nilai Stabilitas	Satuan	Kondisi
$A_{\theta_{max}} \geq 0$	0.417	meter.rad	Accepted
$A_{\theta_{(30-40)}} \geq 0$	0.248	meter.rad	Accepted
$GZ_{\theta_{30}} \geq 0$	1.554	meter	Accepted
$\theta_{GZ_{max}} \geq 0$	17°	derajat	Accepted
$GM \geq 0,35$	9.151	meter	Accepted

STABILITAS KONDISI A

Lengan Statis (GZ)

Sudut (°)	Lengan Gz (m)
0	0
5	0.774
10	1.488
15	1.891
20	1.797
25	1.690
30	1.575
35	1.453
40	1.324
45	1.181
50	1.025
55	0.857
60	0.68
65	0.495
70	0.304
75	0.109
80	-0.087
85	-0.283
90	-0.477



$$h = 0.087266 \text{ radian}$$

Lengan Dinamis (L_D)

$$L_{Dn} = \frac{1}{3} \cdot h \cdot (GZ_{n-10} + 4 \cdot GZ_{n-5} + GZ_n)$$

$$L_D (10^\circ) = \frac{1}{3} \times h (GZ (0^\circ) + 4GZ (5^\circ) + GZ (10^\circ))$$

$$L_D (10^\circ) = 0.133 \text{ meter radian}$$

$$L_D (20^\circ) = 0.316 \text{ meter radian}$$

$$L_D (30^\circ) = 0.295 \text{ meter radian}$$

$$L_D (40^\circ) = 0.253 \text{ meter radian}$$

Lengan Dinamis (L_D)

Sudut (°)	meter.rad
$L_D (10^\circ)$	0.133
$L_D (20^\circ)$	0.316
$L_D (30^\circ)$	0.295
$L_D (40^\circ)$	0.253
L_D Total	0.997

Sudut Maksimum

GZ max = 1.891 m ; nilai maksimum GZ dari semua sudut (0° s.d. 90°)
Kolom Ke - = 4 ; nilai terbesar tersebut pada kolom ke berapa
Heel at GZ = 15° ; pada sudut heel berapa GZ maksimum

Titik

X_1 = 10

X_2 = 15

X_3 = 20

Y_1 = 1.488

Y_2 = 1.891

Y_3 = 1.797

Matriks

$$\begin{bmatrix} 1 & 10 & 100 \\ 1 & 15 & 225 \\ 1 & 20 & 400 \end{bmatrix}$$

Invers Matrik

$$\begin{bmatrix} 6.00 & -8.00 & 3.00 \\ -0.70 & 1.20 & -0.50 \\ 0.02 & -0.04 & 0.02 \end{bmatrix}$$

Hasil Perkalian Matrik

a = -0.809

b = 0.3291

c = -0.00994

θ_{\max} = 17° ; sudut maximum

GM = 8.074 m (dari Maxsurf)

Untuk kapal katamaran dengan panjang kurang dari 24 meter, kriteria stabilitasnya Marine Guide Notices (MGN) 280 Chapter 11 Section 3.7

1. Jika GZ_{max} terjadi pada $\theta=15^\circ$ maka luas gambar di bawah kurva dengan lengan penegak $GZ \geq 0.085$ m.rad
 Dan jika GZ_{max} terjadi pada $\theta=30^\circ$ maka luas gambar di bawah kurva GZ tidak boleh kurang dari 0.055 m.rad
 Ketika GZ_{max} terjadi antara $\theta = 15^\circ$ dan 30° , daerah di bawah kurva GZ hingga θ_{GZmax} tidak boleh kurang dari :
 $A = 0,055 + 0,002 (30^\circ - \theta_{GZ Max})$ meter - radian
 $\theta_{GZmax} = 17^\circ$ (antara $\theta = 15^\circ$ dan 30°)
 maka
 $A_{minimal} = 0.082$ meter.rad
 $A_{sebenarr} = 0.449$ meter.rad
 Kondisi = **Accepted**
2. Daerah di bawah kurva antara $\theta = 30^\circ$ dan $\theta = 40^\circ$ atau antara $\theta = 30^\circ$ dan sudut downflooding θ_f , jika sudut ini kurang dari 40° , tidak boleh kurang dari
 $A_{30-40 \text{ min}} = 0.030$ meter.rad
 $A_{30-40} = 0.253$ meter.rad
 Kondisi = **Accepted**
3. GZ tidak boleh kurang dari 0,2 meter pada sudut 30 derajat ;
 $Gz_{30^\circ \text{ min}} = 0.200$ meter
 $Gz_{30^\circ} = 1.575$ meter
 Kondisi = **Accepted**
4. GZ maksimal harus terjadi pada sudut minimal 15 derajat
 $\theta_{Gz_{max} \text{ min}} = 15^\circ$ derajat
 $\theta_{Gz_{max}} = 17^\circ$ derajat
 Kondisi = **Accepted**
5. Ketinggian metasenter (GM) tidak boleh kurang dari 0,35 meter.
 $GM_{min} = 0.350$ meter
 $GM = 10.283$ meter
 Kondisi = **Accepted**

Rekapitulasi Kriteria Stabilitas Public Catamaran Boat

Kriteria	Nilai Stabilitas	Satuan	Kondisi
$A_{\theta_{max}} \geq 0$	0.449	meter.rad	Accepted
$A_{\theta_{(30-40)}} \geq 0$	0.253	meter.rad	Accepted
$GZ_{\theta_{30}} \geq 0$	1.575	meter	Accepted
$\theta_{GZ_{max}} \geq 0$	17°	derajat	Accepted
$GM \geq 0,35$	10.283	meter	Accepted

Building Cost				
No	Item	Value	Unit	
Baja Kapal & Elektroda	1	Lambung Kapal (hull)		
		<i>(tebal pelat lambung = 6 mm, jenis material = baja)</i>		
		<i>Sumber: (http://www.tokobesibaja.com/product/plat-kapal-6-x-20)</i>		
		Harga	533.98	USD/ton
		Berat hull	6.27	ton
		Harga Lambung Kapal (hull)	3349.58	USD
	2	Geladak Kapal (deck)		
		<i>(tebal pelat geladak = 5 mm, jenis material = baja)</i>		
		<i>Sumber: (http://www.tokobesibaja.com/product/plat-kapal-6-x-20)</i>		
		Harga	533.98	USD/ton
		Berat geladak	2.22	ton
		Harga Lambung Kapal (deck)	1184.91	USD
	3	Konstruksi Lambung		
		<i>Sumber: (http://www.tokobesibaja.com/product/plat-kapal-6-x-20)</i>		
		Harga	533.98	USD/ton
		Berat konstruksi	1.704	ton
	4	Ruang Navigasi		
		<i>(tebal pelat geladak = 5 mm, jenis material = baja)</i>		
		Harga	533.98	USD/ton
		Berat Ruang Navigasi	0.707	ton
	5	Elektroda		
		<i>(diasumsikan 6% dari berat baja kapal)</i>		
		<i>Sumber: Nekko Steel - Aneka Maju.com</i>		
		Harga	500	USD/ton
6	Atap Kapal			
	<i>(tebal pelat geladak = 5 mm, jenis material = baja)</i>			
	<i>Sumber: (http://www.tokobesibaja.com/product/plat-kapal-6-x-20)</i>			
	Harga	534.0	USD/m ²	
	Luas atap kapal	9.00	m ²	
	total	4,806	USD	
Total Harga Baja Kapal		10955	USD	

No	Item	Value	Unit
Equipment & Outfitting	1	Railing	
	<i>(pipa aluminium d = 50 mm, t = 3 mm)</i>		
	<i>Sumber: www.metaldepot.com</i>		
	Harga	35.00	USD/m
	Panjang railing dan tiang p	9.60	m
	total	336	USD
	2	Conveyor	
	Loading Conveyor	650	USD
	Storage Conveyor	672	USD
	Offloading Conveyor	650	USD
	total	1972	USD
	3	Kaca Polycarbonate	
	<i>(kaca polycarbonate, t = 3 mm)</i>		
	<i>Sumber: www.alibaba.com/product-detail/FLOAT-GL</i>		
	Harga	6.4	USD/m ²
	Luas Kaca Navigasi	3.00	m ²
	total	19	USD
	4	Paddle Wheel	
	Harga per unit (diasumsika	2,000	USD
	total harga	2,000	USD
	5	Kursi Operator	
<i>Sumber: www.alibaba.com</i>			
Jumlah	2	unit	
Harga per unit	120	USD	
Total Harga Kursi	240	USD	
6	Peralatan Navigasi & Komunikasi		
a. Peralatan Navigasi			
Kompas	60	USD	
GPS	850	USD	
Telescope Binocular	60	USD	
Harga Peralatan Navigasi	970	USD	
b. Peralatan Komunikasi			
Radiotelephone			
Jumlah	1	Set	
Harga per set	172	USD	
Harga total	172	USD	
Total Harga Equipment & Outfitting		5709	USD

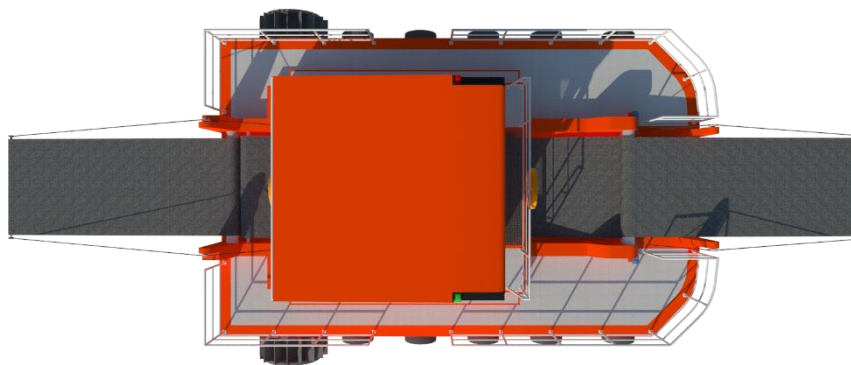
Permesinan	c	Item	Value	Unit	
	1	Inboard Motor			
		<i>(dua unit Inboard motor Lenze)</i>			
		Jumlah inboard motor	2	unit	
		Harga per unit	6,100	USD/unit	
		Harga Inboard Motor	12200	USD	
	2	Komponen Kelistrikan			
		<i>saklar, kabel, dll</i>			
		Diasumsikan sebesar	300	USD	
		Harga Komponen Kelistrikan	300	USD	
	3	Genset			
		<i>(2 unit Genset merk Caterpillar Tipe C2.2)</i>			
		Jumlah Genset	2	unit	
		Harga per unit	7995	USD/unit	
		Harga Genset	15990	USD	
	4	Baterai			
		<i>(2 unit Elco E Power)</i>			
		Jumlah Baterai	2	unit	
		Harga per unit	3400	USD/unit	
		Harga Baterai	6800	USD	
5	Motor Listrik untuk Winch dan Conveyor				
	Jumlah Motor Listrik	2			
	Harga per unit	2168	USD/Unit		
	Harga Motor Listrik	4336	USD		
Total Harga permesinan			39626	USD	

Rekapitulasi Biaya Pembangunan Awal			
No	Item	Value	Unit
1	Baja Kapal & Elektroda	10955	USD
2	Equipment & Outfitting	5709	USD
3	Permesinan	39626	USD
Total Harga (USD)		56290	USD
Kurs Rp - USD (per 1 Mei 2018, B)		14100	Rp/USD
Total Harga (Rupiah)		793,687,380	Rp

LAMPIRAN D
LINES PLAN

LAMPIRAN E
GENERAL ARRANGEMENT

LAMPIRAN F
3D MODEL



BIODATA PENULIS



Mikael Anggoro, itulah nama lengkap penulis. Dilahirkan di Surabaya pada 17 Oktober 1994 silam, Penulis merupakan anak kedua dalam keluarga. Penulis menempuh pendidikan formal tingkat dasar pada TK Katolik Karitas II, kemudian melanjutkan ke SD Katolik Karitas II, SMP Katolik Karitas II dan SMAN 11 Surabaya. Setelah lulus SMA, Penulis diterima di Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS pada tahun 2012 melalui jalur SNMPTN tulis.

Di Departemen Teknik Perkapalan Penulis mengambil Bidang Studi Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal. Selama masa studi di ITS, selain kuliah Penulis juga pernah menjadi *staff* Kementrian Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa BEM ITS 2013/2014, Kepala Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa UKM ITS Billiard 2013/2014, Ketua *National Ship Design and Race Competition* SAMPAN 8 ITS 2014, serta Wakil Menteri Kementrian Energi dan Maritim BEM ITS 2014/2015. Selan itu, Penulis juga pernah mendedikasikan ilmunya untuk mengajar di Warung Kopi Taman Mengajar di Gebang, Sukolilo, Surabaya.

Penulis tercatat pernah menjadi *grader* untuk mata kuliah Tugas Produksi Kapal.

Email: mikael.anggoro12@mhs.na.its.ac.id/mikaelanggoro94@gmail.com