



TUGAS AKHIR - MN 141581

**DESAIN AMPHIBIOUS DREDGER UNTUK PENGERUKAN
SUNGAI PORONG SIDOARJO DI DAERAH BUANGAN
LUMPUR LAPINDO**

Aufa Dzulfikar Majid
NRP 04111440000013

Dosen Pembimbing
Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018



TUGAS AKHIR - MN 141581

**DESAIN AMPHIBIOUS DREDGER UNTUK PENGERUKAN
SUNGAI PORONG SIDOARJO DI DAERAH BUANGAN
LUMPUR LAPINDO**

**Aufa Dzulfikar Majid
NRP 04111440000013**

**Dosen Pembimbing
Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



FINAL PROJECT - MN 141581

**DESIGN OF AMPHIBIOUS DREDGER FOR DREDGING OF
THE PORONG SIDOARJO RIVER IN LAPINDO MUD
DISPOSAL AREA**

**Aufa Dzulfikar Majid
NRP 04111440000013**

**Supervisor
Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.**

**DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

DESAIN AMPHIBIOUS DREDGER UNTUK PENGERUKAN SUNGAI PORONG SIDOARJO DI DAERAH BUANGAN LUMPUR LAPINDO

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

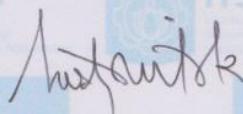
Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

AUFA DZULFIKAR MAJID
NRP 0411144000013

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing



Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.
NIP 19681212 1999402 2 001

Mengetahui,

Kepala Departemen Teknik Perkapalan



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

SURABAYA, 10 JULI 2018

LEMBAR REVISI

DESAIN AMPHIBIOUS DREDGER UNTUK PENGERUKAN SUNGAI PORONG SIDOARJO DI DAERAH BUANGAN LUMPUR LAPINDO

TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir
Tanggal 4 Juli 2018

Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

AUFA DZULFIKAR MAJID
NRP 04111440000013

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

1. Aries Sulisetyono, S.T., M.A.Sc., Ph.D.

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

3. Ardi Nugroho Yulianto, S.T., M.T.

4. Danu Utama, S.T., M.T.

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.

SURABAYA, 10 JULI 2018

Dipersembahkan kepada kedua orang tua saya, Heri Sampurno Widodo dan Hamidah Budhiyati, serta keluarga saya 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. Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc selaku Dosen Pembimbing yang telah berkenan meluangkan banyak waktu, ilmu, arahan bimbingan serta motivasi selama penggerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
2. Bapak Dedi Budi Purwanto, S.T., M.T. selaku Dosen Wali yang telah memberikan arahan selama menjalani perkuliahan di Departemen Teknik Perkapalan ITS;
3. Bapak Ardi Nugroho Yulianto,S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing kedua yang senantiasa meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk membimbing dan memberikan arahan serta masukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini;
4. Bapak Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc. selaku Ketua Departemen Teknik Perkapalan FTK-ITS;
5. Hasanudin,S.T.,M.T selaku Kepala Laboratorium Desain Kapal Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS atas bantuannya selama penggerjaan Tugas Akhir ini dan atas ijin pemakaian fasilitas laboratorium;
6. Kedua orang tua penulis, Ayah Heri Sampurno Widodo dan Ibu Hamidah Budhiyati yang telah memberikan kasih sayang, dukungan baik secara moril maupun materi, dan memberikan motivasi serta doa selama ini;
7. Teman-teman P54 yang mendukung dan memberi warna perjuangan selama kuliah;
8. Teman-teman Marlboro yang senantiasa ada disamping penulis untuk menyemangati serta mendukung dalam penyelesaian Tugas Akhir ini;
9. Teman-teman KMKS yang telah bersama-sama di tanah rantau;
10. Teman-teman satu dosen pembimbing yang memberikan ilmu dan informasi selama penggerjaan Tugas Akhir: Ega, Karina, Raka, Nandes, Haekal dan Haikal;

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, 10 Juli 2018

Aufa Dzulfikar Majid

DESAIN AMPHIBIOUS DREDGER UNTUK PENGERUKAN SUNGAI PORONG SIDOARJO DI DAERAH BUANGAN LUMPUR LAPINDO

Nama Mahasiswa : Aufa Dzulfikar Majid
NRP : 04111440000013
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.

ABSTRAK

Kali Porong merupakan terusan sungai Kali Brantas (*Floodway*) yang berhulu di Kota Mojokerto (Bendung Lengkong Baru), mengalir ke arah timur dan bermuara di Selat Jawa. Sungai ini membatasi Kabupaten Sidoarjo dan Kabupaten Pasuruan. Dengan terjadinya bencana Lumpur Sidoarjo pada 30 Mei 2006 dan kemudian pada November 2006 pemerintah menetapkan bahwa Kali Porong sebagai tempat pembuangan Lumpur Sidoarjo menuju ke laut, maka fungsi Kali Porong selain sebagai *floodway*, juga berfungsi sebagai saluran yang mengalirkan endapan lumpur ke muara. Namun tidak semua endapan lumpur dari buangan Lumpur Lapindo terbawa sampai ke laut. Endapan yang tertinggal dapat menyebabkan pendangkalan Sungai Porong maka perlu dilakukan penggerukan sungai. Tugas Akhir ini mempunyai tujuan untuk melakukan analisis secara teknis mengenai desain kapal yang cocok untuk karakteristik Sungai Porong. Kapal keruk yang digunakan adalah jenis *Amphibious Dredger* karena sangat cocok dengan struktur geometris sungai. Dipilih kapal jenis tongkang yang mempunyai stabilitas yang baik. Terdiri dari dua kapal yang mempunyai tugas masing-masing, kapal pengangkut muatan yang dilengkapi peralatan *amphibi* untuk mengangkut sedimen hasil penggerukan dan kapal pengerkuk yang dilengkapi *backhoe module*. Proses desain kapal menentukan payload untuk mendapatkan ukuran utama kapal awal kemudian dilakukan perhitungan analisis teknis menggunakan metode 256 untuk mendapatkan ukuran utama kapal yang paling efektif. Hasil perhitungan teknis diperoleh ukuran utama untuk kapal pengangkut muatan sebesar $L_{wl} = 11,83$ m, $L_{pp} = 11,38$ m, $B = 7,08$ m, $T = 1,99$ m, $H = 3,38$ m. Lalu untuk kapal pengerkuk sebesar $L_{wl} = 8,9$ m, $L_{pp} = 8,53$ m, $B = 4,85$ m, $T = 1,44$ m, $H = 2,12$ m dengan estimasi biaya pembangunan sebesar Rp2.867.136.313,32.

Kata kunci: *Amphibious Dredger*, Lumpur Lapindo, Sungai Porong.

DESIGN OF AMPHIBIOUS DREDGER FOR DREDGING OF THE PORONG SIDOARJO RIVER IN LAPINDO MUD DISPOSAL AREA

Author : Aufa Dzulfikar Majid
Student Number : 04111440000013
Department / Faculty : Naval Architecture / Marine Technology
Supervisor : Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.

ABSTRACT

Kali Porong is a river canal of Kali Brantas (Floodway) which its upstreams flows in Mojokerto City (Bendung Lengkong Baru), flows eastward and to empty into the Java Strait. This river becomes the boundary between Sidoarjo and Pasuruan regencies. With occurrence of the disaster of Sidoarjo Mudflow on May 30, 2006 and then in November 2006 the government determined that Porong River as Sidoarjo mud disposal site to the sea, the function of Kali Porong other than as floodway, also serves as a canal that drains mud deposits into the estuary. However, not all of the silt deposits from the Lapindo mudflow are carried to the sea. The silt that left behind can cause the silting of the Porong River, so it is necessary to dredge the Porong river. This Final Project purposed to perform technical analysis on vessel design that fits for Porong River characteristics. The dredger used is Amphibious Dredger because it fits perfectly with the geometric structure of the river. The selected barge that have good stability. It consists of two vessels that do their own respectively tasks, a freight vessel equipped with amphibious equipment to contain the dredged sediments and a dredger vessel which has a backhoe module equipment. The vessel design process determines the payload to obtain the main size of the vessel then calculate the technical analysis by using the 256 method to obtain the most effective vessel size. The result of technical calculation is obtained the main size for the freight vessel of $L_{wl} = 11,83\text{ m}$, $L_{pp} = 11,38\text{ m}$, $B = 7,08\text{ m}$, $T = 1,99\text{ m}$, $H = 3,38\text{ m}$. And, for the dredger vessel of $L_{wl} = 8,9\text{ m}$, $L_{pp} = 8,53\text{ m}$, $B = 4,85\text{ m}$, $T = 1,44\text{ m}$, $H = 2,12\text{ m}$ with the estimated construction cost of Rp2.867.136.313,32.

Keywords : *Amphibious Dredger, Lumpur Lapindo, Sungai Porong.*

DAFTAR ISI

LEMBAR REVISI.....	iv
HALAMAN PERUNTUKAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR SIMBOL	xvi
Bab I PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang Masalah.....	1
I.2. Perumusan Masalah.....	2
I.3. Tujuan.....	3
I.4. Batasan Masalah.....	3
I.5. Manfaat.....	3
I.6. Hipotesis.....	4
Bab II STUDI LITERATUR	5
II.1. Dasar Teori.....	5
II.1.1. Tahapan Desain Kapal.....	5
II.1.2. Metode Desain Kapal	7
II.1.3. <i>Main Coefficient</i>	7
II.1.4. Hambatan Kapal	8
II.1.5. Kebutuhan Daya Penggerak Kapal.....	11
II.1.6. Berat dan Titik Berat Kapal.....	14
II.1.7. <i>Freeboard</i> (Lambung Timbul)	15
II.1.8. Stabilitas Kapal.....	16
II.2. Tinjauan Pustaka	17
II.2.1. Pekerjaan Pengerukan.....	17
II.2.2. Perencanaan Pengerukan	17
II.2.3. Klasifikasi Pengerukan	18
II.2.4. Tujuan Pengerukan	18
II.2.5. Metode Pengerukan	19
II.2.6. Siklus Waktu Pengerukan.....	19
II.2.7. Pemilihan Jenis Alat Keruk	21
II.2.8. Material Keruk.....	24
II.2.9. Lokasi Pembuangan (<i>Dumping Area</i>)	24
II.2.10. <i>Backhoe Dredger</i>	25
II.2.11. Kendaraan <i>Amphibi</i>	25
II.2.12. <i>Chainwheel</i>	26
II.2.13. Sungai Porong	26
II.2.14. Zoning.....	28
II.2.15. Pemilihan Rute	28

Bab III METODOLOGI	29
III.1. Identifikasi dan Perumusan Masalah.....	29
III.2. Pengumpulan Data dan Studi Literatur	29
III.3. Menentukan Operational Requirements dan Payload	29
III.4. Penentuan Ukuran Utama Awal dan Kapasitas Ruang Muat.....	29
III.5. Analisis Teknis dan Perhitungan Ekonomis dengan Metode Optimasi 256	30
III.5.1. Variasi 256 Kapal	30
III.5.2. Perhitungan Hambatan dan Propulsi	30
III.5.3. Perhitungan Berat Kapal.....	30
III.5.4. Perhitungan <i>Freeboard</i>	30
III.5.5. Trim dan Stabilitas Kapal.....	31
III.5.6. Perhitungan Biaya Pembangunan	31
III.6. Menentukan Ukuran Utama Optimum	31
III.7. Desain <i>Lines Plan</i> , Rencana Umum, dan 3D <i>Model</i>	31
III.8. Kesimpulan.....	31
III.9. Bagan Alir	32
Bab IV ANALISIS TEKNIS DAN ESTIMASI BIAYA PEMBANGUNAN	33
IV.1. Skenario Penggerakan.....	33
IV.2. Analisis Perhitungan	34
IV.2.1. Perhitungan <i>Payload</i> , Ukuran Utama Awal dan Metode 256 pada Kapal Pengangkut Muatan	34
IV.2.2. Penentuan Ukuran Utama Kapal Penggerak	38
IV.2.3. Perhitungan Hambatan Kapal	39
IV.2.4. Perhitungan Daya Yang Dibutuhkan Kapal	42
IV.2.5. Penentuan Sistem Propulsi Kapal.....	48
IV.2.6. Perhitungan Konstruksi	49
IV.2.7. Perhitungan Berat dan Titik Berat Kapal	56
IV.2.8. Perhitungan Lambung Timbul (<i>Freeboard</i>)	64
IV.2.9. Trim dan Stabilitas	65
IV.2.8.1. Kondisi Kapal Kosong	69
IV.2.8.2. Kondisi 25% <i>Full Load</i>	71
IV.2.8.3. Kondisi 50% <i>Full Load</i>	74
IV.2.8.4. Kondisi 75% <i>Full Load</i>	77
IV.2.8.5. Kondisi <i>Full Load</i>	80
IV.3. Estimasi Biaya Pembangunan Kapal.....	82
IV.3.1. Estimasi Biaya Pembangunan Kapal <i>Backhoe</i>	82
IV.3.2. Estimasi Biaya Pembangunan Kapal Muatan.....	85
IV.4. Ukuran Utama <i>Amphibious Dredger</i>	87
IV.5. Desain Rencana Garis (<i>Lines plan</i>).....	88
IV.6. Desain Rencana Umum (<i>General Arrangement</i>).....	92
IV.7. Desain Model 3D Kapal	93
Bab V KESIMPULAN DAN SARAN	97
V.1. Kesimpulan.....	97
V.2. Saran.....	98
DAFTAR PUSTAKA	99
LAMPIRAN	101
LAMPIRAN A DATA PENDUKUNG	102
LAMPIRAN B PERHITUNGAN ANALISIS TEKNIS DAN BIAYA PEMBANGUNAN	105
LAMPIRAN C GAMBAR RENCANA GARIS	164

LAMPIRAN D GAMBAR <i>GENERAL ARRANGEMENT</i>	167
LAMPIRAN E MODEL 3 DIMENSI	170
BIODATA PENULIS	172

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Spiral Desain	5
Gambar II.2 Unsur-unsur Daya Penggerak pada Kapal	11
Gambar II.3 Siklus Pengerukan.....	20
Gambar II.4 Lokasi Lumpur Lapindo	27
Gambar II.5 Peta Rencana Operasi <i>Dredger Amphibious</i>	28
Gambar III.1 Bagan Alir Metodologi	32
Gambar IV.1 Pembagian Zona Pengerukan Sungai Porong	33
Gambar IV.2 Kapal <i>Backhoe</i> Melakukan <i>Dredging</i>	34
Gambar IV.3 Kapal Pengangkut Muatan Membawa Sedimen Lumpur Menuju Daratan.....	34
Gambar IV.4 Ukuran Ruang Muat Kapal.....	35
Gambar IV.5 Sketsa Awal Kapal Pengangkut Muatan	36
Gambar IV.6 Contoh Optimisasi Metode 256 Kapal Pengangkut Muatan	37
Gambar IV.7 Sketsa Awal Kapal Pengeruk	39
Gambar IV.8 Spesifikasi <i>Main Engine</i> Kapal Pengangkut Muatan	46
Gambar IV.9 Spesifikasi <i>Main Engine</i> Kapal <i>Backhoe</i>	46
Gambar IV.10 Spesifikasi <i>Genset</i> Kapal Backhoe	48
Gambar IV.11 Spesifikasi <i>Marine Gear</i> pada <i>Main Engine</i>	48
Gambar IV.12 Spesifikasi <i>Marine Gear</i> pada <i>Main Engine</i>	49
Gambar IV.13 Konstruksi Melintang Kapal Pengangkut Muatan	55
Gambar IV.14 Konstruksi Melintang Kapal Pengeruk	56
Gambar IV.15 Spesifikasi Sumitomo SH210LC-5LR	61
Gambar IV.16 <i>Chainwheel</i> pada tank <i>Leopard</i>	64
Gambar IV.17 Pemilihan <i>Surface</i>	66
Gambar IV.18 Cara Memasukkan Nilai Ukuran Utama Model (L, B, dan H)	66
Gambar IV.19 Cara Memasukkan Nilai Sarat Kapal	67
Gambar IV.20 Model Dibuka di <i>Maxsurf Stability Enterprise</i>	67
Gambar IV.21 Tabel <i>Loadcase Window</i>	68
Gambar IV.22 Menu <i>Start Analysis</i> Untuk Memulai Perhitungan.....	68
Gambar IV.23 <i>Input</i> Data Beban Kapal <i>Backhoe</i> Kosong dengan <i>Dredging Equipments</i>	69
Gambar IV.24 <i>Input</i> Data Beban Kapal Pengangkut Muatan Kosong.....	69
Gambar IV.25 Kondisi Trim Kapal <i>Backhoe</i> Kosong.....	71
Gambar IV.26 Kondisi Trim Kapal Muatan Kosong	71
Gambar IV.27 <i>Input</i> Data Beban Kapal <i>Backhoe</i> Kondisi 25% <i>Full Load</i>	72
Gambar IV.28 <i>Input</i> Data Beban Kapal Muatan Kondisi 25% <i>Full Load</i>	72
Gambar IV.29 Kondisi Trim Kapal <i>Backhoe</i> dengan 25% <i>Full Load</i>	73
Gambar IV.30 Kondisi Trim Kapal Muatan dengan 25% <i>Full Load</i>	74
Gambar IV.31 <i>Input</i> Data Beban Kapal <i>Backhoe</i> Kondisi 50% <i>Full Load</i>	74
Gambar IV.32 <i>Input</i> Data Beban Kapal Muatan Kondisi 50% <i>Full Load</i>	75
Gambar IV.33 Kondisi Trim Kapal <i>Backhoe</i> dengan 50% <i>Full Load</i>	76
Gambar IV.34 Kondisi Trim Kapal Muatan dengan 50% <i>Full Load</i>	76
Gambar IV.35 <i>Input</i> Data Beban Kapal <i>Backhoe</i> Kondisi 75% <i>Full Load</i>	77
Gambar IV.36 <i>Input</i> Data Beban Kapal Muatan Kondisi 75% <i>Full Load</i>	77
Gambar IV.37 Kondisi Trim Kapal <i>Backhoe</i> dengan 75% <i>Full Load</i>	79

Gambar IV.38 Kondisi Trim Kapal Muatan dengan 75% Full Load	79
Gambar IV.39 <i>Input</i> Data Beban Kapal <i>Backhoe</i> Kondisi <i>Full Load</i>	80
Gambar IV.40 <i>Input</i> Data Beban Kapal Muatan Kondisi <i>Full Load</i>	80
Gambar IV.41 Kondisi Trim Kapal <i>Backhoe</i> kondisi <i>Full Load</i>	82
Gambar IV.42 Kondisi Trim Kapal Muatan kondisi <i>Full Load</i>	82
Gambar IV.43 Bidang Garis Air	88
Gambar IV.44 Bidang Tengah Kapal	88
Gambar IV.45 Bidang Diametral Kapal	89
Gambar IV.46 Menu <i>Design Grid</i>	89
Gambar IV.47 Tampilan <i>Dialog Box</i> pada <i>Design Grid</i>	90
Gambar IV.48 Langkah-langkah Mengatur <i>Station</i>	90
Gambar IV.49 Langkah-langkah Mengatur <i>Buttocks</i>	90
Gambar IV.50 Langkah-langkah Mengatur <i>Waterlines</i>	91
Gambar IV.51 Rencana Garis Kapal Pengangkut Muatan	91
Gambar IV.52 Rencana Garis Pada Pengeruk.....	92
Gambar IV.53 Desain Rencana Umum Kapal Pengangkut Muatan	93
Gambar IV.54 Desain Rencana Umum Kapal Pengeruk	93
Gambar IV.55 Lembar Kerja <i>Maxsurf Modeler Advanced</i>	94
Gambar IV.56 Penambahan <i>Control Point</i>	94
Gambar IV.57 Model 3D Lambung Kapal	94
Gambar IV.58 Contoh Proses Penggabungan Komponen-komponen yang Telah Dibuat.....	95
Gambar IV.59 Hasil Model 3D Tampak Perspektif Depan.....	96

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 <i>Bow Shape Coefficient</i>	9
Tabel II.2 <i>Shape Coefficient of Hull Surface Facing The Wind</i>	10
Tabel II.3 <i>Coefficient of Height from Waterline to Center of Area Facing The Wind</i>	10
Tabel II.4 Harga <i>li</i> Berdasarkan Tipe Komponen Sistem Penggerak.....	13
Tabel II.5 Nilai K.....	16
Tabel II.6 Jenis Alat Keruk Berdasarkan Jenis Tanah.....	21
Tabel II.7 Pemilihan Alat Keruk Berdasarkan Kemampuan Alat	23
Tabel II.8 Jenis-jenis Material Keruk	24
Tabel IV.1 Rekapitulasi Data yang Dibutuhkan Dalam Perhitungan Ruang Muat	35
Tabel IV.2 <i>IMSBC Code Appendix 1</i> Tentang Material Lumpur	36
Tabel IV.3 Rekapitulasi Ukuran Utama Awal Kapal Mengangkut Muatan.....	36
Tabel IV.4 Rekapitulasi Ukuran Utama Kapal Pengangkut Muatan.....	38
Tabel IV.5 Hasil Rekapitulasi <i>Main Coefficient</i> dari <i>Maxsurf Modeler Advanced</i> Kapal Pengangkut Muatan	38
Tabel IV.6 Rekapitulasi Ukuran Utama Kapal Backhoe.....	39
Tabel IV.7 <i>Bow Shape Coefficient</i>	40
Tabel IV.8 <i>Shape coefficient of hull surface facing the wind</i>	40
Tabel IV.9 <i>Coefficient of height from waterline to center of area facing the wind</i>	41
Tabel IV.10 Rekapitulasi Nilai Variabel Hambatan Kapal Pengangkut Muatan	41
Tabel IV.11 Rekapitulasi Nilai Variabel Hambatan Kapal Backhoe	41
Tabel IV.12 Harga <i>li</i> Berdasarkan Tipe Komponen Sistem Penggerak	43
Tabel IV.13 Variabel yang Digunakan untuk Menghitung Elemen <i>Horse Power</i> Kapal Pengangkut Muatan	44
Tabel IV.14 Variabel yang Digunakan untuk Menghitung Elemen <i>Horse Power</i> Kapal <i>Backhoe</i>	44
Tabel IV.15 Rekapitulasi Hasil Perhitungan <i>Horse Power</i> Kapal Pengangkut Muatan	45
Tabel IV.16 Rekapitulasi Hasil Perhitungan <i>Horse Power</i> Kapal <i>Backhoe</i>	45
Tabel IV.17 Rekapitulasi Data untuk Menghitung Daya <i>Winch</i>	47
Tabel IV.18 Hasil Rekapitulasi Perhitungan Daya <i>Winch</i>	48
Tabel IV.19 <i>Distribution factors C_F</i>	50
Tabel IV.20 Nilai Variabel Pembebanan pada Kapal Pengangkut Muatan	50
Tabel IV.21 Nilai Variabel Pembebanan pada Kapal <i>Backhoe</i>	51
Tabel IV.22 Nilai P _B	51
Tabel IV.23 Nilai Pembebanan P ₀ dan P ₀₁	52
Tabel IV.24 Nilai Variabel Tebal Pelat Alas.....	53
Tabel IV.25 Rekapitulasi Nilai Tebal Pelat Alas	53
Tabel IV.26 Rekapitulasi Perhitungan Modulus pada Tiap <i>Block</i>	54
Tabel IV.27 Pemilihan Profil Kapal Pengangkut Muatan	55
Tabel IV.28 Pemilihan Profil Kapal <i>Backhoe</i>	55
Tabel IV.29 Rekapitulasi Perhitungan pada <i>Block 1</i> Kapal Muatan	57
Tabel IV.30 Rekapitulasi Perhitungan pada <i>Block 2</i> Kapal Muatan	58
Tabel IV.31 Perhitungan Berat dan Titik Berat Bangunan Atas Kapal Muatan	58
Tabel IV.32 Rekapitulasi Perhitungan pada <i>Block 1</i> Kapal <i>Backhoe</i>	59

Tabel IV.33 Rekapitulasi Perhitungan pada <i>Block 2</i> Kapal <i>Backhoe</i>	60
Tabel IV.34 Perhitungan Berat dan Titik Berat Bangunan Atas Kapal <i>Backhoe</i>	60
Tabel IV.35 Rekapitulasi Berat dan Perencanaan Titik Berat <i>Backhoe Module</i>	61
Tabel IV.36 Rekapitulasi Berat dan Titik Berat <i>Crew</i> Kapal Muatan.....	63
Tabel IV.37 Nilai K Berdasarkan Jenis Tongkang.....	65
Tabel IV.38 Rekapitulasi Pemenuhan Kriteria Kapal <i>Backhoe</i> Kondisi Kosong dengan <i>Dredging Equipments</i>	70
Tabel IV.39 Rekapitulasi Pemenuhan Kriteria Kapal Muatan Kondisi Kosong dengan <i>Dredging Equipments</i>	70
Tabel IV.40 Hasil Rekapitulasi Pemenuhan Trim Kondisi Kapal Kosong	70
Tabel IV.41 Rekapitulasi Pemenuhan Kriteria Kapal <i>Backhoe</i> Kondisi 25% <i>Full Load</i>	72
Tabel IV.42 Rekapitulasi Pemenuhan Kriteria Kapal Muatan Kondisi 25% <i>Full Load</i>	73
Tabel IV.43 Hasil Rekapitulasi Pemenuhan Trim Kondisi 25% <i>Full Load</i>	73
Tabel IV.44 Rekapitulasi Pemenuhan Kriteria Kapal <i>Backhoe</i> Kondisi 50% <i>Full Load</i>	75
Tabel IV.45 Rekapitulasi Pemenuhan Kriteria Kapal Muatan Kondisi 50% <i>Full Load</i>	75
Tabel IV.46 Hasil Rekapitulasi Pemenuhan Trim Kondisi 50% <i>Full Load</i>	76
Tabel IV.47 Rekapitulasi Pemenuhan Kriteria Kapal <i>Backhoe</i> Kondisi 75% <i>Full Load</i>	78
Tabel IV.48 Rekapitulasi Pemenuhan Kriteria Kapal Muatan Kondisi 75% <i>Full Load</i>	78
Tabel IV.49 Hasil Rekapitulasi Pemenuhan Trim Kondisi 75% <i>Full Load</i>	79
Tabel IV.50 Rekapitulasi Pemenuhan Kriteria Kondisi <i>Full Load</i>	81
Tabel IV.51 Rekapitulasi Pemenuhan Kriteria Kondisi <i>Full Load</i>	81
Tabel IV.52 Hasil Rekapitulasi Pemenuhan Trim Kondisi <i>Full Load</i>	81
Tabel IV.53 Perhitungan Harga Pelat Kapal	83
Tabel IV.54 Perhitungan Harga Sumitomo SH210LC-5LR	83
Tabel IV.55 Perhitungan Harga <i>Square Piles</i>	83
Tabel IV.56 Perhitungan Harga <i>Main Engine</i>	84
Tabel IV.57 Perhitungan Harga Generator Set.....	84
Tabel IV.58 Perhitungan Harga Elektroda	84
Tabel IV.59 Perhitungan Harga Pelat Kapal	85
Tabel IV.60 Perhitungan Harga <i>Chainwheel</i>	85
Tabel IV.61 Perhitungan Harga <i>Main Engine</i>	86
Tabel IV.62 Perhitungan Harga Generator Set.....	86
Tabel IV.63 Perhitungan Harga Elektroda	86
Tabel IV.64 Ukuran Utama Kapal <i>Backhoe</i>	87
Tabel IV.65 Ukuran Utama Kapal Pengangkut Muatan	87

DAFTAR SIMBOL

Q	= Heat input bersih (Watt)
η	= Koefisien dari efisiensi las
U	= Tegangan yang digunakan pada saat pengelasan (Volt)
I	= Besarnya arus listrik yang digunakan (Ampere)
q_e	= Heat flux (Watt/m ²)
A_f	= Luas area pembebahan yang dihasilkan dari proses pengelasan (m ²)
A_e	= Luas area elektroda yang digunakan (m ²)
λ	= Koefisien dari konduktifitas panas, (J.m ⁻¹ .s ⁻¹ .K ⁻¹)
q_2	= <i>Heat flow density</i> (J.m ⁻² .s ⁻¹)
$\partial T / \partial n$	= Gradien dari temperatur (K.m ⁻¹)
C	= Specific heat capacity (J.kg ⁻¹ .K ⁻¹)
ρ	= Massa jenis material (kg.m ⁻³)
q_3	= Volume jenis dari sumber panas (W.m ⁻³)
α	= Difusi termal, (m ² .s)
J	= Masukan panas = $\frac{60EI}{V}$ (Joule/cm)
T	= Suhu di daerah HAZ (°C)
T_0	= Suhu mula material las (°C)
t	= Tebal material las (mm)
ε	= Regangan
E	= Modulus Young
σ^I	= Tegangan dalam orde 1
σ^{II}	= Tegangan dalam orde 2
σ^{III}	= Tegangan dalam orde 3
σ	= Tegangan sisa yang terjadi
σ_x	= Tegangan tegak lurus garis las
σ_y	= Tegangan searah garis las
ε_x	= Regangan tegak lurus garis las
ε_y	= Regangan searah garis las
v	= Angka perbandingan poison
τ	= Tegangan geser
F_s	= Gaya (N)
A_s	= Luas bidang geser (m ²)
G	= Modulus geser
γ	= Regangan geser
M_0	= Momen bending
Q_o	= Gaya geser
Ω	= Angular distortion
w	= Distorsi
σ_y	= Tegangan yield

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang Masalah

Sebagai kota berkembang, Sidoarjo berkembang sangat pesat menjadi salah satu pusat industri dan perdagangan yang sangat berperan dalam pembangunan nasional. Kota Sidoarjo juga merupakan kota transit ke Surabaya. Perkembangan ini menarik minat penduduk untuk bermigrasi ke kota Sidoarjo sehingga mengakibatkan perkembangan penduduk kota meningkat sangat pesat serta menuntut perluasan lahan terbangun untuk perumahan dan fasilitas penunjang lainnya. Wilayah perkotaan yang dulu menempati pusat kota berkembang ke arah barat, timur dan selatan maupun utara dengan pengalihan fungsi lahan-lahan pertanian menjadi perumahan, perdagangan, jasa maupun industri, sehingga mengurangi daerah-daerah konservasi sebagai tempat penampungan air hujan.

Kali Porong merupakan terusan sungai Kali Brantas (*Floodway*) yang berhulu di Kota Mojokerto (Bendung Lengkong Baru), mengalir ke arah timur dan bermuara di Selat Jawa. Sungai ini membatasi Kabupaten Sidoarjo dan Kabupaten Pasuruan. Nama Porong diambil dari nama sebuah kecamatan yang terletak di ujung selatan Kota Sidoarjo. Secara geografi Kali Porong terletak antara $112,5^\circ$ BT – $112,9^\circ$ BT dan $7,3^\circ$ LS° - $7,5^\circ$ LS. Dengan kondisi geologi lembah Kali Porong berisi *piedmonte* batu karang vulkanis seperti : *grumosol*, *latosol*, *mediteran* dan *alluvial*. Dengan kondisi dasar sungai tidak beraturan tanpa batu besar dan belukar. Kali Porong mempunyai dua anak sungai yaitu Kali Sedat (KP. 100) dengan luas DAS $406,7\text{ Km}^2$ dan Kali Kambing (KP. 148) dengan luas DAS $196,6\text{ Km}^2$. Dengan terjadinya bencana Lumpur Sidoarjo pada 30 Mei 2006 dan kemudian pada November 2006 pemerintah menetapkan bahwa Kali Porong sebagai tempat pembuangan Lumpur Sidoarjo menuju ke laut, maka fungsi Kali Porong selain sebagai *floodway*, juga berfungsi sebagai saluran yang mengalirkan endapan lumpur ke muara (Rukmanto, 2016).

Seperti diketahui, Kali Porong berada di dekat lokasi dimana semburan lumpur Sidoarjo. Kali Porong yang juga merupakan saluran buatan mempunyai peranan dalam pengalihan aliran dari sungai Brantas dan juga pengalihan aliran semburan lumpur Sidoarjo. Dengan volume semburan yang mencapai $\pm 126.000\text{ m}^3/\text{hari}$, dikhawatirkan akan mengalami pendangkalan akibat lumpur Sidoarjo. Dan dengan peningkatan volume semburan lumpur tiap

tahunnya, bukan tidak mungkin dalam beberapa tahun ke depan Kali Porong akan mengalami pendangkalan yang diakibatkan aliran lumpur Sidoarjo. Pendangkalan ini dapat mengakibatkan aliran dari tanggul meluber dan mengakibatkan banjir.

Dari masalah tersebut dapat dilakukan solusi yang tepat. Proses penggerukan sungai Porong merupakan salah satu upaya pemerintah Sidoarjo untuk memperbaiki kondisi sungai. Fungsi dari penggerukan tersebut antara lain untuk mengurangi pendangkalan sungai yang disebabkan endapan sedimen dari lumpur Lapindo, memperbesar lebar sungai, membersihkan sampah, memperbaiki sistem drainase kawasan Sungai porong, dll.

Dalam melakukan proses penggerukan yang biasa dilakukan pemerintah adalah dengan menggunakan alat keruk yang beroperasi di atas blok baja yang mengapung. Memang tidak terlalu masalah, namun waktu yang dibutuhkan sangat lama dan dapat merugikan dari segi ekonomis jika metode tersebut dipakai untuk cakupan area yang luas. Akan sangat memudahkan dan mempercepat proses penggerukan apabila terdapat sarana tepat guna untuk implementasinya. Oleh karena itu, penulis mencoba mendesain kapal keruk yang cocok, khusus, dan tepat guna untuk operasi Sungai Porong saat ini. Selain itu pada penelitian ini dilakukan penambahan penggunaan *chainwheel* pada kapal sehingga kapal dapat pula beroperasi di darat. Hal tersebut bertujuan agar kapal dapat digunakan di sungai lain yang memiliki karakteristik dan jenis sedimen yang sama dengan Sungai Porong. Jenis Alat keruk yang digunakan pada kapal *Amphibi Dredger* ini adalah *Backhoe* karena melihat lingkungan sekitar Sungai Porong kawasan ramai.

I.2. Perumusan Masalah

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

1. Berapakah jumlah *payload* *Dredger Amphibi* yang sesuai dengan wilayah operasional Sungai Porong Sidoarjo?
2. Berapakah ukuran utama *Dredger Amphibi* untuk operasi di wilayah sungai Porong Sidoarjo?
3. Bagaimana perhitungan stabilitas, *freeboard*, *trim* dan berat dari *workboat* yang sesuai peraturan?
4. Bagaimana analisis ekonomis kapal *Dredger Amphibi*?

5. Bagaimana memperoleh Rencana Garis, General Arrangement dan 3D model *Dredger Amphibi*?

I.3. Tujuan

Tujuan dari penggerjaan Proposal Tugas Akhir ini sebagai berikut:

1. Memperoleh jumlah *payload Dredger Amphibi* yang sesuai dengan wilayah operasional Sungai Porong Sidoarjo.
2. Memperoleh ukuran utama *Dredger Amphibi* yang sesuai dengan wilayah operasional Sungai Porong Sidoarjo.
3. Melakukan perhitungan *stabilitas, freeboard, trim* dan berat dari *workboat* yang sesuai peraturan.
4. Menghitung analisis ekonomis *Dredger Amphibi*.
5. Memperoleh Rencana Garis, *General Arrangement* dan 3D model *Dredger Amphibi*.

I.4. Batasan Masalah

Dalam penggerjaan Proposal Tugas Akhir ini terdapat beberapa batasan permasalahan sebagai berikut:

1. Perencanaan kapal sebatas *concept design*.
2. Jenis alat keruk yang digunakan berupa *Backhoe*.
3. Tidak membahas perencanaan transmisi dan *engine* secara detail.
4. Tidak membahas perencanaan konstruksi, kekuatan memanjang dan melintang.
5. Masalah kekedapan kapal tidak dibahas secara detail.
6. Laju penambahan sedimen diabaikan.
7. Analisis ekonomis yang dibahas hanya sebatas biaya pembangunan kapal.

I.5. Manfaat

Dari penggerjaan Proposal Tugas Akhir ini, diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Membantu pembersihan sampah, pengeringan, dan reklamasi sungai Porong Sidoarjo daerah buangan lumpur lapindo.
2. Mendukung inovasi desain *Dredger* yang cocok agar dapat dioperasikan di sungai seluruh Indonesia.
3. Sebagai model perancangan bagi mahasiswa dengan harapan akan dikembangkan.

I.6. Hipotesis

Hipotesis yang diperoleh dengan karakteristik sungai dan jenis material di Sungai Porong jenis kapal keruk yang lebih efektif dan efisien menggunakan kapal keruk jenis *Backhoe Dredger*. Dengan memilih kapal jenis ini diharapkan dapat mengurangi pendangkalan sedimen dari lumpur Lapindo di Sungai Porong Sidoarjo. Dan diharapkan dapat *applicable* sesuai dengan kondisi Sungai Porong Sidoarjo karena dapat naik di daratan, sehingga dalam penggerjaannya dapat efisien dan optimal tidak memakan banyak waktu.

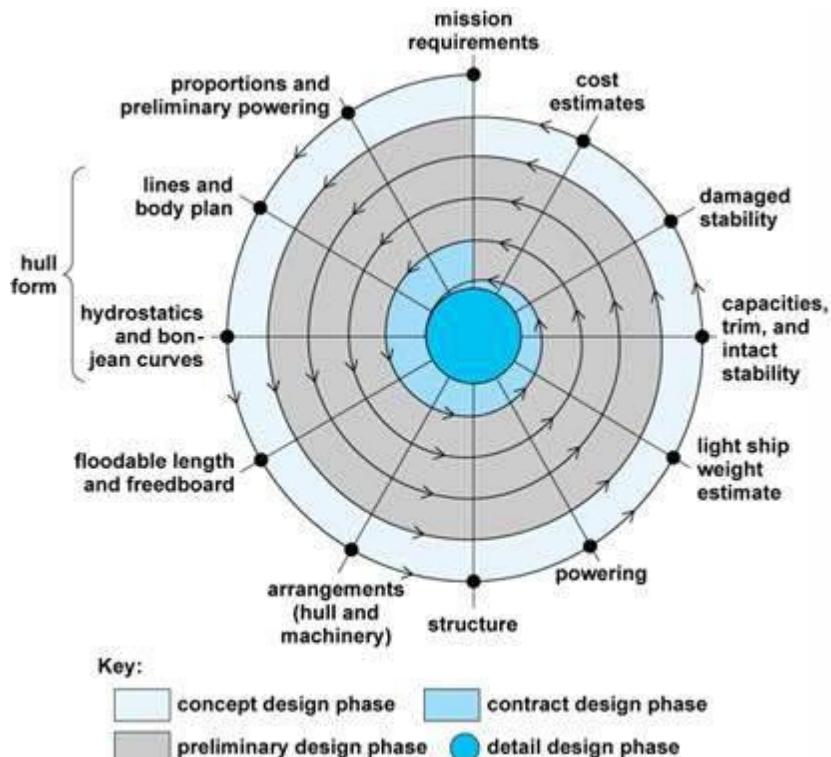
BAB II

STUDI LITERATUR

II.1. Dasar Teori

II.1.1. Tahapan Desain Kapal

Dalam mendesain sebuah kapal, dibutuhkan tahapan-tahapan yang harus dilakukan agar jelas dan sistematik. Tahapan-tahapan yang dilakukan juga bukan hanya satu tahap saja, tetapi harus dilakukan berulang-ulang agar mendapatkan hasil yang baik. Seperti pada Gambar II.1 Spiral Desain tentang *Design Spiral* yang di dalamnya terdapat proses-proses yang harus dilalui seorang desainer dalam mendesain kapal.



(Sumber: Access Science, 2011)

Gambar II.1 Spiral Desain

Terdapat empat tahapan dalam *Design Spiral* ini, antara lain:

1. *Concept Design*

Tahapan paling awal pada proses desain yang memiliki fungsi untuk menerjemahkan permintaan pemilik kapal sebagai ketentuan dasar desain kapal. Karena bernama konsep, rumus yang dipakai bisa memakai suatu pendekatan, kurva, atau pengalaman-pengalaman sebagai perkiraan awal yang bertujuan untuk

mendapatkan estimasi biaya konstruksi, biaya permesinan kapal, biaya peralatan kapal, dan biaya perlengkapan kapal. Hasil dari tahap desain ini berupa ukuran utama kapal, dan gambar secara umum.

2. *Preliminary Design*

Tahapan ini adalah tahap pendalaman teknis yang akan memberikan detail lebih banyak daripada konsep desain. Adapun yang dimaksud detail adalah hal-hal yang memberikan dampak signifikan pada kapal seperti pendekatan awal biaya pembangunan kapal yang dibutuhkan. Yang dilakukan dalam tahap ini antara lain perhitungan kekuatan memanjang kapal, pengembangan bagian *midship* kapal, perhitungan yang lebih akurat untuk berat dan titik berat, lambung timbul, stabilitas, dll. Dan pada tahap ini pula dilakukan pemeriksaan terhadap *performance* kapal.

3. *Contract Design*

Tujuan dari *contract design* adalah pembuatan dokumen secara akurat dengan mendeskripsikan kapal yang akan dibuat. Pada tahap ini masih memungkinkan dilakukan perbaikan hasil pada tahap sebelumnya yaitu *preliminary design* untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat. Lalu dokumen tersebut digunakan sebagai dasar dalam kontrak pembangunan kapal antara pemilik kapal dengan pihak galangan kapal. Terdapat komponen-komponen dari *contract specification* dan *contract drawing* antara lain *arrangement drawing*, *structural drawing*, *structural details*, *machinery selection*, *propulsion arrangement*, dll. Komponen-komponen di tahap ini sering juga disebut dengan *key plan drawing*. *Key plan drawing* harus benar-benar dapat merepresentasikan fitur-fitur kapal secara detail sesuai dengan permintaan pemilik kapal.

4. *Detail Design*

Merupakan tahap terakhir dari siklus desain. Di tahap ini dilakukan penggerjaan yang lebih mendetail dari *production drawing* dan *key plan drawing*. Tahap ini mencakup semua yang dibutuhkan meliputi perhitungan dan rencana untuk membangun suatu kapal. Selain itu, pada tahap ini diberikan pula petunjuk mengenai instalasi dan detail konstruksi.

II.1.2. Metode Desain Kapal

Terdapat banyak metode yang digunakan dalam mendesain kapal. Berikut penjelasan tentang beberapa metode yang digunakan dalam Tugas Akhir ini:

1. Set Based Design

Set Based Design adalah salah satu jenis metode desain kompleks yang juga digunakan dalam dunia perkapalan. Metode ini menggunakan sistem alternatif secara paralel, dimana melihat sesuatu yang jelas bernilai dan mengeliminasi yang dianggap tidak menguntungkan. Maksud dari sistem paralel adalah dilakukannya optimisasi terhadap suatu hal yang ditinjau. Kemudian dari banyak nilai optimisasi tersebut, akan diambil nilai yang benar-benar efisien. Dalam dunia perkapalan salah satu metode *Set Based Design* yang sering dipakai adalah metode 256 untuk mendapatkan hasil teroptimal yang mempengaruhi performa kapal dan *cost* pada pembangunan kapal.

2. Metode 256

Metode ini biasa dipakai untuk mendapatkan suatu ukuran utama awal yang optimum berdasarkan suatu faktor yang ditinjau (faktor tersebut bisa berupa ukuran mana yang paling ekonomis, paling efisien, paling stabil, dll). Metode ini dilakukan setelah mendapatkan nilai-nilai *main coefficient*. Unsur-unsur dasar yang dibutuhkan dalam melakukan metode ini antara lain nilai *Froude Number* (F_n), L/B, B/T, dan T/H. Setelah data-data tersebut tersedia, langkah selanjutnya adalah mengoptimasi ukuran utama awal dengan persentase 1,667% dan 5% batas atas dan batas bawah. Sehingga nantinya akan didapatkan sebanyak 256 data ukuran utama. Dengan melalui tahap-tahap perhitungan setelahnya, satu dari sekian banyak data ukuran utama tersebut akan dipilih berdasarkan faktor-faktor yang ditinjau.

II.1.3. Main Coefficient

Komponen-komponen berikutnya setelah didapatkan ukuran utama awal kapal adalah *main coefficient* yang meliputi *Froude Number* (F_n), *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.

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

3. *Prismatic Coefficient* (C_p)

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

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

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.1.4. Hambatan Kapal

Hambatan kapal gaya yang bekerja pada kapal berlawanan arah dengan arah laju kapal yang berwujud fluida. Hambatan pada kapal perlu diketahui agar dapat mengetahui kebutuhan daya mesin yang dibutuhkan kapal. Banyak hal yang mempengaruhi nilai hambatan antara lain ukuran utama kapal, kecepatan kapal, karakteristik badan kapal di bawah sarat, dll.

Secara garis besar, hambatan kapal terbagi menjadi tiga yakni hambatan gesek (*frictional resistance*), hambatan akibat gelombang (*wave-making resistance*), dan hambatan udara (*air resistance*). Karena pada Tugas Akhir ini kapal yang digunakan termasuk ke dalam jenis tongkang, maka rumus hambatan yang digunakan adalah dari *Korean Register*.

1. Frictional Resistance

Menurut *Korean Register*, rumus yang digunakan untuk menghitung hambatan gesek yakni:

$$R_f = 0,000136 \times F_1 \times A_1 \times v^2 \quad (2.6)$$

Dimana,

F_1 = Hull surface condition coefficient, (0,8)

A_1 = Surface area below waterline (m^2)

v = Velocity (knots)

2. Wave Making Resistance

Merupakan hambatan gelombang air yang timbul saat kapal bergerak. *Korean Register* merumuskan hambatan akibat gelombang pada tongkang sebagai berikut:

$$R_w = 0,014 \times C \times F_2 \times A_2 \times v^2 \quad (2.7)$$

Dimana,

C = Resistance coefficient of rough sea, (1,2)

F_2 = Bow shape coefficient as obtained from Tabel II.1

A_2 = Hull cross sectional area below the waterline (m^2)

v = Velocity (knots)

Tabel II.1 Bow Shape Coefficient

Bow shape	F_2
	0.2/0.4
	0.3/0.5
	0.4/0.6
	0.3/0.5
	0.8/1.0

Sumber: *Korean Register Rules*, 2010

3. Air Resistance

Merupakan hambatan yang diakibatkan oleh udara. *Korean Register* merumuskan hambatan udara pada tongkang sebagai berikut:

$$Ra = 0,0000195 \times C_s \times C_H \times A_3 \times (v_w + v)^2 \quad (2.8)$$

Dimana,

C_s = Shape coefficient of hull surface facing the wind as obtained from Tabel II.2

C_H = Coefficient of height from waterline to center of area facing the wind as obtained from Tabel II.3

A_3 = Total cross sectional area exposed to wind above waterline (m^2)

v_w = wind velocity at service area (knots)

Tabel II.2 Shape Coefficient of Hull Surface Facing The Wind

Shape of hull surface	C_s
spherical	0.4
cylindrical	0.5
leg brace	0.5
leg cord	0.7
large flat. hull/deck house	1.0
clustered deck house	1.1
latticed structure	1.25
crane, beam, etc.	1.5

Sumber: *Korean Register Rules*, 2010

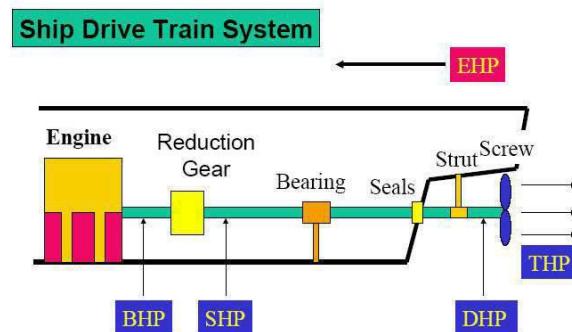
Tabel II.3 Coefficient of Height from Waterline to Center of Area Facing The Wind

Height from waterline (m)	C_H
0 - 15.3	1.0
15.3 - 30.5	1.1
30.5 - 46.0	1.2
46.0 - 61.0	1.3
61.0 - 76.0	1.37
76.0 - 91.5	1.43
91.5 - 106.5	1.48
106.5 - 122.0	1.52
122.0 - 137.0	1.56
137.0 - 152.5	1.60
152.5 - 167.5	1.63
167.5 - 183.0	1.67
183.0 - 198.0	1.70
198.0 - 213.5	1.72
213.5 - 228.5	1.75
228.5 - 244.0	1.77
244.0 - 256.0	1.79
more than 256	1.80

Sumber: *Korean Register Rules*, 2010

II.1.5. Kebutuhan Daya Penggerak Kapal

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



(Sumber: <https://www.iupcar.com/bhp>, 2017)

Gambar II.2 Unsur-unsur Daya Penggerak pada Kapal

Seperi dilihat pada (Sumber: <https://www.iupcar.com/bhp>, 2017)

Gambar II.2 kebutuhan daya mesin penggerak utama (*break horse power*) dapat dicari setelah melakukan perhitungan komponen daya yang ada sebelumnya secara beruntun. Berikut penjabaran dari masing-masing komponen daya menurut (Lewis, 1988):

1. *Effective Horse Power* (EHP)

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

$$EHP = RT \times Vs \quad (2.9)$$

Dimana:

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

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

V_s = Kecepatan dinas kapal (m/s)

2. *Delivery Horse Power (DHP)*

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

$$DHP = EHP/\eta_D \quad (2.10)$$

Dimana:

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

η_D = Efisiensi baling-baling (*propeller efficiency*)

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

- η_H = Efisiensi lambung (*hull efficiency*)

$$\eta_H = (1 - t)/(1 - w) \quad (2.11)$$

Dimana:

w = *Wake friction*

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

t = *Thrust deduction*

$$t = 0.70 w + 0.06 \text{ untuk kapal dengan } twin \ screw$$

- η_R = Efisiensi relatif-rotatif (*relative-rotative efficiency*)

$$\eta_R = 0.9737 + 0.111 (C_P - 0.0225 LCB) + (-0.06325 P/D) \quad (2.12)$$

Dimana:

P/D = *Pitch ratio*

LCB = Panjang terhadap titik apung

- η_O = *Open water efficiency*

3. *Shaft Horse Power (SHP)*

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

$$SHP = DHP/\eta_S\eta_B \quad (2.13)$$

Dimana:

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

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

$$\eta_S \eta_B = 0.98, \text{ untuk peletakan } main \ engine \text{ di bagian belakang kapal}$$

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

4. Break Horse Power (BHP)

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

$$BHP = SHP / \eta_T \quad (2.14)$$

Dimana:

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

$\eta_T = \text{Transmision efficiency}$

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

li = Harga koefisien terhadap penggunaan komponen sistem penggerak dapat dilihat pada Tabel II.4

Tabel II.4 Harga li Berdasarkan Tipe Komponen Sistem Penggerak

Tipe Penggunaan Komponen Sistem Penggerak	Harga li
<i>Reduction Gear</i>	0,010
<i>Thrust Bearing</i>	0,005
<i>Reversing Gear</i>	0,010

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

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

$$MCR = BHP(1 + M_D) / (1 - M_S) \quad (2.15)$$

Dimana:

$M_D = \text{Power design margin}$

$M_D = 3 - 5 \%$

$M_S = \text{Power service margin}$

$$M_S = 15 - 25 \%$$

II.1.6. Berat dan Titik Berat Kapal

1. Berat *Lightweight Tonnage* (LWT)

Perhitungan Berat dan Titik Berat Kapal Kosong pada Tugas Akhir ini menggunakan perhitungan pos per pos. Perhitungan pos per pos adalah perhitungan untuk mendapatkan nilai berat dan titik berat pada kondisi kapal kosong. Dimana dalam satu kapal dibagi menjadi beberapa bagian blok / pos per pos (biasanya panjang bloknya disesuaikan dengan panjang baja di pasaran) lalu semua komponen yang ada di tiap blok akan dihitung (hanya mencakup *Lightweight* saja). Hasil dari perhitungan pos per pos ini adalah berupa berat, LCG, dan VCG dari tiap blok. Lalu setelah didapatkan nilai-nilai tersebut, maka dapat didapatkan berat kapal kosong keseluruhan, LCG kapal, dan VCG kapal.

2. Berat Sistem Propulsi

- Berat *Main Engine*

Berat disesuaikan dengan katalog mesin.

- Berat *Propeller*

$$W_{prop} = D^3 \times K \times V \quad (2.16)$$

Dimana,

$$K = 0.18 (A_E/A_0) - (z - 2)/100$$

$$V = 0,01 \times D^3$$

$$D = (0,6T + 0,65T)/2$$

z = Jumlah daun baling-baling

A_E/A_0 = Perbandingan antara luas *propeller expanded* dengan luas lingkaran

- Berat *Shaft*

$$W_{shaft} = (M / L_s) \times L_s \quad (2.17)$$

Dimana,

L_s = Panjang *shaft*

$$L_s = 0,081 \times (P_D / n)^{2/3}$$

3. Berat *Deadweight Tonnage* (DWT)

- *Payload* (Berat Muatan)

Berat Muatan didapatkan dari ketentuan dari pemilik kapal pada *owner requirements* yang nantinya menjadi dasar seorang desainer dalam mendesain kapal.

- Berat *Crew*
Berat kru secara rinci akan dibahas di Bab IV.
- Berat Bahan Bakar (*Fuel Oil*)
Berat bahan bakar secara rinci akan dibahas di Bab IV.

4. Titik Berat

Titik berat benda adalah suatu titik pada benda tersebut dimana berat dari seluruh bagian benda terpusat pada titik tersebut. Dasar teori itulah yang dijadikan landasan dalam merancang kapal, dimana perhitungan titik berat gabungan kapal merupakan gabungan dari seluruh komponen benda yang ikut terapung bersama kapal. Dalam perhitungan mencari titik berat terdapat dua jenis pendekatan, yaitu pendekatan dengan formula yang didapat dari hasil penelitian dan pengujian, serta pendekatan terhadap bentuk-bentuk bidang dan ruang seperti persegi, persegi panjang, segi tiga, lingkaran, trapesium, dan lain-lain. Untuk perhitungan jarak titik berat kapal dapat dibagi menjadi dua macam, yaitu jarak titik berat secara memanjang (*longitudinal center of gravity / LCG*) untuk mengetahui dimana letak titik berat secara memanjang, yang pada umumnya menjadikan titik AP, *midship*, atau FP sebagai titik acuannya, dan jarak titik berat secara vertikal (*vertical center of gravity / VCG*) guna mengetahui letak titik berat secara vertikal, yang pada umumnya menjadikan dasar lunas (*keel*) sebagai titik acuan untuk mengukur VCG.

II.1.7. *Freeboard (Lambung Timbul)*

Lambung Timbul adalah jarak yang diukur vertikal pada bagian *midship* kapal dari tepi garis geladak hingga garis air di area *midship*. Perhitungan lambung timbul merupakan aspek penting yang harus dilakukan seorang desainer dalam mendesain kapal. Persyaratan tentang lambung timbul kapal secara umum terdapat dalam peraturan Internasional ICLL (*International Convention on Load Lines*), *Korean Register Rules* (untuk *barges*), dan peraturan dari klasifikasi lainnya. Karena dalam Tugas Akhir ini kapal termasuk ke dalam jenis tongkang (*barge*), maka rumus yang digunakan berdasarkan *Korean Register Rules*:

$$F = \frac{10(0,68+Cb)K}{1,36} \quad (2.18)$$

Dimana,

F = Freeboard (mm)

C_b = Block Coefficient, tidak boleh kurang dari 0,68

K = nilai sesuai dengan Tabel II.5

Tabel II.5 Nilai K

<i>Type of Barges</i>		K
$L < 50$ m	<i>Cargo Barges</i>	0,8 L
	<i>Oil Barges</i>	0,5 L
$L \geq 50$ m	<i>Cargo Barges</i>	$(L/10)^2 + (L/10) + 10$
	<i>Oil Barges</i>	$0,8(L/10)^2 + (L/10)$
(Note) L : Length of Barges (m)		

Sumber: *Korean Register Rules*, 2010

II.1.8. Stabilitas Kapal

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

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

Keseimbangan statis suatu benda dibedakan atas tiga macam, yaitu:

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

Terdapat beberapa metode dalam menentukan besaran kapal. Untuk metode yang digunakan untuk desain *dredger* ini sesuai dengan metode yang dijelaskan oleh (Manning) yang

mempertimbangkan besar lengan pengembali GZ. Untuk perhitungan GZ dapat didapatkan seperti berikut:

$$GZ = GG' \sin\theta + b_1 \sin 2\theta + b_2 \sin 4\theta + b_3 \sin 6\theta \quad (2.19)$$

θ = Sudut inklinasi

$$GG' = KG' - KG$$

$$b_1 = \frac{9x(G'B_{90} - G'B_0)}{8} - \frac{G'M_0 - G'M_{90}}{32} \quad (2.20)$$

$$b_2 = \frac{G'M_0 + G'M_{90}}{8} \quad (2.21)$$

$$b_3 = \frac{3x(G'M_0 - G'M_{90})}{32} - \frac{3x(G'B_{90} - G'B_0)}{8} \quad (2.22)$$

II.2. Tinjauan Pustaka

II.2.1. Pekerjaan Pengerukan

Pekerjaan pengerukan meliputi dua jenis kegiatan, yaitu pekerjaan pengerukan yang hasil material keruknya tidak dimanfaatkan atau dibuang dan pekerjaan pengerukan yang hasil material keruknya dimanfaatkan. Selain itu pengerukan dapat dikategorikan dalam dua pekerjaan yaitu pekerjaan pengerukan awal dan pengerukan untuk pemeliharaan alur pelayaran dan atau kolam pelabuhan. Sedangkan Pekerjaan pengerukan terdiri dari tiga kegiatan, yaitu pelaksanaan pengerukan, transportasi material keruk ke lokasi pembuangan dan kegiatan pembuangan material keruk di lokasi pembuangan material keruk (*Dumping area*) (Suprapto, 2006).

II.2.2. Perencanaan Pengerukan

Beberapa ketentuan teknis berdasarkan Pedoman Teknis Kegiatan Pengerukan dan Reklamasi tahun 2006 meliputi unsur-unsur berikut:

1. Perencanaan desain alur dan kolam pelabuhan yang berkaitan dengan pekerjaan pengerukan, pembangunan dan pemeliharaan harus sepengetahuan Direktur Jendral Perhubungan Laut.

2. Untuk pekerjaan pengeringan awal, harus diadahului dengan penyelidikan tanah, setidaknya meliputi test *Spesific gravity* dan *Standard Penetration Test* (SPT) dan kadar garam (*Salinity*). Keadaan tanah dasar diperiksa untuk dua keperluan, pertama kemudahannya untuk di keruk (*Excavability*) dan kedua pengangkutannya (*Transportability*).
3. Penentuan/penetapan posisi alur pelayaran/kolam pelabuhan pada peta *Sounding*.
4. Pengeringan di daerah sekitarnya.
5. *Alignment* alur pelayaran, lengkungan pada alur sedapat mungkin dihindari bila lengkungan harus ada diusahakan bentuk geometris alur yang melengkung tersebut membentuk sudut tidak lebih dari 30° , sedangkan jari-jari kurva lengkungan minimal empat kali dari panjang kapal.

II.2.3. Klasifikasi Pengeringan

1. Berdasarkan pemanfaatan material keruknya, pekerjaan pengeringan dibagi atas:
 - a. Pekerjaan pengeringan yang hasil material keruknya dapat dimanfaatkan, dimana hasil pemanfaatannya harus mendapatkan persetujuan dari instansi yang berwenang.
 - b. Pekerjaan pengeringan yang hasil material keruknya dibuang atau tidak dimanfaatkan, sesuai rekomendasi dari syahbandar dan penyelenggara pelabuhan terdekat.
2. Sedangkan berdasarkan jenis kegiatannya, dibagi atas:
 - a. Kegiatan pembangunan atau pengeringan awal (*Capital Dredging*)
Capital Dredging adalah kegiatan pengeringan untuk membuat suatu konfigurasi dasar laut, sungai, atau danau yang baru.
 - b. Kegiatan pengeringan pemeliharaan (*Maintenance Dredging*)
Maintenance Dredging adalah kegiatan pengeringan untuk mempertahankan konfigurasi dasar laut, sungai, atau danau tersebut.

II.2.4. Tujuan Pengeringan

Adapun berikut beberapa tujuan pengeringan dilakukan:

1. Konstruksi dan reklamasi

Untuk memperoleh material bangunan seperti kerikil, pasir, dan tanah liat atau untuk menimbun lahan dengan material kerukan sebagai tempat membangun daerah industri, permukiman, jalan, dsb.

2. Pertambangan

Untuk mendapatkan mineral, permata, logam mulia, dan pupuk.

3. Pelayaran (Navigasi)

Untuk perluasan, pemeliharaan, dan perbaikan sarana lalu lintas air dan pelabuhan. Untuk membuat pelabuhan, memperdalam kolam pelabuhan (*turning basin*), dan fasilitas lainnya.

4. Pengendalian banjir

Untuk memperbaiki dan melancarkan aliran sungai dengan memperdalam dasar sungai atau fasilitas pengendali banjir lainnya seperti tanggul atau bendungan.

5. Tujuan lainnya

Untuk penggalian pondasi bawah air dan penanaman pipa saluran air atau pembuatan terowongan. Untuk membuang polutan dan mendapatkan air yang berkualitas (Rohim, 2003).

II.2.5. Metode Pengerukan

Metode pengerukan menurut Direktorat Pelabuhan dan Pengerukan tahun 2015 yaitu:

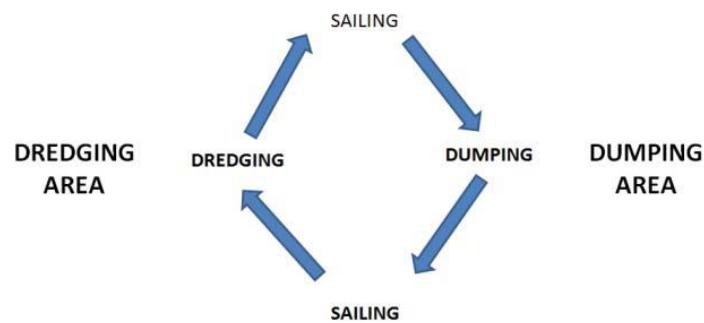
1. Pekerjaan pengerukan secara garis besar dapat dibagi dalam tiga proses utama, yakni: penggalian, pengangkutan, dan pembuangan.
2. Metode pekerjaan pengerukan dapat dilaksanakan dengan jenis kapal keruk *hopper* dan *non hopper*.
3. Untuk material keruk yang keras, semisal karang, pekerjaan pengerukan dapat dilaksanakan dengan beberapa cara yaitu:
 - a. Penggalian material karang dengan metode pemecahan karang melalui gelombang pendek atau *microwave*.
 - b. Penggalian material karang dengan metode peledakan karang kemudian pemindahan material keruk dengan sistem pengerukan normal.
 - c. Penggalian material karang dengan metode mekanikal kemudian pemindahan material keruk dengan sistem pengerukan normal.
 - d. Pemotongan karang dengan menggunakan peralatan tekanan tinggi.
4. Penggalian material keruk karang dengan metode peledakan harus mendapatkan izin dari instansi yang berwenang.

II.2.6. Siklus Waktu Pengerukan

Proses pengerjaan pengerukan akan melalui 4 tahap, yaitu:

1. Tahapan memotong/*excavating*
2. Tahapan menaikan/*lifting*
3. Tahapan mengangkut/*transportation*

4. Tahapan membuang/*dumping*



Gambar II.3 Siklus Pengerukan

Gambar II.3 Siklus Pengerukan adalah siklus pengerukan dan tahapan yang dilakukan pada dasarnya hanya dengan tiga mekanisme, yakni:

1. Pengerukan Hidrolik

Pengerukan untuk material yang lepas/*loose*/tidak padat, biasanya untuk *Maintenance Dredging* (Mahendra, 2005)

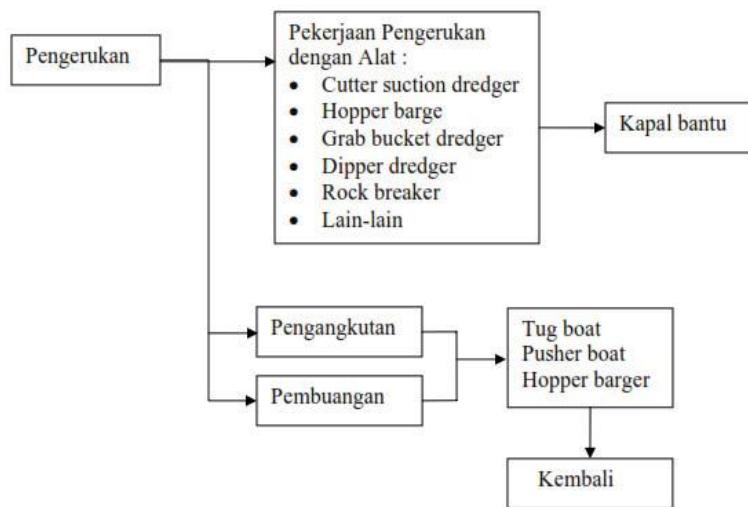
2. Pengerukan Mekanik

Pengerukan untuk material yang padat/*solid*, biasanya untuk *Maintenance Dredging* dan *Capital Dredging*.

3. Pengerukan Hidrolik dan Mekanik

Kombinasi dari kedua metode sebelumnya, biasanya untuk material keras dan perlu dipotong sebelum material dihisap.

Ketiga cara pengerukan di atas juga menggunakan alat bantu untuk transportasi dan pembuangan material hasil pengerukan (Mahendra, 2005).



Skema II.1 Aktivitas Pengerukan

Skema II.1 Aktivitas pengerkuan merupakan aktivitas pengerkuan mulai dari pengerkuan dengan alat-alat bantu sampai dengan pembuangan dan seterusnya.

II.2.7. Pemilihan Jenis Alat Keruk

1. Jenis alat keruk berdasar penggeraknya dibedakan berdasarkan yang memiliki alat penggerak sendiri dan tanpa alat penggerak sendiri, dimana masing-masing jenis alat keruk memiliki kinerja berbeda untuk berbagai keadaan cuaca dan material tanah dasarnya.
2. Pemilihan jenis kapal keruk sangat penting dikarenakan dapat meningkatkan hasil yang lebih efisien dan lebih ekonomis, optimalisasi pengerkuan, dan untuk mengurangi dampak dari sedimentasi.
3. Pemilihan jenis dan kapasitas kapal keruk ditentukan oleh:
 - a. Maksud dan tujuan dilakukan pengerkuan (pemeliharaan kedalaman alur/kolam pelabuhan dan pembuatan alur/kolam pelabuhan).
 - b. Kedalaman awal alur atau kolam.
 - c. Jenis material keruk (pasir, lumpur, tanah liat/clay dan karang)
 - d. Lokasi pekerjaan
 - e. Volume keruk
 - f. Jarak ke area pembuangan (*dumping area*)
4. Pemilihan alat keruk harus disesuaikan dengan jenis material dasar yang dikeruk diklasifikasikan sesuai dengan Tabel II.6 dibawah ini:

Tabel II.6 Jenis Alat Keruk Berdasarkan Jenis Tanah

Jenis Tanah			Jenis Alat Keruk				
Klasifikasi	Keadaan	N	Pump Dredger	Hopper Dredge r	Grab Dredger	Bucket Dredger	Dipper Dredger
Tanah Lempung	Sangat lunak	<4	√	√	√	√	
	Lunak	4	√	√	√	√	
	Sedang	10	√	√	√	√	
	Keras	10	√		√	√	
	Lebih keras	20	√		√	√	√
	Sangat keras	20	√		√	√	√
Tanah Kepasiran	Lunak	<10	√	√	√	√	
	Sedang	10	√	√	√	√	
	Keras	20	√	√	√	√	
	Lebih keras	20	√		√	√	√
	Sangat keras	30	√		√	√	√
Tanah Lempung Berkerikil	Lunak	<30	√	√	√	√	√
	Keras	>30	√	√	√	√	√
Tanah Kepasiran Berkerikil	Lunak	<30	√		√	√	√
	Keras	>30	√		√	√	√
Batu	Lebih lunak	40	√		√	√	√
	Lunak	50	√		√	√	√
	Sedang	50			√	√	√

	Keras	60			✓		
	Lebih keras	60			✓		
	Sangat keras	60			✓		
Kerikil	Lepas		✓		✓	✓	
	Menyatu		✓		✓	✓	✓

Sumber: Pedoman Teknis Kegiatan Penggerukan dan Reklamasi, 2006

5. Pemilihan alat keruk perlu disesuaikan dengan kemampuan alat keruk sebagaimana

Tabel II.7.

Tabel II.7 Pemilihan Alat Keruk Berdasarkan Kemampuan Alat

Kemampuan Alat Keruk	<i>Bucket Dredger</i>	<i>Grab Dredger</i>	<i>Backhoe Dredger</i>	<i>Suction Dredger</i>	<i>Cutter Dredger</i>	<i>Hopper Dredger</i>
Dapat mengeruk material	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya
Dapat mengeruk material lempung	Ya	Ya	Ya	Tidak	Ya	Tidak
Dapat mengeruk material batuan	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Ya	Tidak
Kabel jangkar	Ya	Ya	Tidak	Ya	Ya	Ya
Kemampuan Alat Keruk	<i>Bucket Dredger</i>	<i>Grab Dredger</i>	<i>Backhoe Dredger</i>	<i>Suction Dredger</i>	<i>Cutter Dredger</i>	<i>Hopper Dredger</i>
Kedalaman penggerukan maksimum (m)	30	>100	20	70	25	50
Melakukan penggerukan secara akurat	Tidak	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Ya
Dapat digunakan	Tidak	Tidak	Tidak	Ya	Ya	Tidak

pada kondisi <i>offshore</i>						
Pengangkutan menggunakan pipa	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Ya	Tidak
Dapat mengeruk tanah padat	Ya	Ya	Ya	Tidak	Terbatas	Tidak

(Sumber: Pedoman Teknis Kegiatan Pengerukan dan Reklamasi, 2006)

II.2.8. Material Keruk

Tanah menjadi faktor utama yang mempengaruhi dalam pemilihan kapal keruk beserta peralatan keruknya dan produktivitas kapal. Material tanah ada beberapa macam sesuai dengan ukuran menurut *Colorado State* yang dijelaskan pada Tabel II.8.

Tabel II.8 Jenis-jenis Material Keruk

Name	Particle Diameter (mm)
<i>Clay</i>	< 0,002
<i>Silt</i>	0,002 to 0,05
<i>Very fine sand</i>	0,05 to 0,10
<i>Fine sand</i>	0,10 to 0,25
<i>Medium sand</i>	0,25 to 0,5
<i>Coarse sand</i>	0,5 to 1,0
<i>Very coarse sand</i>	1,0 to 7,0
<i>Gravel</i>	2,0 to 75,0
<i>Rock Greater</i>	>75,0 (approximately 2 inches)

Sumber: (Mahendra, 2014)

II.2.9. Lokasi Pembuangan (*Dumping Area*)

1. Lokasi pembuangan (*dumping area*) hasil keruk dapat dipilih dengan persyaratan tidak diperbolehkan di: alur-pelayaran, kawasan lindung, kawasan suaka alam, taman nasional, taman wisata alam, kawasan cagar budaya dan ilmu pengetahuan, sempadan pantai, kawasan terumbu karang, kawasan mangrove, kawasan perikanan dan budidaya, kawasan pemukiman, dan daerah lain yang sensitif terhadap pencemaran sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

2. Lokasi pembuangan material keruk yang lokasinya di perairan, dibuang pada jarak 12 (dua belas) mil dari garis pantai dan/atau pada kedalaman lebih dari 20 (dua puluh) meter setelah dilakukan studi lingkungan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan yang berlaku.
3. Tempat pembuangan material keruk di darat harus mendapat persetujuan dari pemerintah daerah setempat dan instansi yang berwenang (Direktorat Pelabuhan dan Pengerukan, 2015).

II.2.10. *Backhoe Dredger*

Backhoe/dipper dredger memiliki sebuah *backhoe* seperti *excavator*. *Backhoe dredger* dapat pula menggunakan *excavator* untuk darat, diletakkan di atas tongkang. Biasanya *backhoe dredger* ini memiliki tiga buah *spudcan*, yaitu tiang yang berguna sebagai pengganti jangkar agar kapal tidak bergerak, dan pada *backhoe dredger* yang *high-tech*, hanya memerlukan satu orang untuk mengoperasikannya. *Backhoe* merupakan salah satu alat *dredging* berbentuk timba dengan penggali hidrolis tunggal yang terletak di ujung lengan yang berbeda (depan atau belakang). Backhoe Dredger dipakai untuk penggalian di wilayah air yang merupakan pengembangan dari *backhoe excavator* yang ada di darat (Dharmawan, 2014)

Kapal keruk jenis ini mulai dikenal sejak tahun 1980-an. Saat itu, pembangunan *Backhoe Dredger* masih sangat jarang. *Backhoe Dredger* sangat cocok digunakan untuk wilayah perairan yang dangkal. Selain itu, kapal keruk jenis ini cocok jika dioperasikan untuk wilayah yang memiliki karakteristik material keruk yang berpasir, berbatu, atau campuran antara keduanya. Cara kerja *Backhoe Dredger* adalah sama seperti fungsi *excavator* pada umumnya (Jayakusuma, 2017). Dalam pembangunannya, hal-hal yang perlu diperhatikan yaitu batasan-batasan pada wilayah operasi, seperti *draught* minimum, lebar minimum, dll.

II.2.11. Kendaraan Amfibi

Pengertian kendaraan amfibi adalah kendaraan yang dapat beroprasi di dua alam, khusus darat dan perairan. Semakin berkembangnya teknologi memungkian bagi peneliti untuk menemukan inovasi, salah satunya adalah kendaraan amfibi. Kendaraan amfibi diduga muncul pada pertengahan tahun 1800, ketika itu orang amerika yang bernama Oliver Evans menciptakan sebuah alat bertenaga uap yang berhasil dioperasikan lebih dari satu mil di jalanan philadelphia dan berlayar di sungai delaware. Kendaraan itu disebut *Orukter*

Amphibolus dan menjadi amfibi pertama dari mesin uap yang pernah dibuat, namun kendaraan itu digunakan sebagai pembersih dermaga oleh orang-orang pada jaman tersebut.

Pada pertengahan tahun 1910 William Mazzei menggunakan mesin Hydromotor atau hydrometer yang didorong oleh sebuah mesin continental yang dapat menempuh jarak mencapai 60 mph didarat dan 25 mph diatas air dan gagasan William Mazzei diteruskan oleh George Monnot yang akhirnya dapat menciptakan *Hydrocar* yang mengkombinasikan antara perahu, mobil, dan truk dan hal ini terjadi pada saat menjelang perang dunia pertama dan akhirnya kemajuan yang terjadi saat itu terhenti karena kendaraan ini digunakan sebagai kendaraan tempur para militer.

II.2.12. *Chainwheel*

Chainwheel adalah sistem pergerakan kendaraan dengan menggunakan sabuk kontinu yang dikendalikan oleh dua atau lebih roda. Sabuk ini umumnya dibuat dari baja untuk penggunaannya di kendaraan militer, atau karet yang diperkuat dengan kawat baja untuk aplikasi alat berat konstruksi dan pertanian. Luas bidang permukaan yang besar dari roda rantai membagi berat kendaraan lebih baik daripada kendaraan beroda, sehingga memungkinkan kendaraan roda rantai bergerak di atas permukaan yang lebih lunak dan menghindari kemungkinan roda terjebak. Pola roda (*treads*) tertentu pada roda rantai dapat meningkatkan traksi yang signifikan pada permukaan yang lunak, namun mengakibatkan goresan pada jalan yang keras (beraspal, berlapis batu, dan sebagainya)

II.2.13. Sungai Porong

Kali Porong merupakan terusan sungai Kali Brantas (*Floodway*) yang berhulu di Kota Mojokerto (Bendung Lengkong Baru), mengalir ke arah timur dan bermuara di Selat Jawa. Sungai ini membatasi Kabupaten Sidoarjo dan Kabupaten Pasuruan. Sungai ini adalah sungai buatan alias terusan yang digunakan untuk mengalihkan sebagian aliran sungai Brantas yang bermuara di Surabaya. Terusan ini digali/dibuat oleh Airlangga. Nama Porong diambil dari nama sebuah kecamatan yang terletak di ujung selatan Kota Sidoarjo. Secara geografi Kali Porong terletak antara $112,5^\circ$ BT – $112,9^\circ$ BT dan $7,3^\circ$ LS° - $7,5^\circ$ LS. Lebar sungai di muara berkisar antara 150 – 200 meter dengan sisi kiri lebih dalam bila dibanding dengan sisi kanan. Bantaran sungai bagian kanan pada umumnya lebar hingga mencapai puluhan meter, namun sisi kiri berada di daerah gerusan yang dalam sehingga mencapai kedalaman 5,00 meter di dekat kaki tanggul.

Dengan kondisi geologi lembah Kali Porong berisi *piedmonte* batu karang vulkanis seperti : *grumosol*, *latosol*, *mediteran* dan *alluvial*. Dengan kondisi dasar sungai tidak beraturan tanpa batu besar dan belukar. Kali Porong mempunyai dua anak sungai yaitu Kali Sedat (KP. 100) dengan luas DAS 406,7 Km² dan Kali Kambing (KP. 148) dengan luas DAS 196,6 Km². Dengan terjadinya bencana Lumpur Sidoarjo tahun 2006 dan kemudian pada November 2006 pemerintah menetapkan bahwa Kali Porong sebagai tempat pembuangan Lumpur Sidoarjo menuju ke laut, maka fungsi Kali Porong selain sebagai *floodway*, juga berfungsi sebagai saluran yang mengalirkan endapan lumpur ke muara. Seperti pada Gambar II.4

Kali Porong berada di dekat lokasi semburan lumpur Sidoarjo. Kali Porong yang juga merupakan saluran buatan mempunyai peranan dalam pengalihan aliran dari sungai Brantas dan juga pengalihan aliran semburan lumpur Sidoarjo. Dengan volume semburan yang mencapai ± 126.000 m³/hari, dikhawatirkan akan mengalami pendangkalan akibat lumpur Sidoarjo. Dan dengan peningkatan volume semburan lumpur tiap tahunnya, bukan tidak mungkin dalam beberapa tahun ke depan Kali Porong akan mengalami pendangkalan yang diakibatkan aliran lumpur Sidoarjo.



(Sumber: https://id.wikipedia.org/wiki/Kabupaten_Sidoarjo, 2017)

Gambar II.4 Lokasi Lumpur Lapindo

II.2.14. Zoning

Zoning dilakukan dengan cara melakukan survei lapangan secara langsung untuk melihat kondisi pembuangan lumpur Lapindo di Sungai Porong. Setelah dilakukan pengamatan, sejauh 16 km dari titik pintu pembuangan lumpur sampai hulu Sungai Porong

II.2.15. Pemilihan Rute

Pemilihan rute operasional Kapal *Amphibious Dredger* ini dilakukan dengan cara melihat hasil dari hasil *zoning* yang sudah dilakukan. Berdasarkan pendangkalan di Sungai Porong sejauh 16 km, maka pada zona itu ditetapkan sebagai daerah operasional pengerukan. Telah ditentukan ilustrasi rute,rute operasional yang dipilih yaitu mulai dari Pejajaran, Jabon, Sidoarjo sampai Tambak Kalisongo, Jabon, Sidoarjo. Gambar II.5 merupakan peta rencana operasi *Dredger Amphibious*.



- Lokasi awal operasi pengerukan
- Lokasi akhir operasi pengerukan

Gambar II.5 Peta Rencana Operasi *Dredger Amphibious*

BAB III

METODOLOGI

III.1. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Tahap yang dilakukan pertama kali adalah identifikasi dan perumusan masalah terhadap obyek yang dijadikan Tugas Akhir ini. Identifikasi dilakukan guna mengetahui masalah apa saja yang dapat timbul dari obyek yang dituju antara lain tentang Sungai Porong yang dilalui buangan lumpur Lapindo, kapal keruk jenis *backhoe dredger*, dsb. Kemudian dari hasil identifikasi, langkah selanjutnya adalah merumuskan masalah dari masalah yang telah didapatkan. Fungsi dari perumusan masalah tidak lain agar penyelesaian dari masalah yang dibahas jelas.

III.2. Pengumpulan Data dan Studi Literatur

Tahap selanjutnya yakni mengumpulkan data dan studi literatur. Pengumpulan data sangatlah diperlukan untuk mengetahui segala hal tentang obyek yang akan ditinjau. Pengumpulan data dapat dilakukan dengan berbagai cara antara lain, pengumpulan data primer dan sekunder. Selain mengumpulkan data, pengumpulan studi literatur juga harus dilakukan guna memperkuat teori yang dipakai. Studi literatur yang dicari harus berhubungan dengan obyek yang akan dibahas, setidaknya dasar teori yang digunakan harus sesuai.

III.3. Menentukan Operational Requirements dan Payload

Setelah berbagai data dan studi literatur dikumpulkan, maka tahap selanjutnya adalah menentukan *Operational Requirements* dan *Payload* dari *dredger Amphibious vessel*. Penentuan *Operational Requirement* ini meliputi batasan-batasan yang harus diperhatikan agar desain kapal mampu beroperasi di area Sungai Porong, mulai dari lebar minimum sungai, kedalaman sungai, panjang sungai yang ditinjau, jenis sedimentasi sungai, dan ketinggian sedimentasi sungai. Dari *Operational Requirements* tersebut akan dapat digunakan untuk menentukan *Payload* (muatan) pada *dredger Amphibious vessel*.

III.4. Penentuan Ukuran Utama Awal dan Kapasitas Ruang Muat

Setelah *Operational Requirements* dan *Payload* ditentukan, selanjutnya adalah menentukan ukuran utama awal dan kapasitas ruang muat. Dalam menentukan kapasitas

ruang muat tentunya berdasarkan dari *Payload* kapal agar tidak *over specification* ataupun kurang. Cara dari bagaimana menentukan kapasitas ruang muat akan dijelaskan pada Bab IV. Kemudian dari kapasitas ruang muat, maka ukuran utama awal kapal dapat ditentukan. Ukuran utama awal kapal ini nantinya akan digunakan pada berbagai perhitungan analisis teknis. Ukuran utama awal ini bersifat sementara karena akan dioptimasi nilainya berdasarkan peninjauan banyak hal dalam perhitungan teknis.

III.5. Analisis Teknis dan Perhitungan Ekonomis dengan Metode Optimasi 256

III.5.1. Variasi 256 Kapal

Tujuan metode 256 dilakukan adalah untuk mendapatkan ukuran utama kapal yang optimal berdasarkan aspek-aspek teknis yang ditinjau dan biaya pembangunan kapal yang paling murah sebagai *objective function*. Variabel dalam optimasi pada perhitungan 256 ini adalah L, B, T dan H. Sedangkan yang dijadikan *constraint* pada perhitungan 256 meliputi nilai *Froude Number*, L/B, B/T, T/H, *freeboard*, trim, stabilitas dan *displacement*. Untuk nilai L/B, B/T, T/H dapat diperoleh dari perbandingan nilai pada ukuran utama awal

III.5.2. Perhitungan Hambatan dan Proporsi

Perhitungan hambatan total kapal dilakukan untuk mendapatkan daya mesin yang sesuai dan dibutuhkan oleh kapal. Menurut (*Korean Register, 2010*) hambatan kapal dipengaruhi oleh besarnya nilai WSA kapal, dan koefisien hambatan total kapal.

III.5.3. 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 *Rules* dari BKI *Volume II Rules For Hull*. Sedangkan untuk berat DWT sendiri merupakan berat *payload*, *crew* dan barang bawaan.

III.5.4. Perhitungan Freeboard

Perhitungan *freeboard* menggunakan ketentuan *Korean Register Rules*, karena kapal yang digunakan adalah kapal keruk berbentuk tongkang (*barge*). Dan dikarenakan beberapa proses perhitungan menggunakan bantuan *software Maxsurf* dimana untuk menghitung tongkang, *Maxsurf* juga menggunakan *Korean Register Rules*.

III.5.5. Trim dan Stabilitas Kapal

Dalam menghitung trim dan stabilitas kapal keruk ini dilakukan dengan bantuan *software Maxsurf Stability Enterprise*. Perhitungan trim dan stabilitas nantinya akan disesuaikan dengan peraturan *Intact Stability 2008 (IS Code)*.

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 2018) barang-barang/komponen-komponen yang ada pada kapal lalu dijumlahkan.

III.6. Menentukan Ukuran Utama Optimum

Untuk penentuan ukuran utama yang paling optimum adalah dengan melalui tahap-tahap perhitungan teknis, satu dari sekian banyak data ukuran utama tersebut akan dipilih berdasarkan batasan-batasan yang telah memenuhi kriteria dan harga kapal yang paling ekonomis.

III.7. Desain Lines Plan, Rencana Umum, dan 3D Model

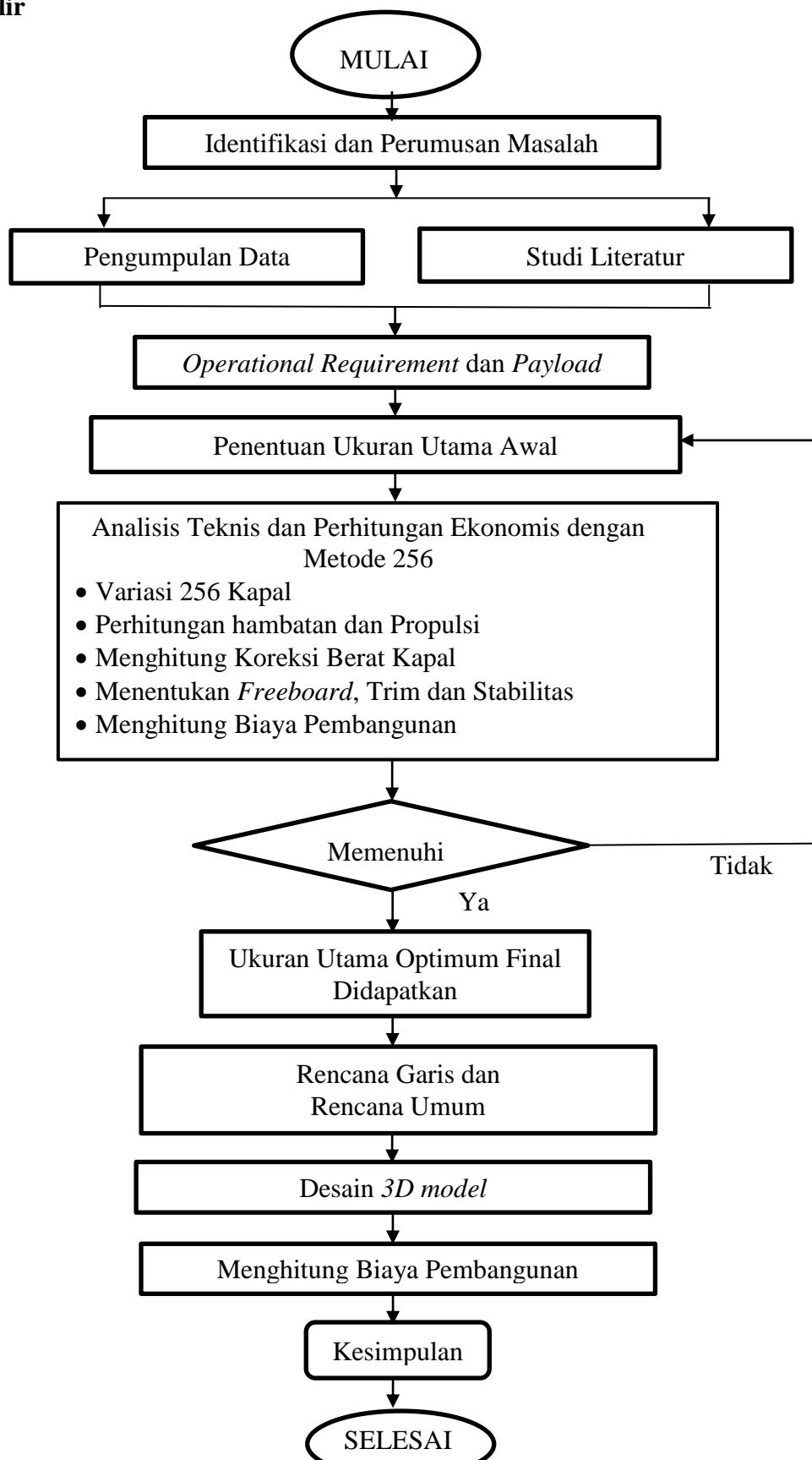
Pada tahap ini, proses pembuatan model 3D, gambar Rencana Garis, dan gambar Rencana Umum diperoleh dari *software Maxsurf Modeler Advanced*. Dari sini kemudian dibentuk kapal dan disesuaikan dengan karakteristik analisis teknis yang telah dihitung. Jika telah didapatkan karakteristik badan kapal yang sesuai, maka selanjutnya mengatur *Design Grid* (yang berisi *section*, *waterlines*, *buttock*, dan *diagonals*) untuk mendapatkan Rencana Garis kapal. Setelah itu, hasil Rencana Garis dari *Maxsurf Modeler Advanced* di *export* ke *AutoCAD* untuk di-redraw agar lebih baik gambarnya. Dan tahap selanjutnya, Gambar Rencana Umum dapat dibuat juga dari *software AutoCAD*.

III.8. Kesimpulan

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

Sebagai acuan penggerjaan dalam Tugas Akhir ini kerangka pola pikir mengenai tahapan proses penggerjaan diatas diinterpretasikan dalam diagram alir pada Gambar III.1.

III.9. Bagan Alir



Gambar III.1 Bagan Alir Metodologi

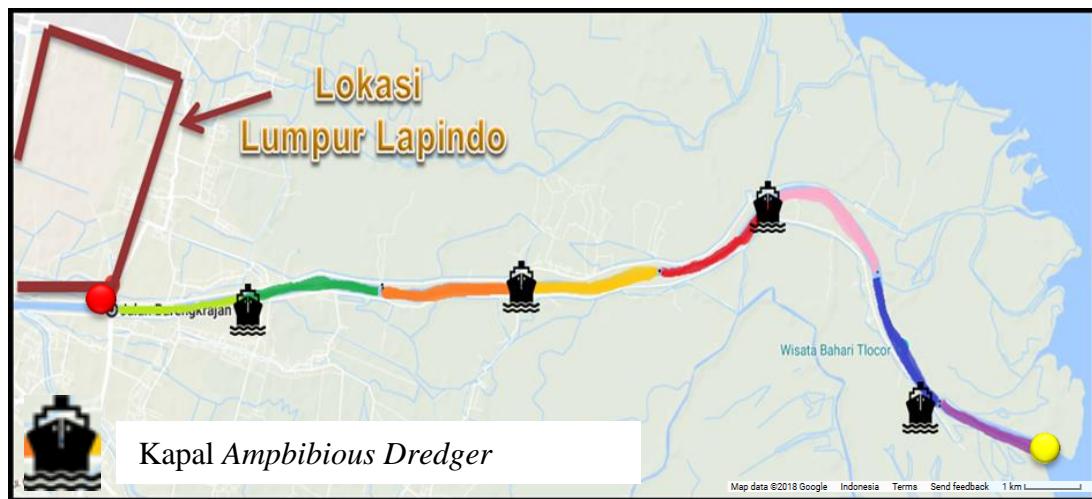
BAB IV

ANALISIS TEKNIS DAN ESTIMASI BIAYA PEMBANGUNAN

IV.1. Skenario Pengerukan

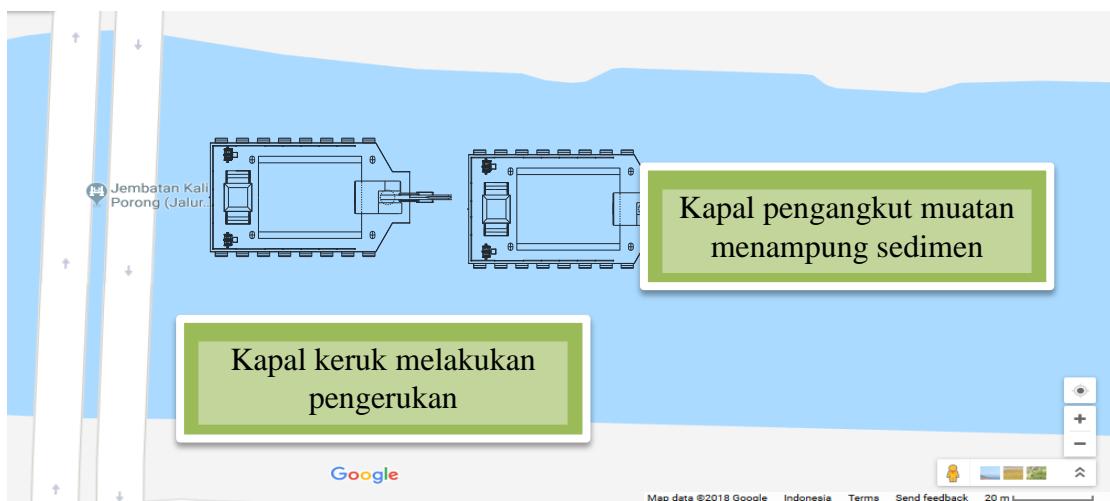
Dalam operasinya, *Amphibious Dredger* bertugas untuk melakukan pengerukan di Sungai Porong Sidoarjo. Untuk melakukan pengerukan, kapal harus benar-benar dapat menjalankan operasi dengan baik. Untuk itu selain mendesain kapal secara teknis, diperlukan juga skenario-skenario agar kapal beroperasi dengan baik tanpa gangguan. Berikut penjabaran skenario selama kapal melakukan pengerukan sampai menuju ke *dumping area* (area pembuangan):

1. Terdapat 8 zona pengerukan di sepanjang Sungai Porong dari pintu buangan Lumpur Lapindo sampai muara seperti Gambar IV.1. Setiap 2 zona dikerjakan oleh kapal pengangkut muatan dan kapal *backhoe*. Kapal pengangkut muatan ini yang dapat melakukan proses *unloading* ke daratan.



Gambar IV.1 Pembagian Zona Pengerukan Sungai Porong

2. Pada proses pengerukan di Sungai Porong, kapal *Backhoe* melakukan *dredging* yang ditampung oleh kapal pengangkut muatan. Gambar IV.2 merupakan visualisasi pengerukan kapal.



Gambar IV.2 Kapal *Backhoe* Melakukan *Dredging*

3. Jika proses pengeringan selesai dilakukan dan muatan sedimen telah penuh, kapal pengangkut muatan kemudian membawa muatan keruknya ke daratan melalui landasan yang sudah disediakan. Visualisasi prosesnya dapat dilihat pada Gambar IV.3.



Gambar IV.3 Kapal Pengangkut Muatan Membawa Sedimen Lumpur Menuju Daratan

IV.2. Analisis Perhitungan

IV.2.1. Perhitungan *Payload*, Ukuran Utama Awal dan Metode 256 pada Kapal Pengangkut Muatan

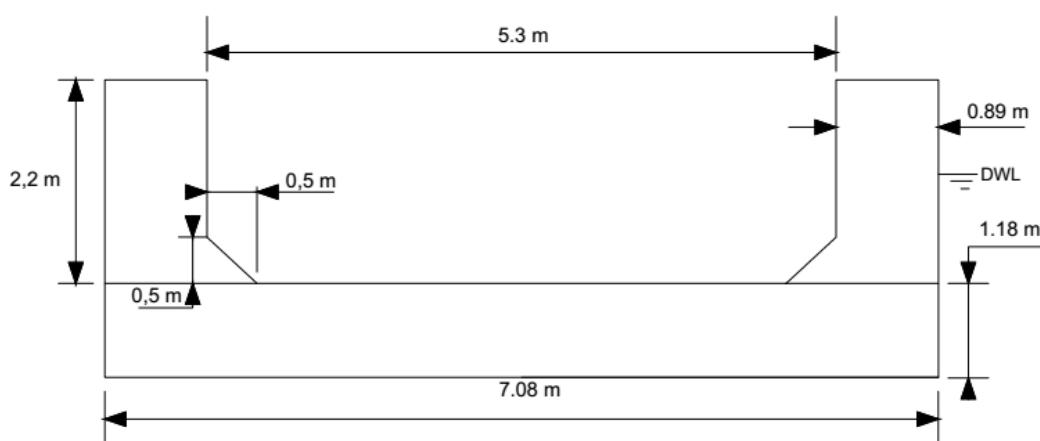
Perhitungan ruang muat pada *amphibious dredger* didasarkan pada struktur geometris Sungai Porong yang meliputi kedalaman sungai, lebar minimum sungai, keadaan lingkungan saat menuju daratan dan volume sedimentasi. Data-data tersebut juga digunakan untuk

menentukan *Operational Requirements* kapal. Pada Tabel IV.1 adalah rekapitulasi data mencari *payload* yang dibutuhkan untuk menentukan ruang muat:

Tabel IV.1 Rekapitulasi Data yang Dibutuhkan Dalam Perhitungan Ruang Muat

Data Yang Dibutuhkan	Nilai
Jarak Lintasan Keruk	16000 m
Lebar Minimum Sungai	48 m
Tinggi Sedimentasi Sungai	1 m
Volume Keruk	768000 m ³
Rencana Waktu Penggerukan	368 hari
Volume Pengangkutan Per Hari	2104.11 m ³
Estimasi Pengangkutan Per Hari	4 kali
Berat Muatan	49.1 ton
Massa Jenis Lumpur	0,746 ton/m ³

Dari hasil berat muatan pada Tabel IV.1 maka, didapatkan *Payload* yang menjadi *Operational Requirements* kapal sebesar 49.1 ton. Dengan diperolehnya nilai *Payload* kapal akan didapatkan juga volume akibat muatan sebesar 65.82 m³. Dari hasil volume tersebut, maka ukuran untuk 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 = 5.8 meter, B = 5.3 meter, dan H = 2,2 meter. Kemudian ukuran *side tank* dan tinggi *double bottom* masing-masing 0,6 meter.



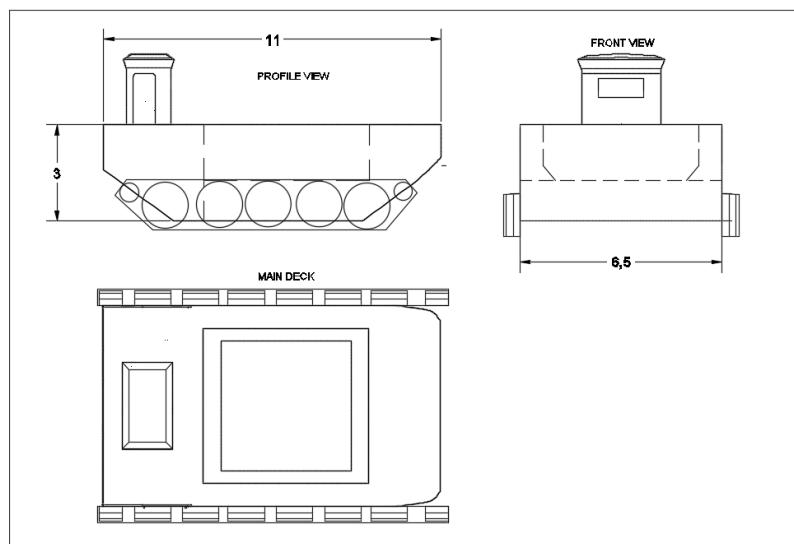
Gambar IV.4 Ukuran Ruang Muat Kapal

Gambar IV.4 merupakan ukuran ruang muat kapal. Penambahan sudut sebesar 45° pada *Hopper Side* berfungsi untuk menghindari *free surface effect* akibat *angle of repose* dari material muatan (lumpur) sesuai yang disyaratkan oleh *IMSBC Code Appendix 1* seperti pada Tabel IV.2

Tabel IV.2 *IMSBC Code Appendix 1* Tentang Material Lumpur

Angel of repose	Bulk density (kg/m ³)	Stowage factor (m ³ /t)
Not applicable	765 to 1515	0,65 to 1,34
Size	Class	Group
Up to 150 mm	Not applicable	C

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 IV.1 dan ukuran ruang muat. Rekapitulasi sketsa ukuran utama awal kapal pengangkut muatan dapat dilihat pada Gambar IV.5 dan Tabel IV.3 untuk kapal mengangkut muatan



Gambar IV.5 Sketsa Awal Kapal Pengangkut Muatan

Tabel IV.3 Rekapitulasi Ukuran Utama Awal Kapal Mengangkut Muatan

Ukuran Utama Awal Kapal	Nilai
Panjang (L ₀)	11 meter
Lebar (B ₀)	6,5 meter
Tinggi (H ₀)	3 meter
Sarat (T ₀)	1,8 meter

Tahap setelah mendapatkan ukuran utama awal kapal adalah mengoptimisasi ukuran utama kapal menggunakan metode 256. Pada optimasi 256 variabel yang akan dicari adalah ukuran utama kapal. Variabel dalam optimasi pada perhitungan 256 ini adalah L, B, T dan H. Sedangkan yang dijadikan *constrain* pada perhitungan 256 meliputi nilai *Froude Number*, L/B, B/T, T/H, *freeboard*, trim, stabilitas dan *displacement*. Untuk nilai L/B, B/T, T/H dapat diperoleh dari perbandingan nilai pada ukuran utama awal. Tujuan metode 256 dilakukan adalah untuk mendapatkan ukuran utama kapal yang optimal berdasarkan aspek-aspek teknis yang ditinjau dan biaya pembangunan kapal yang paling murah. Dalam operasinya, metode 256 dapat menghasilkan 256 ukuran utama kapal yang dipersentasekan pada batas atas dan batas bawah dari ukuran utama awal kapal yang telah diperoleh (variasi penambahan sebesar x %). Persentase batas atas metode 256 yang dipakai bernilai -1,667 % dan -5 %. Begitu juga persentase batas bawah metode 256 bernilai 1,667 % dan 5 %. Dari nilai tersebut digunakan untuk mendapatkan ukuran utama kapal sebanyak 256 ukuran utama. Gambar IV.6 merupakan perhitungan singkat dari metode 256 yang telah dibuat *spreadsheet*-nya menggunakan *Microsoft Excel* untuk kapal pengangkut muatan.

	X	$F_{r_0} + X\%$	X	$L_o/B_o + X\%$	X	$B_o/T_o + X\%$	X	$T_o/H_o + X\%$
	-5,00%	0,3293	-5,00%	1,6077	-5,00%	3,4306	-5,00%	0,5700
	-1,667%	0,3409	-1,667%	1,6641	-1,667%	3,5509	-1,667%	0,5900
	1,667%	0,3524	1,667%	1,7205	1,667%	3,6713	1,667%	0,6100
	5,00%	0,3640	5,00%	1,7769	5,00%	3,7917	5,00%	0,6300

Optimasi 256 :																
No	F_n	L	B	T	H	Cb	Cm	Cp	Cwp	freeboard	Hambatan (kN)	koreksi dis	Trim	ULTIMATE ACCEPTANCE	Harga Total Kapal	
71	61	0,3293	12,1884	5,8593	1,8090	3,1737	0,6910	1,0000	0,6910	0,5410	Accepted	31,687	Accepted	OK	Accepted	Rp1.740.921.016
72	62	0,3293	12,1884	6,8593	1,8090	3,0665	0,6910	1,0000	0,6910	0,5410	Accepted	31,661	Accepted	OK	Accepted	Rp1.740.921.016
73	63	0,3293	12,1884	6,8593	1,8090	2,9656	0,6910	1,0000	0,6910	0,5410	Accepted	31,638	Accepted	OK	Accepted	Rp1.652.631.516
74	64	0,3293	12,1884	6,8593	1,8090	2,8715	0,6910	1,0000	0,6910	0,5410	Accepted	31,615	Accepted	OK	Accepted	Rp1.652.631.516
75	65	0,3409	11,3761	7,0761	2,0627	3,6187	0,6910	1,0000	0,6910	0,5410	Accepted	37,125	Accepted	Fail	-	Rp1.677.501.925
76	66	0,3409	11,3761	7,0761	2,0627	3,4960	0,6910	1,0000	0,6910	0,5410	Accepted	37,095	Accepted	OK	Accepted	Rp1.677.501.925
77	67	0,3409	11,3761	7,0761	2,0627	3,3814	0,6910	1,0000	0,6910	0,5410	Accepted	37,067	Accepted	OK	Accepted	Rp1.677.501.925
78	68	0,3409	11,3761	7,0761	2,0627	3,2734	0,6910	1,0000	0,6910	0,5410	Accepted	37,041	Accepted	OK	Accepted	Rp1.677.501.925
79	69	0,3409	11,3761	7,0761	1,9927	3,4960	0,6910	1,0000	0,6910	0,5410	Accepted	35,867	Accepted	OK	Accepted	Rp1.668.043.879
80	70	0,3409	11,3761	7,0761	1,9927	3,3770	0,6910	1,0000	0,6910	0,5410	Accepted	35,838	Accepted	OK	Accepted	Rp1.668.043.879
81	71	0,3409	11,3761	7,0761	1,9927	3,2668	0,6910	1,0000	0,6910	0,5410	Accepted	35,811	Accepted	OK	Accepted	Rp1.668.043.879
82	72	0,3409	11,3761	7,0761	1,9927	3,1631	0,6910	1,0000	0,6910	0,5410	Accepted	35,786	Accepted	Fail	-	Rp1.668.043.879
83	73	0,3409	11,3761	7,0761	1,9274	3,3814	0,6910	1,0000	0,6910	0,5410	Accepted	34,690	Accepted	Fail	-	Rp1.659.203.410

Gambar IV.6 Contoh Optimisasi Metode 256 Kapal Pengangkut Muatan

Gambar IV.6 menunjukkan variasi 256 untuk kapal pengangkut muatan yang didalamnya terdapat analisa teknis dan analisa ekonomis. Hasil variasi 256 berupa rekapitulasi perhitungan hambatan, propulsi, berat, *freeboard*, trim, stabilitas yang memenuhi batasan persyaratan teknis dan analisis ekonomis berupa biaya pembangunan kapal yang paling murah. Analisis ekonomis berupa pembangunan kapal yang dijadikan sebagai *objective function*. Rekapitulasi hasil ukuran utama optimal yang dipilih dari perhitungan optimasi 256 dapat dilihat pada Tabel IV.4.

Tabel IV.4 Rekapitulasi Ukuran Utama Kapal Pengangkut Muatan

Ukuran Utama Awal Kapal	Nilai
Panjang (L_0)	11,83 meter
Lebar (B_0)	7,08 meter
Tinggi (H_0)	3,38 meter
Sarat (T_0)	1,99 meter

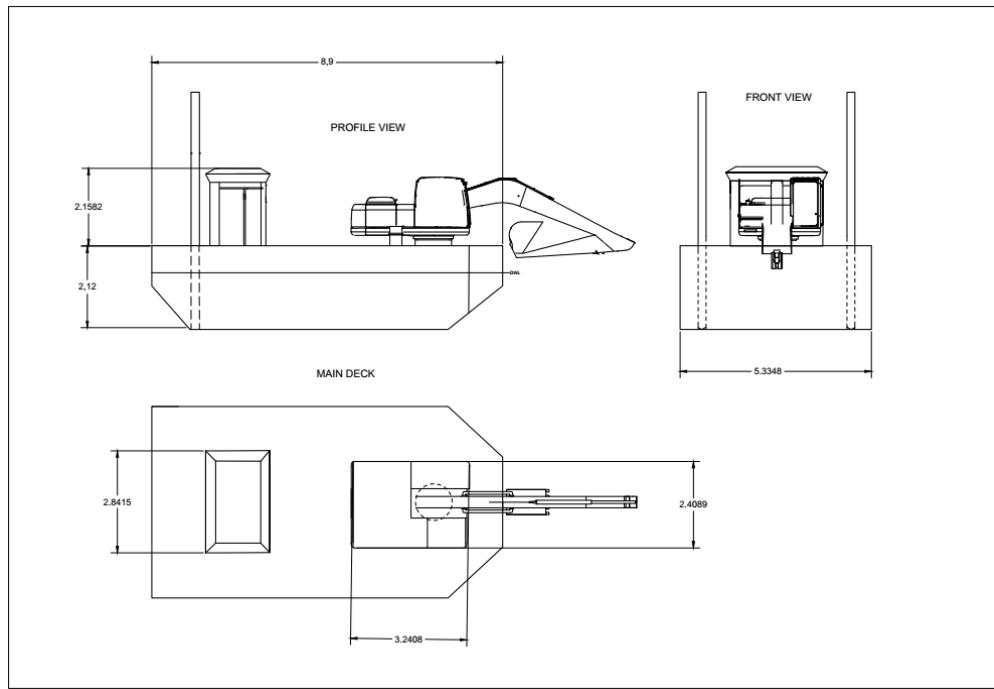
Dalam memperoleh nilai *main coefficient* dan LCB kapal digunakan bantuan *software Maxsurf*. Mula-mula desain 3D awal kapal dibuat menggunakan *software Maxsurf Modeler Advanced*. Meski nilai ukuran utama kapal dari hasil metode optimisasi 256 bersifat sementara, desain 3D awal kapal tetap dibuat dan di-*input* menggunakan nilai ukuran utama awal kapal. Karena nilai *main coefficient* ditinjau berdasarkan perhitungan *software*. Nilai *main coefficient* yang didapatkan dari perhitungan *software Maxsurf Modeler Advanced* meliputi nilai *Block Coefficient* (C_b), *Midship Coefficient* (C_m), *Waterplane Coefficient* (C_{wp}), dan *Prismatic Coefficient* (C_p). Tabel IV.5 rekapitulasi hasil *main coefficient* dari perhitungan *Maxsurf Modeler Advanced*.

Tabel IV.5 Hasil Rekapitulasi *Main Coefficient* dari *Maxsurf Modeler Advanced* Kapal Pengangkut Muatan

<i>Main Coefficient</i>	Nilai Kapal Muatan
<i>Block Coefficient</i> (C_b)	0,691
<i>Midship Coefficient</i> (C_m)	1,000
<i>Waterplane Coefficient</i> (C_{wp})	0,691
<i>Prismatic Coefficient</i> (C_p)	0,540

IV.2.2. Penentuan Ukuran Utama Kapal Pengeruk

Untuk menentukan ukuran utama kapal pengeruk ini dilakukan dengan metode *point based design*. Metode tersebut dilakukan dengan cara mencari atau merencanakan satu ukuran utama yang sesuai dengan *Operational Requirements*. Yang menjadi *Operational Requirements* kapal pengeruk yaitu adanya *Backhoe Module*, ruang navigasi dan *spud*, lalu menentukan ukuran utama kapal pengeruk ini dilakukan pembuatan sketsa awal dengan penempatan sesuai ukuran yang tepat yang dapat dilihat pada Gambar IV.7 . Dalam proses ini tidak dilakukan optimasi, sehingga ukuran utama kapal *backhoe* yang didapatkan seperti pada Tabel IV.6



Gambar IV.7 Sketsa Awal Kapal Pengeruk

Tabel IV.6 Rekapitulasi Ukuran Utama Kapal Backhoe

Ukuran Utama Awal Kapal	Nilai
Panjang (L_0)	8.9 meter
Lebar (B_0)	4.85 meter
Tinggi (H_0)	2,12 meter
Sarat (T_0)	1,44 meter

IV.2.3. Perhitungan Hambatan Kapal

Untuk menghitung hambatan kapal jenis tongkang menggunakan rumus (*Korean Register Rules*, 2010). Berikut rumus yang digunakan dalam menghitung hambatan kapal:

1. Frictional Resistance

Menurut *Korean Register*, rumus yang digunakan untuk menghitung hambatan gesek yakni:

$$R_f = 0,000136 \times F_1 \times A_1 \times v^2 \quad (4.1)$$

$F_1 = \text{Hull surface condition coefficient, (0,8)}$

$A_1 = \text{Surface area below waterline (m}^2\text{)}$

2. Wave Making Resistance

Merupakan hambatan gelombang air yang timbul saat kapal bergerak. *Korean Register* merumuskan hambatan akibat gelombang pada tongkang sebagai berikut:

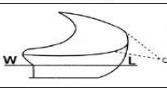
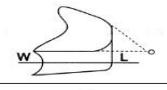
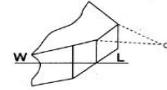
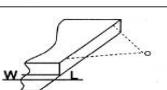
$$R_w = 0,014 \times C \times F_2 \times A_2 \times v^2 \quad (4.2)$$

C = Resistance coefficient of rough sea, (1,2)

F_2 = Bow shape coefficient as obtained from Tabel IV.7

A_2 = Hull cross sectional area below the waterline (m^2)

Tabel IV.7 Bow Shape Coefficient

Bow shape	F_2
	0.2/0.4
	0.3/0.5
	0.4/0.6
	0.3/0.5
	0.8/1.0

Sumber: Korean Register Rules, 2010

3. Air Resistance

Merupakan hambatan yang diakibatkan oleh udara. (Korean Register Rules, 2010) merumuskan hambatan udara pada tongkang sebagai berikut:

$$Ra = 0,0000195 \times C_s \times C_H \times A_3 \times (v_w + v)^2 \quad (4.3)$$

C_s = Shape coefficient of hull surface facing the wind as obtained from Tabel IV.8

C_H = Coefficient of height from waterline to the wind as obtained from Tabel IV.9

A_3 = Total cross sectional area exposed to wind above waterline (m^2)

v_w = wind velocity at service area (knots)

Tabel IV.8 Shape coefficient of hull surface facing the wind

Shape of hull surface	C_s
spherical	0.4
cylindrical	0.5
leg brace	0.5
leg cord	0.7
large flat. hull/deck house	1.0
clustered deck house	1.1
latticed structure	1.25
crane, beam, etc.	1.5

Sumber: Korean Register Rules, 2010

Tabel IV.9 *Coefficient of height from waterline to center of area facing the wind*

Height from waterline (m)	C_H
0 - 15.3	1.0
15.3 - 30.5	1.1
30.5 - 46.0	1.2
46.0 - 61.0	1.3
61.0 - 76.0	1.37
76.0 - 91.5	1.43
91.5 - 106.5	1.48
106.5 - 122.0	1.52
122.0 - 137.0	1.56
137.0 - 152.5	1.60
152.5 - 167.5	1.63
167.5 - 183.0	1.67
183.0 - 198.0	1.70
198.0 - 213.5	1.72
213.5 - 228.5	1.75
228.5 - 244.0	1.77
244.0 - 256.0	1.79
more than 256	1.80

Sumber: *Korean Register Rules*, 2010

Dari rumus-rumus yang digunakan di atas didapatkan rekapitulasi hasil yang disajikan dalam Tabel IV.10 dan

Tabel IV.11:

Tabel IV.10 Rekapitulasi Nilai Variabel Hambatan Kapal Pengangkut Muatan

No.	Variabel Hambatan	Nilai (ton)
1	<i>Frictional Resistance</i>	0,12086
2	<i>Wave Making Resistance</i>	3,48232
3	<i>Air Resistance</i>	0,03431
4	<i>Total Resistance</i> ($\sum 1 + 2 + 3$)	3,63749

Tabel IV.11 Rekapitulasi Nilai Variabel Hambatan Kapal Backhoe

No.	Variabel Hambatan	Nilai (ton)
1	<i>Frictional Resistance</i>	0,068517
2	<i>Wave Making Resistance</i>	1,7296
3	<i>Air Resistance</i>	0,007688
4	<i>Total Resistance</i> ($\sum 1 + 2 + 3$)	1,805

Untuk detail perhitungan tentang hambatan kapal dapat dilihat di Lampiran B Perhitungan Analisis Teknis.

IV.2.4. 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 Bab II.1.5, bahwa dalam menghitung daya yang dibutuhkan oleh kapal terdapat beberapa elemen yang harus dicari. Elemen-elemen tersebut meliputi *Effective Horse Power* (EHP), *Delivery Horse Power* (DHP), *Shaft Horse Power* (SHP), dan *Brake Horse Power* (BHP). Berikut rumus-rumus untuk mencari elemen-elemen tersebut:

1. *Effective Horse Power* (EHP)

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

$$EHP = RT \times Vs \quad (4.4)$$

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

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

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

2. *Delivery Horse Power* (DHP)

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

$$DHP = EHP/\eta_D \quad (4.5)$$

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

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

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

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

$$\eta_H = (1 - t)/(1 - w) \quad (4.6)$$

$$w = \text{Wake friction}$$

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

$$t = \text{Thrust deduction}$$

$$t = 0.70 w + 0.06 \text{ untuk kapal dengan } twin \text{ screw}$$

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

$$\eta_R = 0.9737 + 0.111 (C_P - 0.0225 LCB) + (-0.06325 P/D) \quad (4.7)$$

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

LCB = Panjang terhadap titik apung

- η_0 = *Open water efficiency*

3. *Shaft Horse Power* (SHP)

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

$$SHP = DHP / \eta_S \eta_B \quad (4.8)$$

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

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

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

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

4. *Break Horse Power* (BHP)

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

$$BHP = SHP / \eta_T \quad (4.9)$$

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

η_T = *Transmision efficiency*

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

li = Harga koefisien terhadap penggunaan komponen sistem penggerak dapat dilihat pada Tabel IV.12

Tabel IV.12 Harga li Berdasarkan Tipe Komponen Sistem Penggerak

Tipe Penggunaan Komponen Sistem Penggerak	Harga li
<i>Reduction Gear</i>	0,010
<i>Thrust Bearing</i>	0,005
<i>Reversing Gear</i>	0,010

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

MCR merupakan *margin* pada kebutuhan daya mesin penggerak utama (BHP) yang disebabkan oleh penambahan adanya *power design margin* yang merupakan *margin* penambahan akibat perencanaan kebutuhan daya mesin yang masih banyak

menggunakan pendekatan, dan *power service margin* mengingat mesin akan mengalami penurunan performa seiring waktu penggunaannya. MCR juga digunakan sebagai daya yang digunakan dalam pemilihan *main engine*. Berikut merupakan tahapan untuk mendapatkan harga MCR:

$$MCR = BHP(1 + M_D)/(1 - M_S) \quad (4.10)$$

M_D = *Power design margin*

$M_D = 3 - 5\%$

M_S = *Power service margin*

$M_S = 15 - 25\%$

Dari nilai hambatan kapal yang telah didapatkan (dalam ton) harus diubah menjadi kN agar dapat dimasukkan ke rumus yang telah diberikan di atas dengan dikalikan faktor percepatan gravitasi sebesar $9,81 \text{ m/s}^2$. Dalam Tabel IV.13 dan Tabel IV.14 berikut merupakan nilai variabel-variabel yang digunakan untuk menghitung elemen-elemen *Horse Power*:

Tabel IV.13 Variabel yang Digunakan untuk Menghitung Elemen *Horse Power* Kapal Pengangkut Muatan

NO.	VARIABEL	NILAI
1.	<i>Total Resistance</i> (dalam kN)	35,68 kN
2.	$\eta_D (0,30 - 0,75)$	0,6 (diasumsikan)
3.	$\eta_S \eta_B$ (<i>machinery aft</i>)	0,98
4.	η_T (<i>medium speed diesel</i>)	0,975
5.	$M_D (3 - 5\%)$	3%
6.	$M_S (15 - 25\%)$	15%

Tabel IV.14 Variabel yang Digunakan untuk Menghitung Elemen *Horse Power* Kapal *Backhoe*

NO.	VARIABEL	NILAI
1.	<i>Total Resistance</i> (dalam kN)	17,72 kN
2.	$\eta_D (0,30 - 0,75)$	0,6 (diasumsikan)
3.	$\eta_S \eta_B$ (<i>machinery aft</i>)	0,98
4.	η_T (<i>medium speed diesel</i>)	0,975
5.	$M_D (3 - 5\%)$	3%
6.	$M_S (15 - 25\%)$	15%

Beberapa nilai dari variabel di atas ada yang diasumsikan dikarenakan proses perhitungan merupakan pendekatan dan sebatas konsep desain. Nilai-nilai yang diasumsikan meliputi nilai η_D (efisiensi baling-baling), M_D (*Power design margin*), dan M_S (*Power service margin*).

Setelah nilai-nilai variabel di atas didapatkan, maka elemen-elemen *Horse Power* dapat dihitung. Rekapitulasi hasil *Horse Power* disajikan dalam Tabel IV.15 dan Tabel IV.16:

Tabel IV.15 Rekapitulasi Hasil Perhitungan *Horse Power* Kapal Pengangkut Muatan

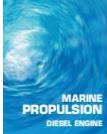
No.	Elemen <i>Horse Power</i>	Nilai (kW)
1.	<i>Effective Horse Power</i> (EHP)	128,49 kW
2.	<i>Delivery Horse Power</i> (DHP)	214,15 kW
3.	<i>Shaft Horse Power</i> (SHP)	218,52 kW
4.	<i>Brake Horse Power</i> (BHP)	224,12 kW

Tabel IV.16 Rekapitulasi Hasil Perhitungan *Horse Power* Kapal *Backhoe*

No.	Elemen <i>Horse Power</i>	Nilai (kW)
1.	<i>Effective Horse Power</i> (EHP)	63,79 kW
2.	<i>Delivery Horse Power</i> (DHP)	85,05 kW
3.	<i>Shaft Horse Power</i> (SHP)	86,79 kW
4.	<i>Brake Horse Power</i> (BHP)	89,01 kW

Dari rekapitulasi hasil elemen *Horse Power* di atas, maka didapatkan nilai *Maximum Continuous Rating* (MCR) kapal pengangkut muatan sebesar 271,585 kW atau jika dikonversi ke dalam satuan *Horse Power* sama dengan 364,20 HP, untuk kapal *backhoe* sebesar 107,866 jika di konversi ke dalam satuan *Horse Power* 144,65 HP. Nilai dari *Maximum Continuous Rating* (MCR) 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 Perhitungan Analisis Teknis.

Berikut katalog dari *main engine* dari perusahaan Yanmar sesuai dengan Gambar IV.8 dan Gambar IV.9



6CXB-GT

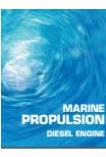
H-rating 265kW (360mhp)
M-rating 294kW (400mhp)



Specifications	
Model	6CXB-GT
Number of cylinders	6 in-line
Bore × stroke	mm 110 × 130
Displacement	lit. 7.413
Rated output	kW/rpm H : 265(360)/2400 M : 294(400)/2500
Combustion system	Direct injection
Aspiration	Turbocharger + intercooler
Starting system	Electric starting motor (24V 5.0kW)
Cooling system	Heat exchanger
Size of flywheel housing and flywheel	SAE #3 and 11-1/2 in.
Dry mass (without marine gear)	kg 856
Dimensions (L×W×H)	mm 1390×901×989

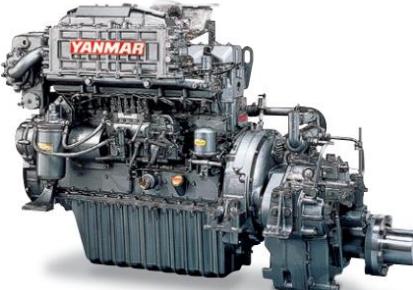
(Sumber : *Marine Diesel Energi*, 2018)

Gambar IV.8 Spesifikasi Main Engine Kapal Pengangkut Muatan



6CH-HTE3 / WUTE

M · L-rating 125~206kW (170~280mhp)



Specifications		
Model	6CH-HTE3	6CH-WUTE
Number of cylinders	6 in-line	
Bore × stroke	mm 105 × 125	
Displacement	lit. 6.494	
Rated output	kW/rpm M : 125(170)/2550 L : 140(190)/2600	M : 188(255)/2550 L : 206(280)/2600
Combustion system	Direct injection	
Aspiration	Turbocharger + intercooler	
Starting system	Electric starting motor (24V 4.0kW)	
Cooling system	Heat exchanger	
Marine gear	Hydraulic	
Size of flywheel housing and flywheel	SAE #3 and 11-1/2 in.	
Dry mass (with marine gear)	kg 895	940
Dimensions (L×W×H)	mm 1600×736×1096	1600×736×1096

(Sumber : *Marine Diesel Energi*, 2018)

Gambar IV.9 Spesifikasi Main Engine Kapal Backhoe

5. Perencanaan Winch dan Pemilihan Genset

Penggunaan *winch* direncanakan hanya sebagai alat bantu penggerak *spud* pada kapal *Backhoe* saja (dijelaskan pada Sub Bab IV.7.3). Dalam menggerakkan *winch* juga dibutuhkan genset yang memiliki spesifikasi daya yang sesuai. Maka dari itu berikut rumus perhitungan daya yang dibutuhkan *winch*.

- Gaya Tarik *Winch Barrel*

$$T_b = \frac{P+Q}{p \times K} \quad (4.11)$$

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*

$$D_{bd} = D_b + d_r (2z - 1) \quad (4.12)$$

dimana,

D_b = Diameter drum, maksimum 0,35 meter

d_r = Diameter tali = $D_b / 17$

z = jumlah lilitan tali pada drum, diambil 4 lilitan

- Torsi Yang Ditimbulkan Pada *Shaft Barrel*

$$M_{bd} = 0.5 \times D_{bd} \times T_b/b \quad (\text{ton.m}) \quad (4.13)$$

b = *efficiency winch barrel*, diambil 0,6

- *Overall Gearing Ratio*

$$I_{wd} = N_m / N_{bd} \quad (4.14)$$

dimana,

N_m = Putaran poros motor listrik (500-3000) rpm, diambil 600 rpm

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

V_{td} = kecepatan mengangkut beban (0.33 - 0.5) m/s, diambil 0,4 m/s

- Torsi Motor Penggerak

$$M_{md} = M_{bd} + (I_{wd} + W_d) \quad (\text{ton.m}) \quad (4.15)$$

dimana,

W_d = efisiensi keseluruhan (0.65-0.75), diambil 0,75

- Total Tenaga *Winch*

$$N_e = M_{md} \times N_m / 71620 \quad (\text{HP}) \quad (4.16)$$

Dari rumus yang telah diberikan di atas, diperoleh rekapitulasi data seperti yang disajikan dalam Tabel IV.17 berikut ini:

Tabel IV.17 Rekapitulasi Data untuk Menghitung Daya *Winch*

No.	Data	Nilai
1.	Berat total <i>spud</i> yang ditarik (P)	14,4244 ton
2.	Berat <i>cargo hook</i> dan <i>schacle</i> (Q)	31,84 ton
3.	Diameter tali (d_r)	0,019 meter

Sedangkan pada Tabel IV.18 berikut merupakan hasil rekapitulasi perhitungan untuk mendapatkan daya yang dibutuhkan *winch*:

Tabel IV.18 Hasil Rekapitulasi Perhitungan Daya Winch

No.	Variabel	Nilai
1.	Gaya Tarik Winch Barrel (T_b)	54,3035 kN
2.	Diameter Winch Barrel (D_{bd})	0,452 m
3.	Torsi Yang Ditimbulkan Pada Shaft Barrel (M_{bd})	20,44 ton.m
4.	Overall Gearing Ratio (I_{wd})	35,478
5.	Torsi Untuk Motor Penggerak (M_{md})	56,572 ton.m
6.	Total Daya Winch (N_e)	0,473 HP

Jadi, total daya yang dibutuhkan *winch* sebesar 0,473 HP atau 0,353 kW. Maka dipilihlah generator set merk Yamaha EF 2600 FW dengan spesifikasi yang disajikan pada Gambar IV.10 berikut ini:



Detail Data Teknis Yamaha EF 2600 FW

- Rated Power : 2.0 Kva
- Maximum Power : 2.3 Kva
- Phase/Voltage : Single/220 V/50 Hz
- Fuel Tank Capacity : 12 Liter
- Engine Model : Yamaha MZ175
- Engine Type : 4 Cycle, Air Cooled
- Displacement : 171 cc
- Starting System : Recoil
- Fuel Type : Gasoline
- A/C Protector : Available
- Voltage Regulation System : Condensor (Damper Winding)
- Voltmeter : Available
- Dimension (L x W x H) : 510 X 415 X 425 mm
- N.W./G.W. : 41 Kg
- Product Guarantee : 1 year

(Sumber : katalog genset Yamaha)

Gambar IV.10 Spesifikasi Genset Kapal Backhoe

IV.2.5. Penentuan Sistem Propulsi Kapal

Hal yang harus diperhatikan adalah gerak manuver kapal. Untuk itu diperlukan pemilihan sistem propulsi yang tepat agar kapal dapat bermanuver tanpa terhalang batasan tertentu. Di sisi lain, *main engine* juga memiliki sistem *marine gear* dengan spesifikasi seperti pada Gambar IV.12 berikut

Marine gear specifications		
Engine model : 6CXBM-GT		
Model	YX-75	YXH2-130(2 speed type)
Type	Hydraulic multi-disc clutch, wet type	
Reduction ratio (Ahead)	2.07 2.58 2.91	2.03/2.62 2.57/3.35 3.04/4.00
Direction of rotation (propeller shaft)	Clockwise or counter-clockwise viewed from stern	Counter-clockwise viewed from stern
Dry weight kg	204	320

Gambar IV.11 Spesifikasi Marine Gear pada Main Engine

Marine gear specifications	
Engine model : 6CH-HTE3, 6CH-WUTE	
Model	YX-71
Type	Hydraulic multi-disc clutch, wet type
Reduction ratio (Ahead)	2.07 2.58 2.91 3.53
Direction of rotation (propeller shaft)	Clockwise or counter-clockwise viewed from stern
Dry weight	kg 220

Gambar IV.12 Spesifikasi *Marine Gear* pada *Main Engine*

Terlihat jelas bahwa *main engine* dapat bergerak *forward and reverse* karena adanya *marine gear* tersebut. Maka, kapal bisa berlayar mundur jika putaran mesin dibalik. Jadi, sistem propulsi yang dipilih adalah sistem propulsi konvensional dengan sistem *reversed direction* untuk memudahkan pelayaran kapal saat beroperasi.

IV.2.6. Perhitungan Konstruksi

Perhitungan konstruksi kapal menggunakan dasar *Rules* dari (Biro Klasifikasi Indonesia *Volume II Rules For Hull, 2014*). 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:

1. Pembebanan

$$P_0 = 2,1 \cdot (C_B + 0,7) \cdot C_o \cdot C_L \cdot f \cdot C_{RW} \quad [\text{kN/m}^2] \quad (4.17)$$

dan,

$$P_{01} = 2,6 \cdot (C_B + 0,7) \cdot C_o \cdot C_L \quad [\text{kN/m}^2] \quad (4.18)$$

P_0 = Basic external dynamic load

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

C_B = Block Coefficient

C_o = Wave coefficient

$$\begin{aligned} & \left[\frac{L}{25} + 4,1 \right] c_{RW} && \text{for } L < 90 \text{ m} \\ & \left[10,75 - \left[\frac{300 - L}{100} \right]^{1,5} \right] c_{RW} && \text{for } 90 \leq L \leq 300 \text{ m} \\ & 10,75 \cdot c_{RW} && \text{for } L > 300 \text{ m} \end{aligned} \quad (4.19)$$

C_L = Length coefficient

$$\begin{aligned} & \sqrt{\frac{L}{90}} && \text{for } L < 90 \text{ m} \\ & 1,0 && \text{for } L \geq 90 \text{ m} \end{aligned} \quad (4.20)$$

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

$$P_B = 10 \cdot T + P_0 \cdot C_F \quad [\text{kN/m}^2] \quad (4.21)$$

$$P_{B1} = 10 \cdot T + P_{01} \cdot 2 \cdot |y|/B \quad [\text{kN/m}^2] \quad (4.22)$$

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 Tabel IV.19

Tabel IV.19 Distribution factors C_F

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

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. Pada

Tabel IV.20 dan Tabel IV.21 berikut dijabarkan hasil rekapitulasi nilai variabel pembebanan:

Tabel IV.20 Nilai Variabel Pembebanan pada Kapal Pengangkut Muatan

No.	Variabel Pembebanan	Nilai
1.	C_L	0,363
2.	C_B (<i>Block Coefficient</i>)	0,691
3.	C_{RW} (<i>Sheltered Shallow Water Service</i>)	0,60
4.	C_0	2,744
5.	C_F	A = 1,72
		M = 1,00
		F = 1,29

Tabel IV.21 Nilai Variabel Pembebanan pada Kapal *Backhoe*

No.	Variabel Pembebanan	Nilai
1.	C_L	0,316
2.	C_B (<i>Block Coefficient</i>)	0,897
3.	C_{RW} (<i>Sheltered Shallow Water Service</i>)	0,60
4.	C_0	2,676
5.	C_F	A = 1,563
		M = 1,00
		F = 1,225

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 IV.22 dan Tabel IV.23

Tabel IV.22 Nilai P_B

Pembebanan P_B	Nilai (kN/m ²) Kapal Muatan	Nilai (kN/m ²) Kapal <i>Backhoe</i>	Range
P_B untuk pelat	22,93 kN/m ²	17,08 kN/m ²	$0 \leq x/L \leq 0,2$
P_B untuk penegar	22,18 kN/m ²	16,42 kN/m ²	
P_B untuk penumpu	21,73 kN/m ²	16,02 kN/m ²	
P_B untuk pelat	21,67 kN/m ²	16,13 kN/m ²	$0,2 \leq x/L \leq 0,7$
P_B untuk penegar	21,23 kN/m ²	15,71 kN/m ²	
P_B untuk penumpu	20,27 kN/m ²	15,45 kN/m ²	

P_B untuk pelat	22,17 kN/m ²	16,51 kN/m ²	0,7 ≤ x/L ≤ 1
P_B untuk penegar	21,61 kN/m ²	15,99 kN/m ²	
P_B untuk penumpu	21,27 kN/m ²	15,68 kN/m ²	

Tabel IV.23 Nilai Pembebanan P_0 dan P_{01}

Pembebanan P_0 dan P_{01}	Nilai (kN/m ²)	
	Kapal Pengangkut Muatan	Kapal Backhoe
P_0 untuk pelat	1,74 kN/m ²	1,69 kN/m ²
P_0 untuk penegar	1,31 kN/m ²	1,27 kN/m ²
P_0 untuk penumpu	1,05 kN/m ²	1,02 kN/m ²
P_{01}	3,6 kN/m ²	3,5 kN/m ²

Nilai-nilai di atas selanjutnya akan digunakan untuk menghitung tebal pelat. Untuk perhitungan pembebanan secara mendetail dapat dilihat pada Lampiran B Perhitungan Analisis Teknis.

2. Tebal Pelat

Setelah mendapatkan besar nilai pembebanan, maka selanjutnya adalah menghitung tebal pelat. Karena pembebanan seluruh badan kapal diasumsikan sama dengan beban pada alas, maka perhitungan tebal pelat juga menggunakan rumus tebal pelat untuk alas. Berikut rumus menghitung tebal pelat alas:

$$\begin{aligned} t_{B1} &= 1,9 \cdot nf \cdot a \cdot \sqrt{P_B \cdot k} + t_K \text{ (mm), jika panjang kapal} \leq 90 \text{ m} \\ t_{B2} &= 1,21 \cdot a \cdot \sqrt{P_B \cdot k} + t_K \text{ (mm)} \\ t_{\min} &= (1,5 - 0,01 L) \cdot \sqrt{L \cdot k} \text{ (mm), jika panjang kapal} < 50 \text{ m} \end{aligned} \quad (4.23)$$

dimana,

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

P_B = Beban pada alas (kN/m²)

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

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

t' = required rule thickness excluding t_K (mm) (4.24)

Nilai dari variabel untuk menghitung tebal pelat alas disajikan dalam rekapitulasi pada Tabel IV.24 berikut:

Tabel IV.24 Nilai Variabel Tebal Pelat Alas

No.	Variabel	Nilai Kapal Pengangkut Muatan	Nilai Kapal Backhoe
1.	n_f (sistem konstruksi melintang)	1,00	1,00
2.	$t_K (t' < 10 \text{ mm})$	1,5 mm	1,5 mm
3.	Jarak penegar di $0 \leq x/L \leq 0,2$	0,4 m	0,4 m
	Jarak penegar di $0,2 \leq x/L \leq 0,7$	0,5 m	0,5 m
	Jarak penegar di $0,7 \leq x/L \leq 1$	0,6 m	0,6 m

Sesuai data yang disajikan pada Tabel IV.24 di atas, nilai jarak penegar pada tiap-tiap *range* direncanakan terlebih dahulu. Mula-mula sketsa *construction profile* digambar terlebih dahulu agar dapat diketahui letak-letak struktur konstruksi. Setelah sketsa *construction profile* digambar, bersamaan dengan nilai variabel yang telah didapatkan seperti yang disajikan pada Tabel IV.24 sebelumnya maka nilai tebal pelat alas dapat dihitung. Nilai tebal pelat alas berjumlah sembilan hasil sesuai dengan banyaknya pembebanan pada *range* yang berbeda-beda. Dari sembilan hasil tebal pelat alas nantinya akan diambil yang terbesar pada masing-masing *range*.

Rekapitulasi nilai tebal pelat alas berdasarkan *range*-nya dapat dilihat pada Tabel IV.25 berikut:

Tabel IV.25 Rekapitulasi Nilai Tebal Pelat Alas

Tebal Pelat	Nilai (mm) Kapal Muatan	Nilai (mm) Kapal Backhoe	Range
t_{B1}	6 mm	5 mm	$0 \leq x/L \leq 0,2$ Diambil = 6 mm $= 0,006 \text{ m}$
t_{B2}	4 mm	4 mm	
t_{min}	5 mm	5 mm	

t_{B1}	7 mm	6 mm	$0,2 \leq x/L \leq 0,7$
t_{B2}	5 mm	5 mm	Diambil = 7 mm
t_{min}	5 mm	5 mm	= 0,007 m
t_{B1}	7 mm	6 mm	$0,7 \leq x/L \leq 1$
t_{B2}	5 mm	5 mm	Diambil 7 mm
t_{min}	5 mm	5 mm	= 0,007 m

Seperti yang telah dibahas sebelumnya bahwasanya tebal pelat alas akan digunakan untuk tebal pelat seluruh kapal (mewakili tebal pelat geladak, tebal pelat sisi, dan tebal pelat *inner bottom*) dengan *statement* beban terbesar pada kapal biasanya terdapat pada alas. Perhitungan konstruksi kapal secara detail dapat dilihat dalam Lampiran A Perhitungan Analisis Teknis.

3. Perhitungan Modulus

Langkah selanjutnya adalah menghitung modulus. Perhitungan modulus ini juga diasumsikan pada alas, karena mengingat untuk menghitung konstruksi di awal telah dijelaskan bahwa nilai yang digunakan adalah alas. Rumus menghitung modulus menurut BKI sebagai berikut:

$$W = c \cdot T \cdot e \cdot l^2 \quad (\text{cm}^3) \quad (4.25)$$

dimana,

$$e = \text{spacing of plate floor} \quad (\text{m})$$

$$l = \text{unsupported span} \quad (\text{m})$$

$c = 7$ for spaces which may be empty at full draught, e.g. machinery spaces, storerooms, etc.

4,5, elsewhere

Berikut rekapitulasi data hasil perhitungan modulus untuk setiap *block* seperti pada Tabel IV.26:

Tabel IV.26 Rekapitulasi Perhitungan Modulus pada Tiap *Block*

No.	Area	Modulus Kapal Pengangkut Muatan	Modulus Kapal Backhoe
1.	Area 1	$175,76 \text{ cm}^3$	$59,88 \text{ cm}^3$
2.	Area 2	$109,85 \text{ cm}^3$	$37,42 \text{ cm}^3$
3.	Area 3	$263,63 \text{ cm}^3$	$89,83 \text{ cm}^3$

Setelah nilai modulus diperoleh, selanjutnya memilih profil-profil yang dibutuhkan oleh kapal. Pemilihan ini berdasarkan katalog profil dari BKI (dapat dilihat di Lampiran A).

Dengan memilih profil yang sesuai dengan harga modulus, maka didapatkan nilai luasan profil yang nantinya dapat digunakan untuk menghitung berat dan titik berat profil. Pada Tabel IV.27 dan Tabel IV.28 merupakan profil-profil yang dipilih dari katalog BKI.

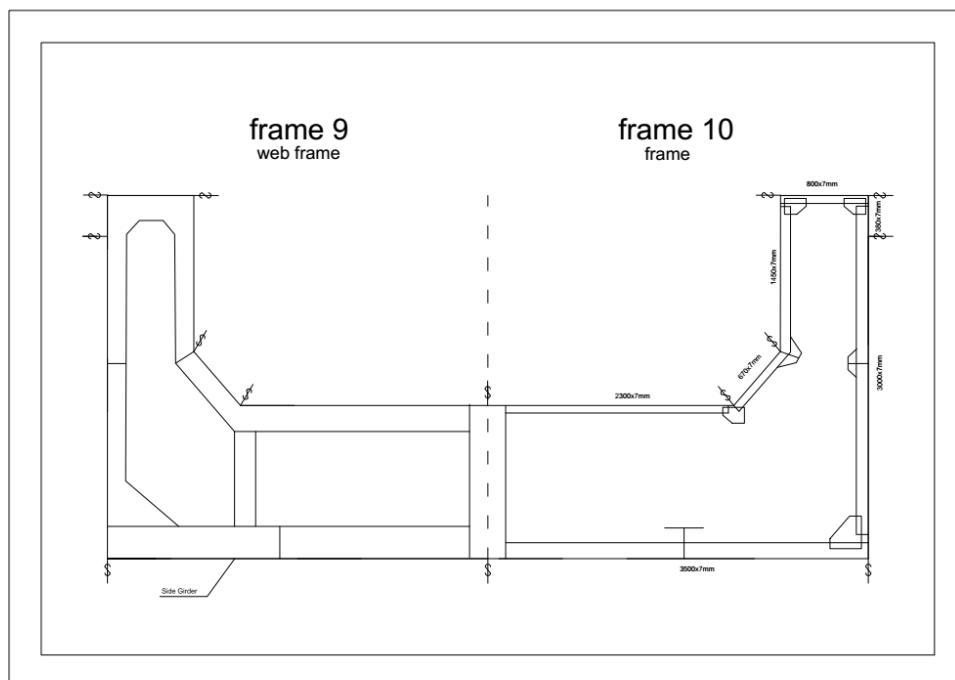
Tabel IV.27 Pemilihan Profil Kapal Pengangkut Muatan

No.	Area	Dimensi Profil	Luasan
1.	Area 1	L 120 x 80 x 14	0,0028 m ²
2.	Area 2	L 150 x 90 x 12	0,00288 m ²
3.	Area 3	L 150 x 100 x 14	0,0035 m ²

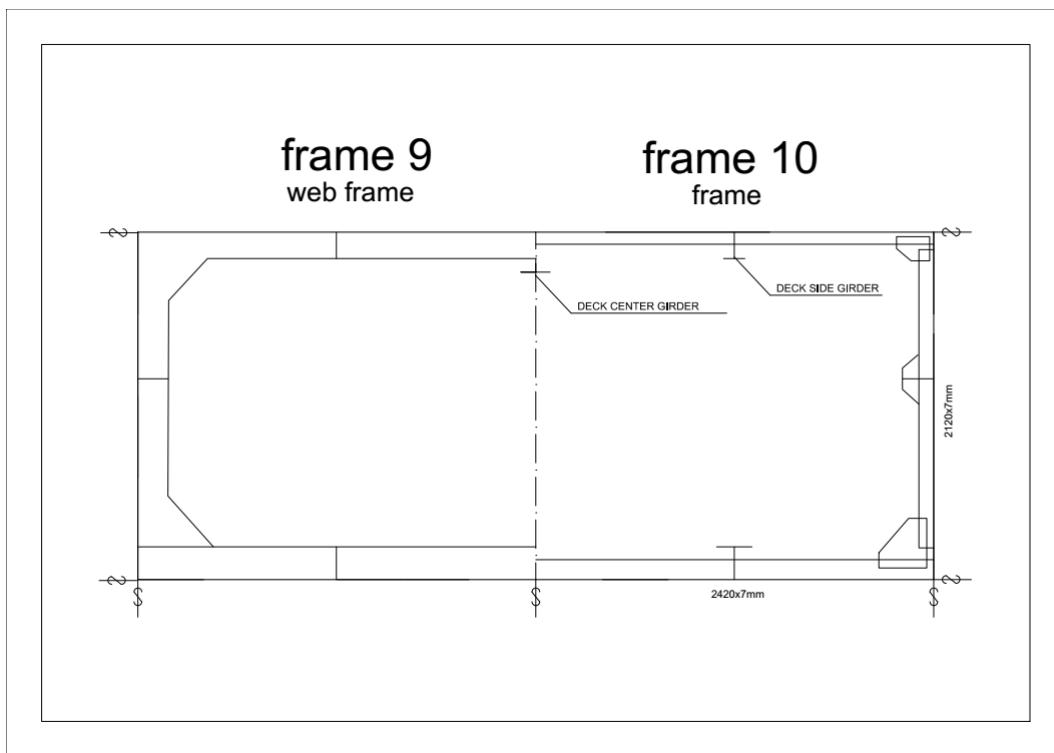
Tabel IV.28 Pemilihan Profil Kapal Backhoe

No.	Area	Dimensi Profil	Luasan
1.	Area 1	L 100 x 50 x 8	0,0012 m ²
2.	Area 2	L 80 x 40 x 8	0,00096 m ²
3.	Area 3	L 100 x 65 x 11	0,001815 m ²

Sesuai data yang disajikan di atas, maka dapat dibuat sketsa *construction profile* dilihat pada Gambar IV.13 dan Gambar IV.14 berikut ini:



Gambar IV.13 Konstruksi Melintang Kapal Pengangkut Muatan



Gambar IV.14 Konstruksi Melintang Kapal Pengeruk

IV.2.7. Perhitungan Berat dan Titik Berat Kapal

Perhitungan berat dan titik berat kapal kosong (*Lightweight Tonnage*) pada Tugas Akhir ini menggunakan metode pos per pos. Dalam prosesnya, mula-mula lambung kapal akan dibagi menjadi 2 *block*. Alasannya adalah karena *range* panjang kapal yang telah dioptimisasi menggunakan metode 256 berkisar antara 8 - 12 meter dengan masing-masing *block* 1 sepanjang 6 meter dan *block* 2 sepanjang 6 meter. Khusus untuk *block* 2 memiliki nilai *x* meter dikarenakan ukuran utama kapal masih bersifat sementara dan dapat berubah-ubah. Dalam menghitung berat dan titik berat kapal ini, dilakukan iterasi berulang-ulang apabila terjadi perubahan ukuran akibat pengoptimisasian. Sehingga nilai *x* meter nantinya akan berhenti proses iterasinya apabila analisis teknis telah mendapatkan ukuran utama kapal yang sesuai.

1. *Lightweight Tonnage* (Berat LWT)

Rekapitulasi perhitungan berat dan titik berat kapal kosong untuk *block* 1, untuk *block* 2 dan bangunan atas berturut-turut disajikan dalam Tabel IV.29, Tabel IV.30 dan Tabel IV.31 sebagai berikut:

Tabel IV.29 Rekapitulasi Perhitungan pada *Block 1* Kapal Muatan

Part	V (m ³)	W (ton)	LCG (m)	VCG (m)	momen LCG	Momen VCG
Main Engine		0.856	3.5	0.4	2.996	0.3424
Marine Gear		0.204	4.29	0.4	0.87516	0.0816
Pelat	0.133476	1.047787	4.17	3.38	4.369270122	3.541518708
	0.08526	0.669291	5.8	2.25	3.8818878	1.50590475
	0.080712	0.633589	4.71	0.5	2.984205132	0.3167946
	0.077274	0.606601	3.07	0.76	1.862264763	0.461016684
	0.18438	1.447383	2.12	0	3.06845196	0
	0.08496	0.666936	2.8	1	1.8674208	0.666936
	0.07392	0.580272	2.01	2.27	1.16634672	1.31721744
	0.104272	0.818535	1.3	0.9	1.06409576	0.73668168
Stiffener	0.058128	0.456305	5.29	1.69	2.413852392	0.771155112
	0.058128	0.456305	4.89	1.69	2.231330472	0.771155112
	0.058128	0.456305	4.09	1.69	1.866286632	0.771155112
	0.058128	0.456305	3.69	1.69	1.683764712	0.771155112
	0.058128	0.456305	2.69	1.69	1.227459912	0.771155112
	0.058128	0.456305	2.19	1.69	0.999307512	0.771155112
Girder	0.039629	0.311086	4.49	1.69	1.396776499	0.525735475
	0.039629	0.311086	3.19	1.69	0.992364595	0.525735475
	0.039629	0.311086	1.69	1.69	0.525735475	0.525735475
	0.039629	0.311086	0.19	1.69	0.059106355	0.525735475
	0.058128	0.456305	1.19	1.69	0.543002712	0.771155112
	0.058128	0.456305	0.69	1.69	0.314850312	0.771155112
Total		11.36518			34.51778064	16.81825266

Tabel IV.29 merupakan rekapitulasi perhitungan pada *block 1*. Dari hasil perhitungan di atas, didapatkan berat untuk *block 1* sebesar 11,36 ton, LCG *block 1* sebesar -3,037 m diukur dari *midship*, dan VCG *block 1* sebesar 1,47 m diukur dari *baseline*.

Tabel IV.30 Rekapitulasi Perhitungan pada *Block* 2 Kapal Muatan

Part	V (m ³)	W (ton)	LCG (m)	VCG (m)	momen LCG	Momen VCG
Pelat	0.25284	1.984794	3.11	3.38	6.17270934	6.70860372
	0.0462	0.36267	6.02	2.69	2.1832734	0.9755823
	0.1176	0.92316	5.38	1.22	4.9666008	1.1262552
	0.18732	1.470462	2.32	0	3.41147184	0
	0.079464	0.623792	3.11	2.7	1.939994364	1.68423948
	0.14094	1.106379	3.11	1.13	3.44083869	1.25020827
	0.07656	0.600996	3.17	2.17	1.90515732	1.30416132
	0.110316	0.865981	1.6	0.9	1.38556896	0.77938254
	0.097636	0.766443	1.6	2.1	1.22630816	1.60952946
	0.039629	0.311086	5.09	1.69	1.583428147	0.525735475
Stiffener	0.039629	0.311086	4.49	1.69	1.396776499	0.525735475
	0.039629	0.311086	3.39	1.69	1.054581811	0.525735475
	0.039629	0.311086	2.89	1.69	0.899038771	0.525735475
	0.039629	0.311086	1.89	1.69	0.587952691	0.525735475
	0.039629	0.311086	1.39	1.69	0.432409651	0.525735475
	0.039629	0.311086	0.39	1.69	0.121323571	0.525735475
Girder	0.0707	0.554995	3.89	1.69	2.15893055	0.93794155
	0.0707	0.554995	2.39	1.69	1.32643805	0.93794155
	0.0707	0.554995	0.89	1.69	0.49394555	0.93794155
	Total		12.54726		36.68674817	21.93193527

Tabel IV.30 merupakan rekapitulasi perhitungan pada *block* 2. Didapatkan berat untuk *block* 2 sebesar 12,5472 ton, LCG *block* 2 sebesar 2,923 meter diukur dari *midship*, dan VCG *block* 2 sebesar 1,747 meter diukur dari *baseline*.

Tabel IV.31 Perhitungan Berat dan Titik Berat Bangunan Atas Kapal Muatan

Part	V (m ³)	W (ton)	LCG	VCG (m)	momen LCG	Momen VCG
Atap	0.01587	0.12458	3.7	4.7	0.46094415	0.58552365
	0.048	0.3768	3.7	4	1.39416	1.5072
Total		0.50138			1.85510415	2.09272365

Pada Tabel IV.31 menjelaskan tentang rekapitulasi perhitungan berat dan titik berat bangunan atas. Dari perhitungan di atas didapatkan berat bangunan atas sebesar 0,50138 ton, LCG bangunan atas -3,7 meter diukur dari *midship*, dan VCG bangunan atas sebesar 4,173 meter diukur dari *baseline*.

Tabel IV.32 Rekapitulasi Perhitungan pada *Block 1* Kapal *Backhoe*

Part	V (m ³)	W (ton)	LCG (m)	VCG (m)	momen LCG	Momen VCG
Main Engine		0.57	-2.35	0.6	-1.3395	0.342
Marine Gear		0.07	-3.147	0.6	-0.22029	0.042
Pelat	0.04455	0.349718	2.224	1.6	0.77777172	0.559548
	0.022275	0.174859	4.4488	1.6	0.777911607	0.279774
	0.036	0.2826	3.95	0.55	1.11627	0.15543
	0.04301	0.337629	2.22	0.55	0.74953527	0.185695675
	0.100125	0.785981	2.2244	2.1	1.748336693	1.650560625
	0.075825	0.595226	1.66	0	0.988075575	0
Stiffener	0.047664	0.374162	4.048	1.06	1.514609395	0.396612144
	0.047664	0.374162	3.629	1.06	1.35783535	0.396612144
	0.047664	0.374162	2.848	1.06	1.065614515	0.396612144
	0.047664	0.374162	2.33	1.06	0.871798392	0.396612144
	0.047664	0.374162	1.354	1.06	0.50661589	0.396612144
	0.047664	0.374162	0.854	1.06	0.31953469	0.396612144
Girder	0.01079	0.084705	4.448	1.06	0.376766239	0.089786918
	0.047664	0.374162	3.248	1.06	1.215279475	0.396612144
	0.012192	0.095707	1.854	1.06	0.177441149	0.101449632
	0.012192	0.095707	0.354	1.06	0.033880349	0.101449632
Total		5.421268			13.59727631	5.89997949

Tabel IV.32 merupakan rekapitulasi perhitungan pada *block 1*. Dari hasil perhitungan di atas, didapatkan berat untuk *block 1* sebesar 5,421 ton, LCG *block 1* sebesar -2,508 m diukur dari *midship*, dan VCG *block 1* sebesar 1,088 m diukur dari *baseline*.

Tabel IV.33 Rekapitulasi Perhitungan pada *Block 2* Kapal *Backhoe*

Part	V (m ³)	W (ton)	LCG (m)	VCG (m)	momen LCG	Momen VCG
Pelat	0.052866	0.414998	2.225	2.12	0.923370773	0.879795972
	0.021735	0.17062	1.6	4.4513	0.2729916	0.759479693
	0.03699	0.290372	4	0.55	1.161486	0.159704325
	0.044682	0.35075	2.225	0.55	0.780418384	0.192912409
	0.120185	0.943453	2.225	2.12	2.099183003	2.000120434
	0.098277	0.771477	1.8	0	1.388658249	0
Stiffener	0.047664	0.374162	4.014	1.06	1.501887874	0.396612144
	0.047664	0.374162	3.365	1.06	1.259056476	0.396612144
	0.047664	0.374162	2.172	1.06	0.812680733	0.396612144
	0.047664	0.374162	1.6414	1.06	0.614150163	0.396612144
	0.047664	0.374162	0.6414	1.06	0.239987763	0.396612144
	0.047664	0.374162	0.146	1.06	0.05462771	0.396612144
Girder	0.020328	0.159575	4.45	1.06	0.71010786	0.169149288
	0.020328	0.159575	2.7653	1.06	0.441272194	0.169149288
	0.020328	0.159575	1.1414	1.06	0.182138677	0.169149288
Total		5.665368			12.44201746	6.879133562

Tabel IV.33 merupakan rekapitulasi perhitungan pada *block 2*. Didapatkan berat untuk *block 2* sebesar 5,6653 ton, LCG *block 2* sebesar 2,7653 meter diukur dari *midship*, dan VCG *block 2* sebesar 1,06 meter diukur dari *baseline*.

Tabel IV.34 Perhitungan Berat dan Titik Berat Bangunan Atas Kapal *Backhoe*

Part	V (m ³)	W (ton)	LCG	VCG (m)	momen LCG	Momen VCG
Atap	0.01452	0.113982	-2.45	4.32	-0.2792559	0.49240224
	0.05808	0.455928	-2.45	3	-1.1170236	1.367784
Total		0.56991			-1.3962795	1.86018624

Tabel IV.34 menjelaskan tentang rekapitulasi perhitungan berat dan titik berat bangunan atas. Dari perhitungan di atas didapatkan berat bangunan atas sebesar 0,5699 ton, LCG bangunan atas -2,45 meter diukur dari *midship*, dan VCG bangunan atas sebesar 3,264 meter diukur dari *baseline*.

2. Berat *Backhoe Module*

Amphibious Dredger pada Tugas Akhir ini menggunakan *Backhoe* merk Sumitomo SH210LC-5LR. Alasan menggunakan jenis dan merk *Backhoe* tersebut adalah karena Sumitomo SH210LC-5LR adalah *Backhoe* yang mempunyai kemampuan *dig depth* yang besar. Biasanya digunakan untuk melakukan pengeringan sedimen di sungai. Jadi, spesifikasi *Backhoe Module* dari Sumitomo SH210LC-5LR diberikan pada Gambar IV.15 berikut ini:



spesifikasi dibawah ini :	
Bucket Capacity - m ³	0,37
Dig Depth - mm	12,010
Reach at Ground Level - mm	15,600
Dump Height - mm	10,730
Engine Make-Model	Isuzu AH-4HK1X
Net Engine Power SAE Rated - Kw	117.3
Engine Displacement - lt	5.19
Operating Weight - MT	22.3
Transport Length - mm	12.470
Transport Height - mm	2.940
Width - mm	2990
Track Length - mm	3.660
Speed - kph	5,6
Bucket Breakout - kgf	6,659

Sumber : <http://www.sumitomocorp-indonesia.co.id/>

Gambar IV.15 Spesifikasi Sumitomo SH210LC-5LR

Dengan adanya spesifikasi tersebut, maka informasi tentang berat komponen dari *Backhoe* dapat diketahui dengan mudah. Berikut rekapitulasi data berat dan perencanaan titik berat dari *Backhoe* disajikan dalam Tabel IV.35:

Tabel IV.35 Rekapitulasi Berat dan Perencanaan Titik Berat *Backhoe Module*

No.	Variabel	Nilai
1.	W (ton)	24 ton
2.	LCG (m) diukur dari <i>midship</i>	2,5 m
3.	VCG (m) diukur dari <i>baseline</i>	3,7 m

3. Spud

Spud adalah komponen *equipment* untuk kegiatan penggerukan yang fungsinya seperti jangkar untuk menjaga stabilitas kapal keruk saat sedang beroperasi. Pada kapal jenis *Backhoe Dredger spud* umumnya berbentuk *square piles* bermaterial baja. Berikut perencanaan *Spud* pada Kapal *Backhoe*

- Luas Penampang = 0,1225 m²
- Panjang *Spud* = 7,5 meter
- Jumlah *Spud* = 2 buah
- Berat *Spud* = 14,4244 ton
- LCG diukur dari *midship* = -3,8 m
- VCG diukur dari *baseline* = 2,12 m

4. Berat Sistem Propulsi

Seperti yang telah dijelaskan dalam Bab II.1.6, bahwa menghitung berat sistem propulsi digunakan rumus sebagai berikut:

- Berat *Main Engine*

Berat disesuaikan dengan katalog mesin.

- Berat *Propeller*

$$W_{prop} = D^3 \times K \times V \quad (4.26)$$

Dimana,

$$K = 0,18 (A_E/A_0) - (z - 2)/100$$

$$V = 0,01 \times D^3$$

$$D = (0,6T + 0,65T)/2$$

z = Jumlah daun baling-baling

A_E/A_0 = Perbandingan antara luas *propeller expanded* dengan luas lingkaran

- Berat *Shaft*

$$W_{shaft} = (M / L_s) \times L_s \quad (4.27)$$

Dimana,

L_s = Panjang *shaft*

$$L_s = 0,081 \times (P_D / n)^{2/3}$$

Dari rumus yang diberikan di atas, maka didapatkan berat propulsi kapal muatan sebesar 0,4 ton. Sedangkan untuk perencanaan letak LCG sistem propulsi kapal sebesar -3,93 meter diukur dari *midship*, dan VCG sistem propulsi kapal sebesar 0,5 meter diukur dari *baseline*.

Sedangkan untuk kapal *Backhoe* didapat berat propulsi sebesar 0,129 ton. Sedangkan untuk perencanaan letak LCG sistem propulsi kapal sebesar -3,93 meter diukur dari *midship*, dan VCG sistem propulsi kapal sebesar 0,4 meter diukur dari *baseline*.

5. Berat Navigasi

Berat navigasi Kapal Pengangkut Muatan dan Kapal *Backhoe* diasumsikan sebesar 0,15 ton. untuk Kapal Pengangkut Muatan perencanaan LCG navigasi sebesar -3,7 meter terhadap *midship*, dan VCG navigasi sebesar 4,14 meter diukur dari *baseline*. Untuk Kapal *Backhoe* perencanaan LCG navigasi sebesar -2,3 meter terhadap *midship*, dan VCG navigasi sebesar 2,4 meter diukur dari *baseline*.

6. Berat *Crew*

Untuk *crew* kapal direncanakan berjumlah 2 (dua) orang. Diasumsikan berat per orang sebesar 80 kg. Maka berat untuk dua orang *crew* kapal sebesar 160 kg atau 0,16 ton. Untuk perencanaan letak LCG dan VCG *crew*, untuk *crew* 1 memiliki LCG -2,5 meter diukur dari *midship* dan VCG 2,8 meter diukur dari *baseline*. Peletakan posisi *crew* 1 ini sama dengan peletakan posisi LCG dan VCG pada bangunan atas, karena *crew* 1 direncanakan sedang mengoperasikan kapal di ruang navigasi. Sedangkan untuk peletakan posisi *crew* 2 memiliki LCG 2,7 meter diukur dari *midship* dan VCG sebesar 2,9 meter diukur dari *baseline*. Peletakan posisi untuk *crew* 2 ini sama dengan peletakan LCG dan VCG pada *Backhoe Module* karena *crew* 2 direncanakan sedang mengoperasikan *Backhoe*. Berikut rekapitulasi data untuk berat *crew* yang disajikan dalam Tabel IV.36 berikut ini:

Tabel IV.36 Rekapitulasi Berat dan Titik Berat *Crew* Kapal Muatan

No.	<i>Crew</i>	Berat	LCG (m)	VCG (m)
1.	<i>Crew</i> 1	80 kg	-2,5 m	2,8 m
2.	<i>Crew</i> 2	80 kg	2,7 m	2,9 m

Untuk *crew* Kapal *Backhoe* direncanakan berjumlah 1 orang diasumsikan berat sebesar 80 kg. Untuk perencanaan letak LCG dan VCG *crew*, untuk *crew* 1 memiliki LCG -2,3 meter diukur dari *midship* dan VCG 2,4 meter diukur dari *baseline*.

7. Berat *Fuel Oil*

Untuk menghitung berat *Fuel Oil* (FO) didasarkan pada kebutuhan konsumsi bahan bakar *main engine*, genset, dan *Backhoe*. Maka, berat *Fuel Oil* dirumuskan sebagai berikut:

$$W_{FO} = \text{Berat FO Backhoe} + \text{Berat FO M.E} + \text{Berat FO Genset} \quad (4.28)$$

Berat FO yang dibutuhkan:

- *Main engine* = 0,111 ton
- *Genset* = 0,06 ton
- *Backhoe* = 0,242 ton

Jadi, Berat total *Fuel Oil* (W_{FO}) sebesar 0,413 ton. Sedangkan untuk perencanaan LCG FO sebesar -2 meter diukur dari *midship*, dan VCG FO sebesar 0,8 meter diukur dari *baseline*.

8. Berat Generator Set

Seperti yang telah dibahas pada Sub Bab IV.5, spesifikasi genset yang didapat dari katalog memiliki berat 0,035 ton. Lalu untuk perencanaan LCG genset sebesar - 2,35 meter diukur dari *midship* dan VCG genset sebesar 0,213 meter diukur dari *baseline*.

Semua data tentang komponen berat dan perencanaan titik berat kapal yang telah didapatkan akan digunakan untuk menyelesaikan tahap Trim dan Stabilitas (akan dijelaskan pada Sub Bab IV.9) dengan bantuan *software Maxsurf Stability Enterprise*

9. Berat *Chainwheel*

Chainwheel hanya terdapat pada kapal pengangkut muatan. Untuk menghitung berat *Chainwheel*, semua data tentang komponen berat berdasarkan estimasi dari data *Tank Leopard* sebesar 25 ton. Lalu untuk perencanaan LCG *chainwheel* tepat di *midship* dan VCG *chainwheel* sebesar 0,5 meter diukur dari *baseline*. *Chainwheel* pada tank *Leopard* seperti Gambar IV.16.



Sumber : www.kompasiana.com

Gambar IV.16 *Chainwheel* pada tank *Leopard*

IV.2.8. Perhitungan Lambung Timbul (*Freeboard*)

Seperti yang telah dibahas pada Bab II.1.7, bahwa perhitungan lambung timbul kapal pada Tugas Akhir ini berdasarkan (*Korean Register Rules, 2010*). Alasan menggunakan rumus dari *Korean Register Rules* adalah kapal keruk berbentuk tongkang (*barge*). Dan dikarenakan beberapa proses perhitungan menggunakan bantuan *software Maxsurf* dimana untuk menghitung tongkang, *Maxsurf* juga menggunakan *Korean Register Rules*. Berikut review rumus dari Bab II.1.7 untuk menghitung lambung timbul kapal tongkang:

$$F = \frac{10(0,68 + C_b)K}{1,36}$$

Dimana, (4.29)

$F = \text{Freeboard}$ (mm)

$C_b = \text{Block Coefficient}$

K = nilai sesuai dengan Tabel IV.37

Tabel IV.37 Nilai K Berdasarkan Jenis Tongkang

Type of Barges		K
L < 50 m	<i>Cargo Barges</i>	0,8 L
	<i>Oil Barges</i>	0,5 L
L ≥ 50 m	<i>Cargo Barges</i>	$(L/10)^2 + (L/10) + 10$
	<i>Oil Barges</i>	$0,8(L/10)^2 + (L/10)$
(Note) L : Length of Barges (m)		

Sumber: *Korean Register Rules*, 2010

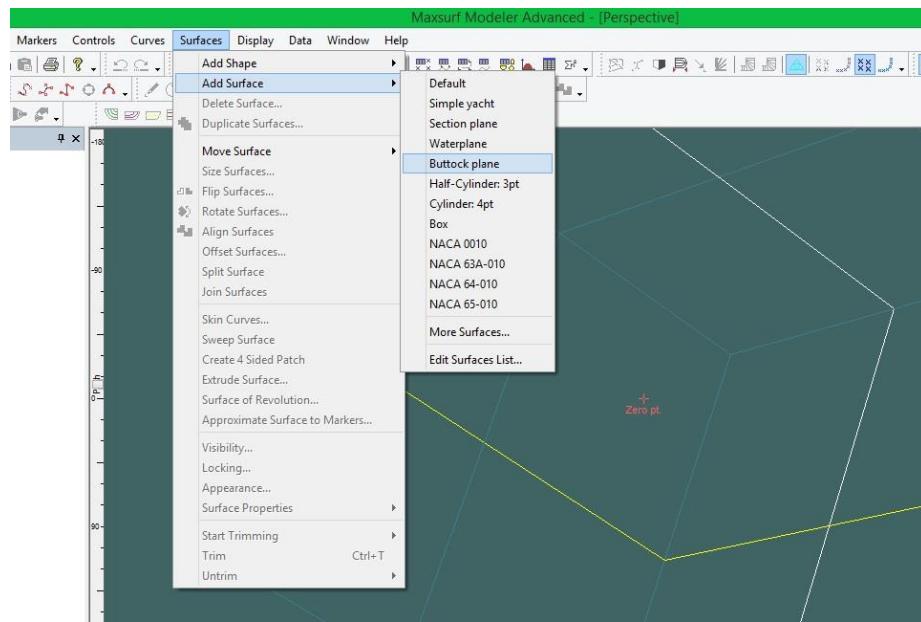
Maka hasil dari perhitungan lambung timbul kapal (*freeboard*) untuk Kapal Muatan sebesar 91,7 mm dan Kapal *Backhoe* sebesar 51,6 mm. Untuk perhitungan lambung timbul kapal yang disajikan dalam *sheet Ms. Excel* dapat dilihat pada Lampiran B Perhitungan Analisis Teknis.

IV.2.9. Trim dan Stabilitas

Dalam menghitung trim dan stabilitas kapal keruk ini dilakukan dengan bantuan *software Maxsurf Stability Enterprise*. Perhitungan trim dan stabilitas nantinya akan disesuaikan dengan peraturan (*Intact Stability*, 2008) (*IS Code*). Mula-mula untuk menghitung trim dan stabilitas menggunakan *Maxsurf Stability Enterprise*, haruslah dibuat model 3D terlebih dahulu. Seperti yang telah dibahas dalam Bab IV.3 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 *IS Code*. Namun dalam Bab ini, ukuran utama yang digunakan adalah ukuran utama kapal yang telah dipilih.

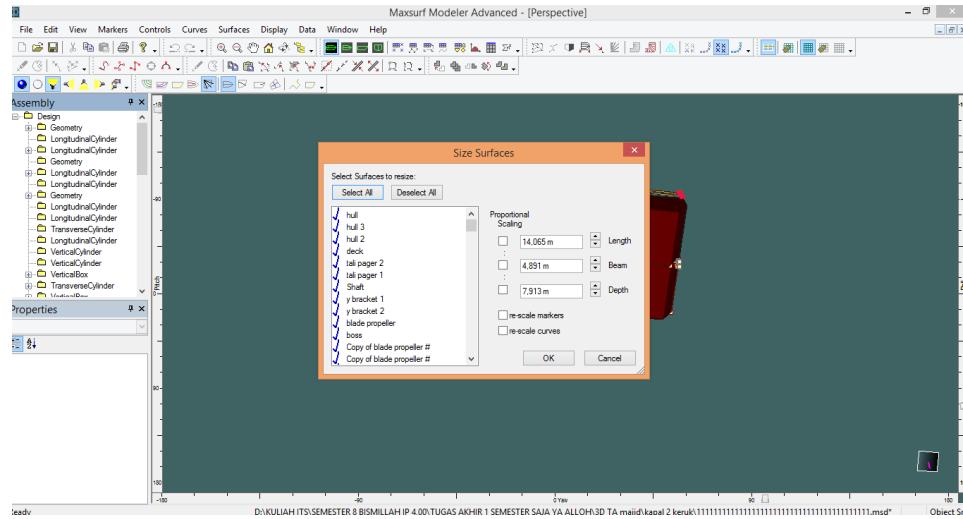
Untuk membuat model 3D lambung kapal, digunakan *software Maxsurf Modeler Advanced* (untuk pembuatan model 3D lambung kapal secara detail akan dibahas pada Bab IV.14 tentang Desain 3D Kapal). Berikut penjabaran singkat cara untuk membuat model 3D lambung kapal menggunakan *Maxsurf Modeler Advanced*:

- Pembuatan model 3D lambung kapal diawali dengan pembuatan *surface* per *surface*. Pemilihan jenis, jumlah, *stiffness* pada *Surface* yang digunakan dapat disesuaikan dengan keinginan dan desain. Gambar IV.17 adalah bagaimana cara memilih *surface*.



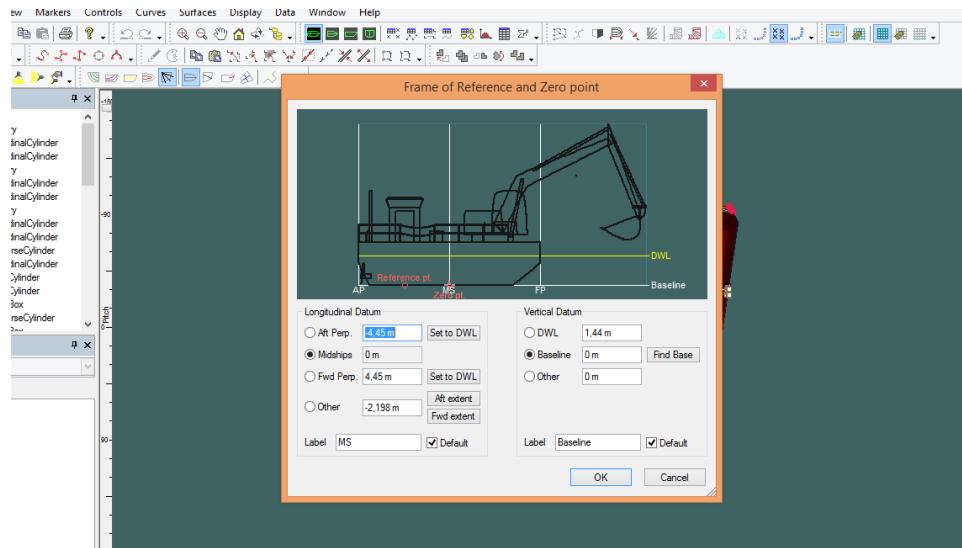
Gambar IV.17 Pemilihan *Surface*

- Data-data yang harus dimasukkan ke proses desain meliputi L, B, H, dan T kapal. Kemudian bentuk badan kapal dapat mulai dirancang. Gambar IV.18 menjelaskan bagaimana mengatur ukuran lewat menu *Size Surface*:



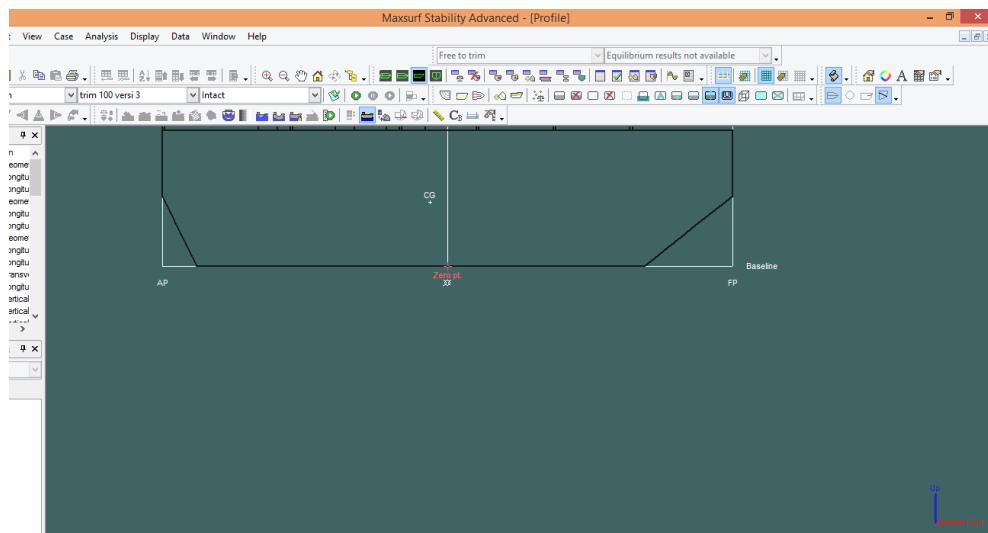
Gambar IV.18 Cara Memasukkan Nilai Ukuran Utama Model (L, B, dan H)

- Khusus untuk memasukkan nilai T kapal, digunakan menu *frame of reference* dan memasukkan nilai T pada kolom DWL seperti pada Gambar IV.19:



Gambar IV.19 Cara Memasukkan Nilai Sarat Kapal

- Setelah data ukuran utama kapal telah di-*input* dan model desain telah dibuat, maka file dapat disimpan. Kemudian file yang telah disimpan tadi dibuka ulang di *Maxsurf Stability Enterprise* seperti pada Gambar IV.20.



Gambar IV.20 Model Dibuka di *Maxsurf Stability Enterprise*

Setelah model telah dibuka di *Maxsurf Stability Enterprise*, maka selanjutnya proses perhitungan trim dan stabilitas dapat dilakukan. Berikut uraian singkat langkah-langkah proses perhitungan trim dan stabilitas menggunakan *Maxsurf Stability Enterprise*:

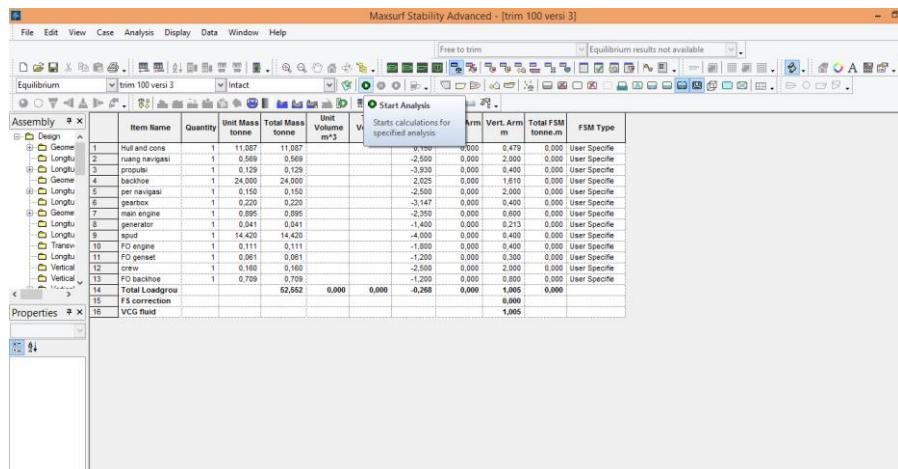
- Dalam proses perhitungan, mula-mula dibutuhkan *loadcase-loadcase* dengan berbagai kondisi. *Loadcase* tersebut berasal dari data perhitungan berat yang telah dihitung (dapat dilihat kembali rekapitulasi data di Bab IV.7.3). Memasukkan data-data

loadcase diawali pada menu *Loadcase Window* lalu buat *New Loadcase*. Cara memasukkan data-data tersebut dapat dilihat pada Gambar IV.21.

Assembly	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 FBM tonne.m	FBM Type
Design	Hull and cons	1	11.087	11.087	0,150	0,000	0,479	0,000	0,000	0,479	User Specific
Longitu	ruang navigasi	1	0,569	0,569	-2,590	0,000	2,000	0,000	0,000	0,000	User Specific
Longitu	propulse	1	0,129	0,129	-3,930	0,000	1,610	0,000	0,000	0,000	User Specific
Geome	backhoe	1	24.000	24.000	2,025	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	User Specific
Longitu	per navigasi	1	0,150	0,150	-2,500	0,000	2,000	0,000	0,000	0,000	User Specific
Longitu	petrolbox	1	0,220	0,220	-3,147	0,000	0,400	0,000	0,000	0,000	User Specific
Longitu	main engine	1	0,895	0,895	-2,360	0,000	0,600	0,000	0,000	0,000	User Specific
Longitu	generator	1	0,941	0,941	-1,400	0,000	0,213	0,000	0,000	0,000	User Specific
Longitu	spud	1	14.420	14.420	-4,000	0,000	0,400	0,000	0,000	0,000	User Specific
Transv	FO engine	1	0,111	0,111	-1,800	0,000	0,400	0,000	0,000	0,000	User Specific
Longitu	FO genset	1	0,061	0,061	-1,200	0,000	0,300	0,000	0,000	0,000	User Specific
Longitu	crew	1	0,165	0,165	-2,000	0,000	0,200	0,000	0,000	0,000	User Specific
Vertical	FO backbone	1	0,799	0,799	-1,200	0,000	0,800	0,000	0,000	0,000	User Specific
	Total Loadgroup			52,552	0,000	0,000	-0,268	0,000	1,005	0,000	
	FS correction								0,000		
	VCG fluid								1,005		

Gambar IV.21 Tabel *Loadcase Window*

- Pada Tugas Akhir ini, direncanakan terdapat 5 (delapan) kondisi *loadcase* yang akan dihitung. Dimana 8 (delapan) kondisi tersebut antara lain, kondisi *Full Load*, kondisi 75% *Full Load*, 50% *Full Load*, 25% *Full Load*, kondisi kapal kosong (10% muatan).
- 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 IV.22.



Gambar IV.22 Menu *Start Analysis* Untuk Memulai Perhitungan

Setelah proses perhitungan dilakukan, maka hasil trim dan stabilitas kapal dapat dilihat dan kemudian disesuaikan dengan syarat yang telah ditentukan oleh IMO.

IV.2.8.1. Kondisi Kapal Kosong

Kondisi kapal kosong dengan *dredging equipments* merupakan kondisi dimana *dredging equipments* pada kapal telah terpasang. Untuk kapal *Backhoe Dredging equipments* terdiri dari 1 (satu) buah *Backhoe module* dan 2 (dua) buah *Spud*. Sedangkan Untuk kapal pengangkut muatan hanya terdiri 1 pasang *Chainwheel*. Kondisi ini sangat perlu diperhitungkan terutama untuk trim dan stabilitasnya karena kondisi ini merupakan kondisi saat kapal berlayar dan beroperasi. Maka saat proses perhitungan, kriteria-kriteria dari IMO haruslah dipenuhi. 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 IV.23 dan Gambar IV.24:

	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 and cons	1	11,087	11,087			0,257	0,000	1,000	0,000	User Specific
2	ruang navigasi	1	0,569	0,569			-2,400	0,000	3,260	0,000	User Specific
3	propulsi	1	0,129	0,129			-3,930	0,000	0,400	0,000	User Specific
4	backhoe	1	24,000	24,000			2,500	0,000	3,700	0,000	User Specific
5	per navigasi	1	0,150	0,150			-2,300	0,000	2,400	0,000	User Specific
6	gearbox	1	0,220	0,220			-3,147	0,000	0,600	0,000	User Specific
7	main engine	1	0,895	0,895			-2,350	0,000	0,600	0,000	User Specific
8	generator	1	0,035	0,035			-1,400	0,000	0,213	0,000	User Specific
9	spud	1	14,420	14,420			-3,800	0,000	0,400	0,000	User Specific
10	FO engine	1	0,011	0,011			-1,800	0,000	0,400	0,000	User Specific
11	FO genset	1	0,007	0,007			-1,200	0,000	0,300	0,000	User Specific
12	crew	2	0,080	0,160			-2,500	0,000	2,000	0,000	User Specific
13	FO backhoe	1	0,071	0,071			-1,200	0,000	0,800	0,000	User Specific
14	Total Loadcase			51,754	0,000	0,000	0,048	0,000	2,106	0,000	
15	FS correction								0,000		
16	VCG fluid								2,106		

Gambar IV.23 Input Data Beban Kapal *Backhoe* Kosong dengan *Dredging Equipments*

	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	berat hull	1	23,912	23,912			-0,113	0,000	1,621	0,000	User Specific
2	ruang navigasi	1	0,501	0,501			-3,700	0,000	4,173	0,000	User Specific
3	propulsion	1	0,400	0,400			-4,000	0,000	0,500	0,000	User Specific
4	chainwheel	1	25,000	25,000			0,000	0,000	0,500	0,000	User Specific
5	peralatan navigasi	1	0,150	0,150			-3,700	0,000	4,140	0,000	User Specific
6	gear box	1	0,204	0,204			-3,700	0,000	0,400	0,000	User Specific
7	main engine	1	0,856	0,856			-3,000	0,000	0,400	0,000	User Specific
8	generator	1	0,035	0,035			-2,350	0,000	0,213	0,000	User Specific
9	mesin chainwheel	2	0,500	1,000			0,000	0,000	0,500	0,000	User Specific
10	FO mesin	1	0,018	0,018			-2,000	0,000	0,800	0,000	User Specific
11	FO genset	1	0,008	0,008			-2,000	0,000	0,800	0,000	User Specific
12	crew	1	0,080	0,080			-3,700	0,000	4,140	0,000	User Specific
13	payload	1	4,910	4,910			-0,168	0,000	2,278	0,000	User Specific
14	FO chainwheel	2	0,009	0,019			-2,000	0,000	0,800	0,000	User Specific
15	Total Loadcase			57,093	0,000	0,000	-0,198	0,000	1,168	0,000	
16	FS correction								0,000		
17	VCG fluid								1,168		

Gambar IV.24 Input Data Beban Kapal Pengangkut Muatan Kosong

2. Setelah beban dimasukkan, selanjutnya dilakukan proses analisis dengan memilih menu *Start Analysis*. Tabel IV.38 dan Tabel IV.39 merupakan hasil rekapitulasi pemenuhan kriteria trim dan stabilitas menurut IMO.

Tabel IV.38 Rekapitulasi Pemenuhan Kriteria Kapal *Backhoe* Kondisi Kosong dengan *Dredging Equipments*

No.	Criteria	Syarat	Value	Status
1.	<i>Area 0 to 30</i>	$Value \geq 3,151 \text{ m.deg}$	9,555 m.deg	Pass
2.	<i>Area 0 to 40</i>	$Value \geq 5,156 \text{ m.deg}$	15,698 m.deg	Pass
3.	<i>Area 30 to 40</i>	$Value \geq 1,718 \text{ m.deg}$	6,142 m.deg	Pass
4.	<i>Max GZ at 30 or greater</i>	$Value \geq 0,200 \text{ m.deg}$	0,623 m.deg	Pass
5.	<i>Angle of maximum GZ</i>	$Value \geq 25^0$	37,7 ⁰	Pass
6.	<i>Initial GMt</i>	$Value \geq 0,150 \text{ m}$	1,203 m	Pass
7.	<i>Severe wind and rolling</i>	$Value \leq 16^0$	13,4 ⁰	Pass
8.	<i>GZ area : to Max GZ</i>	$Value \geq 4,583 \text{ m.deg}$	14,284 m.deg	Pass
9.	<i>Angle of equilibrium ratio</i>	$Value \leq 50\%$	0%	Pass

Tabel IV.39 Rekapitulasi Pemenuhan Kriteria Kapal Muatan Kondisi Kosong dengan *Dredging Equipments*

No.	Criteria	Syarat	Value	Status
1.	<i>Area 0 to 30</i>	$Value \geq 3,151 \text{ m.deg}$	31,155 m.deg	Pass
2.	<i>Area 0 to 40</i>	$Value \geq 5,156 \text{ m.deg}$	48,583 m.deg	Pass
3.	<i>Area 30 to 40</i>	$Value \geq 1,718 \text{ m.deg}$	17,428 m.deg	Pass
4.	<i>Max GZ at 30 or greater</i>	$Value \geq 0,200 \text{ m.deg}$	1,768 m.deg	Pass
5.	<i>Angle of maximum GZ</i>	$Value \geq 25^0$	41,8 ⁰	Pass
6.	<i>Initial GMt</i>	$Value \geq 0,150 \text{ m}$	4,391 m	Pass
7.	<i>Severe wind and rolling</i>	$Value \leq 16^0$	4,2 ⁰	Pass
8.	<i>GZ area : to Max GZ</i>	$Value \geq 4,583 \text{ m.deg}$	51,797 m.deg	Pass
9.	<i>Angle of equilibrium ratio</i>	$Value \leq 50\%$	0%	Pass

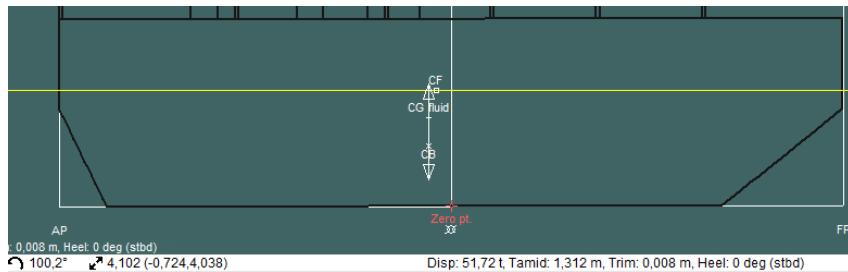
3. Untuk hasil perhitungan trim pada kondisi ini dapat dilihat pada

4. Tabel IV.40 berikut ini:

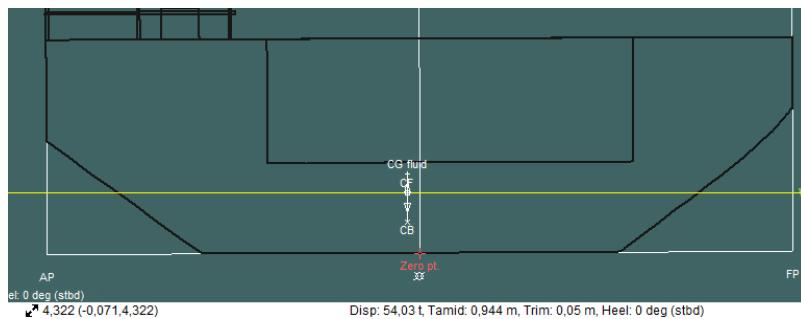
Tabel IV.40 Hasil Rekapitulasi Pemenuhan Trim Kondisi Kapal Kosong

Kapal <i>Backhoe</i>	Criteria	0,5% L _{wl}	Value	Status
<i>Trim</i>	$Value \leq 0,5\% L_{wl}$	0,0445 m	0,007 m	Pass
Kapal Muatan	Criteria	0,5% L _{wl}	Value	Status
<i>Trim</i>	$Value \leq 0,5\% L_{wl}$	0,057 m	0,05 m	Pass

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, kapal *Backhoe* mengalami trim haluan sebesar 0,007 meter dan kapal pengangkut muatan mengalami trim buritan sebesar 0,057 meter dan semua kriteria telah dipenuhi. Dapat dilihat juga kondisi kapal pada Gambar IV.25 dan Gambar IV.26:



Gambar IV.25 Kondisi Trim Kapal *Backhoe* Kosong



Gambar IV.26 Kondisi Trim Kapal Muatan Kosong

Jadi, dapat dikatakan bahwa trim dan stabilitas pada kondisi kapal kosong aman. Untuk perhitungan trim dan stabilitas kapal pada kondisi ini lebih detail dapat dilihat pada Lampiran B Perhitungan Analisis Teknis.

IV.2.8.2. Kondisi 25% Full Load

Kondisi ini merupakan kondisi dimana kapal dengan segala perlengkapannya membawa muatan sebesar 25% dari total muatan penuh. Kondisi ini juga sangat perlu diperhitungkan terutama untuk trim dan stabilitasnya karena kondisi ini merupakan kondisi saat kapal berlayar dan beroperasi. Maka saat proses perhitungan, kriteria-kriteria dari IMO haruslah dipenuhi. 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 IV.27 dan Gambar IV.28:

	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 and cons	1	11.087	11.087			0.257	0.000	1.000	0.000	User Specific
2	ruang navigasi	1	0.569	0.569			-2.400	0.000	3.260	0.000	User Specific
3	propulsi	1	0.129	0.129			-3.930	0.000	0.400	0.000	User Specific
4	backhoe	1	24.000	24.000			2.500	0.000	3.700	0.000	User Specific
5	per navigasi	1	0.150	0.150			-2.300	0.000	2.400	0.000	User Specific
6	gearbox	1	0.220	0.220			-3.147	0.000	0.600	0.000	User Specific
7	main engine	1	0.895	0.895			-2.350	0.000	0.600	0.000	User Specific
8	generator	1	0.035	0.035			-1.400	0.000	0.213	0.000	User Specific
9	spud	1	14.420	14.420			-3.800	0.000	0.400	0.000	User Specific
10	FO Engine	1	0.028	0.028			-1.800	0.000	0.400	0.000	User Specific
11	FO genset	1	0.017	0.017			-1.200	0.000	0.300	0.000	User Specific
12	crew	2	0.080	0.160			-2.500	0.000	2.000	0.000	User Specific
13	FO backhoe	1	0.179	0.179			-1.200	0.000	0.800	0.000	User Specific
14	Total Loadcase			51.089	0.000	0.000	0.044	0.000	2.102	0.000	
15	FS correction								0.000		
16	VCG fluid								2.102		

Gambar IV.27 Input Data Beban Kapal Backhoe Kondisi 25% Full Load

	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	berat hull	1	23.912	23.912			-0.113	0.000	1.621	0.000	User Specific
2	ruang navigasi	1	0.501	0.501			-3.700	0.000	4.173	0.000	User Specific
3	propulsion	1	0.400	0.400			-4.000	0.000	0.500	0.000	User Specific
4	chaninwheel	1	25.000	25.000			0.000	0.000	0.500	0.000	User Specific
5	peritan navigasi	1	0.150	0.150			-3.700	0.000	4.140	0.000	User Specific
6	gear box	1	0.204	0.204			-3.700	0.000	0.400	0.000	User Specific
7	main engine	1	0.856	0.856			-3.000	0.000	0.400	0.000	User Specific
8	generator	1	0.035	0.035			-2.350	0.000	0.213	0.000	User Specific
9	mesin chainwheel	2	0.500	1.000			0.000	0.000	0.500	0.000	User Specific
10	FO mesin	1	0.045	0.045			-2.000	0.000	0.800	0.000	User Specific
11	FO genset	1	0.040	0.040			-2.000	0.000	0.800	0.000	User Specific
12	crew	1	0.080	0.080			-3.700	0.000	4.140	0.000	User Specific
13	payload	1	24.600	24.600			-0.151	0.000	2.278	0.000	User Specific
14	FO chainwheel	2	0.086	0.173			-2.000	0.000	0.800	0.000	User Specific
15	Total Loadcase			76.996	0.000	0.000	-0.190	0.000	1.450	0.000	
16	FS correction								0.000		
17	VCG fluid								1.450		

Gambar IV.28 Input Data Beban Kapal Muatan Kondisi 25% Full Load

- Setelah beban dimasukkan, selanjutnya dilakukan proses analisis dengan memilih menu *Start Analysis*. Tabel IV.41 dan
- Tabel IV.42 merupakan hasil rekapitulasi pemenuhan kriteria trim dan stabilitas menurut IMO.

Tabel IV.41 Rekapitulasi Pemenuhan Kriteria Kapal Backhoe Kondisi 25% Full Load

No.	Criteria	Syarat	Value	Status
1.	<i>Area 0 to 30</i>	$Value \geq 3,151 \text{ m.deg}$	9,527 m.deg	Pass
2.	<i>Area 0 to 40</i>	$Value \geq 5,156 \text{ m.deg}$	15,643 m.deg	Pass
3.	<i>Area 30 to 40</i>	$Value \geq 1,718 \text{ m.deg}$	6,116 m.deg	Pass
4.	<i>Max GZ at 30 or greater</i>	$Value \geq 0,200 \text{ m.deg}$	0,62 m.deg	Pass
5.	<i>Angle of maximum GZ</i>	$Value \geq 25^0$	38,2 ⁰	Pass
6.	<i>Initial GMt</i>	$Value \geq 0,150 \text{ m}$	1,201 m	Pass
7.	<i>Severe wind and rolling</i>	$Value \leq 16^0$	13,4 ⁰	Pass
8.	<i>GZ area : to Max GZ</i>	$Value \geq 4,583 \text{ m.deg}$	14,517 m.deg	Pass
9.	<i>Angle of equilibrium ratio</i>	$Value \leq 50\%$	0%	Pass

Tabel IV.42 Rekapitulasi Pemenuhan Kriteria Kapal Muatan Kondisi 25% *Full Load*

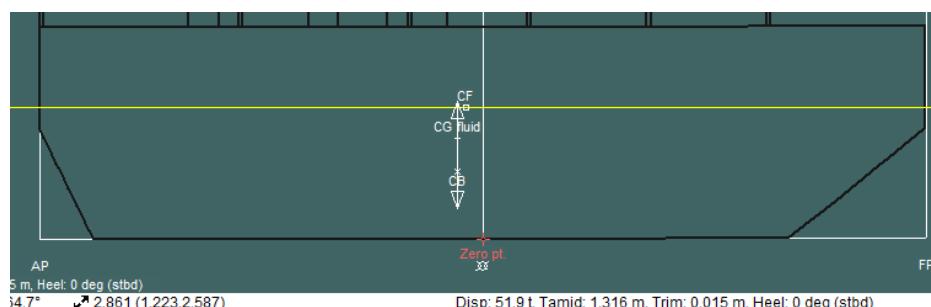
No.	Criteria	Syarat	Value	Status
1.	<i>Area 0 to 30</i>	$Value \geq 3,151 \text{ m.deg}$	28,263 m.deg	Pass
2.	<i>Area 0 to 40</i>	$Value \geq 5,156 \text{ m.deg}$	44,737 m.deg	Pass
3.	<i>Area 30 to 40</i>	$Value \geq 1,718 \text{ m.deg}$	16,474 m.deg	Pass
4.	<i>Max GZ at 30 or greater</i>	$Value \geq 0,200 \text{ m.deg}$	1,683 m.deg	Pass
5.	<i>Angle of maximum GZ</i>	$Value \geq 25^0$	42,3 ⁰	Pass
6.	<i>Initial GMt</i>	$Value \geq 0,150 \text{ m}$	3,851 m	Pass
7.	<i>Severe wind and rolling</i>	$Value \leq 16^0$	4,1 ⁰	Pass
8.	<i>GZ area : to Max GZ</i>	$Value \geq 4,583 \text{ m.deg}$	48,56 m.deg	Pass
9.	<i>Angle of equilibrium ratio</i>	$Value \leq 50\%$	0%	Pass

4. Untuk hasil perhitungan trim pada kondisi ini dapat dilihat pada Tabel IV.43:

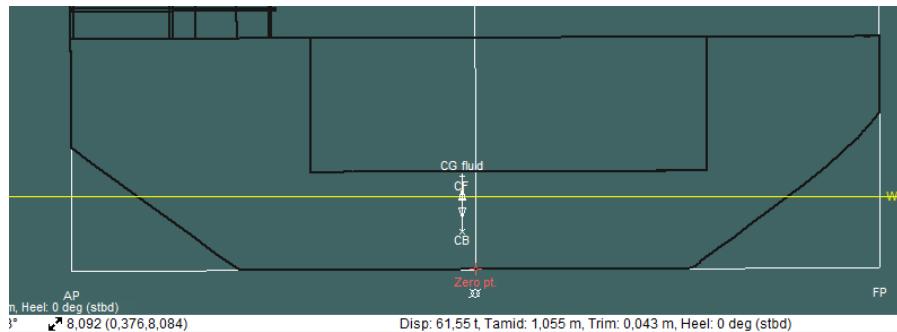
Tabel IV.43 Hasil Rekapitulasi Pemenuhan Trim Kondisi 25% *Full Load*

Kapal <i>Backhoe</i>	Criteria	0,5% L _{wl}	Value	Status
<i>Trim</i>	$Value \leq 0,5\% L_{wl}$	0,0445 m	0,015 m	Pass
Kapal Muatan	Criteria	0,5% L _{wl}	Value	Status
<i>Trim</i>	$Value \leq 0,5\% L_{wl}$	0,057 m	0,043 m	Pass

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, kapal *Backhoe* mengalami trim haluan sebesar 0,015 meter dan kapal pengangkut muatan mengalami trim buritan sebesar 0,043 meter dan semua kriteria telah dipenuhi. Dapat dilihat juga kondisi kapal pada Gambar IV.29 dan Gambar IV.30:



Gambar IV.29 Kondisi Trim Kapal *Backhoe* dengan 25% *Full Load*



Gambar IV.30 Kondisi Trim Kapal Muatan dengan 25% *Full Load*

Jadi, dapat dikatakan bahwa trim dan stabilitas pada kondisi kapal dengan 25% *Full Load* aman. Untuk perhitungan trim dan stabilitas kapal pada kondisi ini lebih detail dapat dilihat pada Lampiran B Perhitungan Analisis Teknis.

IV.2.8.3. Kondisi 50% *Full Load*

Kondisi ini merupakan kondisi dimana kapal dengan segala perlengkapannya membawa muatan sebesar 50% dari total muatan penuh.. Kondisi ini juga sangat perlu diperhitungkan terutama untuk trim dan stabilitasnya karena kondisi ini merupakan kondisi saat kapal berlayar dan beroperasi. Maka saat proses perhitungan, kriteria-kriteria dari IMO haruslah dipenuhi. 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 IV.31 dan Gambar IV.32:

Assembly	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
Design	Hull and cons	1	11,087	11,087			0,257	0,000	1,000	0,000	User Specific
Geome	ruang navigasi	1	0,569	0,569			-2,400	0,000	3,260	0,000	User Specific
Geome	proporsi	1	0,129	0,129			-3,930	0,000	0,400	0,000	User Specific
Longitu	backhoe	1	24,000	24,000			2,500	0,000	3,700	0,000	User Specific
Longitu	per navigasi	1	0,150	0,150			-2,300	0,000	2,400	0,000	User Specific
Longitu	gearbox	1	0,220	0,220			-3,147	0,000	0,600	0,000	User Specific
Geome	main engine	1	0,895	0,895			-2,350	0,000	0,600	0,000	User Specific
Longitu	generator	1	0,035	0,035			-1,400	0,000	0,213	0,000	User Specific
Longitu	spud	1	14,420	14,420			-3,800	0,000	0,400	0,000	User Specific
Transvi	FO engine	1	0,056	0,056			-1,800	0,000	0,400	0,000	User Specific
Longitu	FO genset	1	0,033	0,033			-1,200	0,000	0,300	0,000	User Specific
Vertical	crew	2	0,080	0,160			-2,500	0,000	2,000	0,000	User Specific
Vertical	FO backhoe	1	0,354	0,354			-1,200	0,000	0,800	0,000	User Specific
	Total Loadcase			52,108	0,000	0,000	0,039	0,000	2,096	0,000	
	FS correction								0,000		
	VCG fluid								2,096		

Gambar IV.31 *Input* Data Beban Kapal Backhoe Kondisi 50% *Full Load*

	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	berat hull	1	23,912	23,912			-0,113	0,000	1,621	0,000	User Specific
2	ruang navigasi	1	0,501	0,501			-3,700	0,000	4,173	0,000	User Specific
3	propulsion	1	0,400	0,400			-4,000	0,000	0,500	0,000	User Specific
4	chainwheel	1	25,000	25,000			0,000	0,000	0,500	0,000	User Specific
5	perilatan navigasi	1	0,150	0,150			-3,700	0,000	4,140	0,000	User Specific
6	gear box	1	0,204	0,204			-3,700	0,000	0,400	0,000	User Specific
7	main engine	1	0,856	0,856			-3,000	0,000	0,400	0,000	User Specific
8	generator	1	0,035	0,035			-2,350	0,000	0,213	0,000	User Specific
9	mesin chainwheel	2	0,500	1,000			0,000	0,000	0,500	0,000	User Specific
10	FO mesin	1	0,027	0,027			-2,000	0,000	0,800	0,000	User Specific
11	FO genset	1	0,020	0,020			-2,000	0,000	0,800	0,000	User Specific
12	crew	1	0,080	0,080			-3,700	0,000	4,140	0,000	User Specific
13	paylad	1	12,275	12,275			-0,142	0,000	2,278	0,000	User Specific
14	FO chainwheel	2	0,064	0,128			-2,000	0,000	0,800	0,000	User Specific
15	Total Loadcase			64,588	0,000	0,000	-0,194	0,000	1,293	0,000	
16	FS correction									0,000	
17	VCG fluid									1,293	

Gambar IV.32 Input Data Beban Kapal Muatan Kondisi 50% Full Load

2. Setelah beban dimasukkan, selanjutnya dilakukan proses analisis dengan memilih menu *Start Analysis*. Tabel IV.44 dan Tabel IV.45 merupakan hasil rekapitulasi pemenuhan kriteria trim dan stabilitas menurut IMO.

Tabel IV.44 Rekapitulasi Pemenuhan Kriteria Kapal Backhoe Kondisi 50% Full Load

No.	Criteria	Syarat	Value	Status
1.	<i>Area 0 to 30</i>	$Value \geq 3,151 \text{ m.deg}$	9,522 m.deg	Pass
2.	<i>Area 0 to 40</i>	$Value \geq 5,156 \text{ m.deg}$	15,632 m.deg	Pass
3.	<i>Area 30 to 40</i>	$Value \geq 1,718 \text{ m.deg}$	6,114 m.deg	Pass
4.	<i>Max GZ at 30 or greater</i>	$Value \geq 0,200 \text{ m.deg}$	0,62 m.deg	Pass
5.	<i>Angle of maximum GZ</i>	$Value \geq 25^{\circ}$	38,2°	Pass
6.	<i>Initial GMt</i>	$Value \geq 0,150 \text{ m}$	1,201 m	Pass
7.	<i>Severe wind and rolling</i>	$Value \leq 16^{\circ}$	13,4°	Pass
8.	<i>GZ area : to Max GZ</i>	$Value \geq 4,583 \text{ m.deg}$	14,503 m.deg	Pass
9.	<i>Angle of equilibrium ratio</i>	$Value \leq 50\%$	0%	Pass

Tabel IV.45 Rekapitulasi Pemenuhan Kriteria Kapal Muatan Kondisi 50% Full Load

No.	Criteria	Syarat	Value	Status
1.	<i>Area 0 to 30</i>	$Value \geq 3,151 \text{ m.deg}$	24,487 m.deg	Pass
2.	<i>Area 0 to 40</i>	$Value \geq 5,156 \text{ m.deg}$	39,679 m.deg	Pass
3.	<i>Area 30 to 40</i>	$Value \geq 1,718 \text{ m.deg}$	15,192 m.deg	Pass
4.	<i>Max GZ at 30 or greater</i>	$Value \geq 0,200 \text{ m.deg}$	1,559 m.deg	Pass
5.	<i>Angle of maximum GZ</i>	$Value \geq 25^{\circ}$	40,5°	Pass
6.	<i>Initial GMt</i>	$Value \geq 0,150 \text{ m}$	3,208 m	Pass

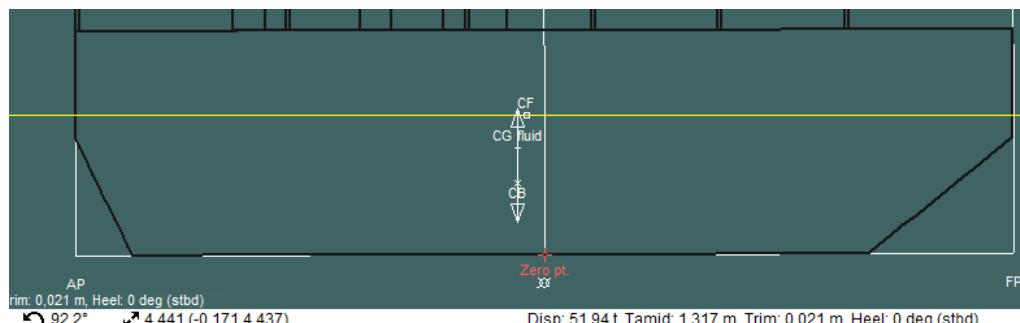
7.	<i>Severe wind and rolling</i>	<i>Value</i> $\leq 16^0$	4^0	<i>Pass</i>
8.	<i>GZ area : to Max GZ</i>	<i>Value</i> $\geq 4,583 \text{ m.deg}$	40,388 m.deg	<i>Pass</i>
9.	<i>Angle of equilibrium ratio</i>	<i>Value</i> $\leq 50\%$	0%	<i>Pass</i>

3. Untuk hasil perhitungan trim pada kondisi ini dapat dilihat pada Tabel IV.46:

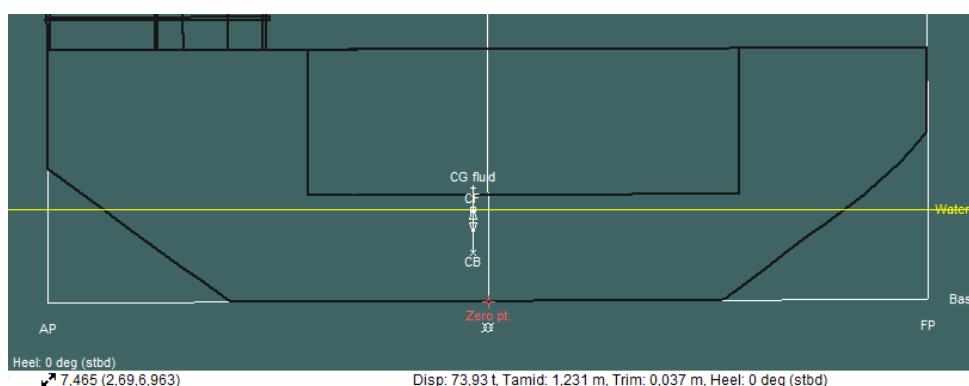
Tabel IV.46 Hasil Rekapitulasi Pemenuhan Trim Kondisi 50% *Full Load*

Kapal <i>Backhoe</i>	Criteria	0,5% L _{wl}	Value	Status
<i>Trim</i>	<i>Value</i> $\leq 0,5\% L_{wl}$	0,0445 m	0,021 m	<i>Pass</i>
Kapal Muatan	Criteria	0,5% L _{wl}	Value	Status
<i>Trim</i>	<i>Value</i> $\leq 0,5\% L_{wl}$	0,057 m	0,037 m	<i>Pass</i>

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, kapal *Backhoe* mengalami trim haluan sebesar 0,021 meter dan kapal pengangkut muatan mengalami trim buritan sebesar 0,037 meter dan semua kriteria telah dipenuhi. Dapat dilihat juga kondisi kapal pada Gambar IV.33 dan Gambar IV.34:



Gambar IV.33 Kondisi Trim Kapal *Backhoe* dengan 50% *Full Load*



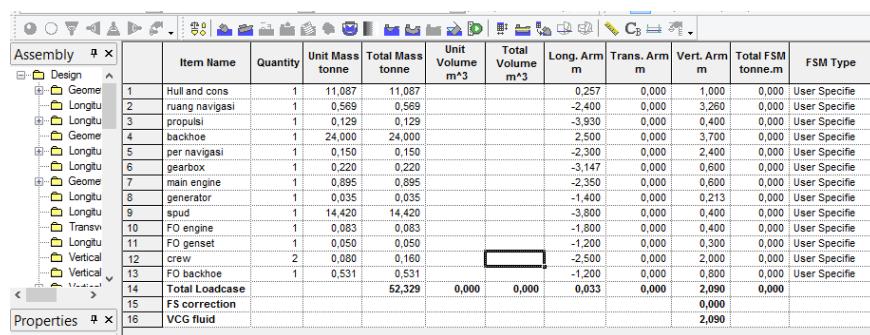
Gambar IV.34 Kondisi Trim Kapal Muatan dengan 50% *Full Load*

Jadi, dapat dikatakan bahwa trim dan stabilitas pada kondisi kapal dengan 50% *Full Load* aman. Untuk perhitungan trim dan stabilitas kapal pada kondisi ini lebih detail dapat dilihat pada Lampiran B Perhitungan Analisis Teknis.

IV.2.8.4. Kondisi 75% Full Load

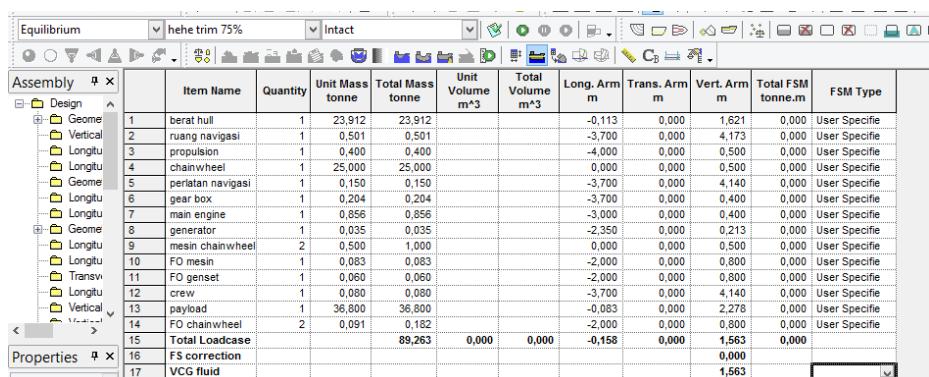
Kondisi ini merupakan kondisi dimana kapal dengan segala perlengkapannya membawa muatan sebesar 75% dari total muatan penuh.. Kondisi ini sangat perlu diperhitungkan terutama untuk trim dan stabilitasnya karena kondisi ini merupakan kondisi saat kapal berlayar dan beroperasi. Maka saat proses perhitungan, kriteria-kriteria dari IMO haruslah dipenuhi. 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 IV.35 dan Gambar IV.36 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 and cons	1	11.087	11.087			0.257	0.000	1.000	0.000	User Specific
2	ruang navigasi	1	0.569	0.569			-2.400	0.000	3.260	0.000	User Specific
3	propulsi	1	0.129	0.129			-3.930	0.000	0.400	0.000	User Specific
4	backhoe	1	24.000	24.000			2.500	0.000	3.700	0.000	User Specific
5	per navigasi	1	0.150	0.150			-2.300	0.000	2.400	0.000	User Specific
6	gearbox	1	0.220	0.220			-3.147	0.000	0.600	0.000	User Specific
7	main engine	1	0.895	0.895			-2.350	0.000	0.600	0.000	User Specific
8	generator	1	0.035	0.035			-1.400	0.000	0.213	0.000	User Specific
9	spud	1	14.420	14.420			-3.800	0.000	0.400	0.000	User Specific
10	FO engine	1	0.083	0.083			-1.800	0.000	0.400	0.000	User Specific
11	FO genset	1	0.050	0.050			-1.200	0.000	0.300	0.000	User Specific
12	crew	2	0.080	0.160			-2.500	0.000	2.000	0.000	User Specific
13	FO backhoe	1	0.531	0.531			-1.200	0.000	0.800	0.000	User Specific
14	Total Loadcase			62.329	0,000	0,000	0,033	0,000	2.090	0,000	
15	FS correction								0,000		
16	VCG fluid								2.090		

Gambar IV.35 Input Data Beban Kapal Backhoe Kondisi 75% Full Load



	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	berat hull	1	23.912	23.912			-0.113	0.000	1.621	0.000	User Specific
2	ruang navigasi	1	0.501	0.501			-3.700	0.000	4.173	0.000	User Specific
3	propulsion	1	0.400	0.400			-4.000	0.000	0.500	0.000	User Specific
4	chainwheel	1	25.000	25.000			0.000	0.000	0.500	0.000	User Specific
5	perlatan navigasi	1	0.150	0.150			-3.700	0.000	4.140	0.000	User Specific
6	gear box	1	0.204	0.204			-3.700	0.000	0.400	0.000	User Specific
7	main engine	1	0.856	0.856			-3.000	0.000	0.400	0.000	User Specific
8	generator	1	0.035	0.035			-2.350	0.000	0.213	0.000	User Specific
9	mesin chainwheel	2	0.500	1.000			0.000	0.000	0.500	0.000	User Specific
10	FO mesin	1	0.083	0.083			-2.000	0.000	0.800	0.000	User Specific
11	FO genset	1	0.060	0.060			-2.000	0.000	0.800	0.000	User Specific
12	crew	1	0.080	0.080			-3.700	0.000	4.140	0.000	User Specific
13	payload	1	36.800	36.800			-0.083	0.000	2.278	0.000	User Specific
14	FO chainwheel	2	0.091	0.182			-2.000	0.000	0.800	0.000	User Specific
15	Total Loadcase			89,263	0,000	0,000	-0,158	0,000	1.563	0,000	
16	FS correction								0,000		
17	VCG fluid								1.563		

Gambar IV.36 Input Data Beban Kapal Muatan Kondisi 75% Full Load

2. Setelah beban dimasukkan, selanjutnya dilakukan proses analisis dengan memilih menu *Start Analysis*. Tabel IV.47 dan Tabel IV.48 berikut merupakan hasil rekapitulasi pemenuhan kriteria trim dan stabilitas menurut IMO.

Tabel IV.47 Rekapitulasi Pemenuhan Kriteria Kapal *Backhoe* Kondisi 75% *Full Load*

No.	Criteria	Syarat	Value	Status
1.	<i>Area 0 to 30</i>	$Value \geq 3,151 \text{ m.deg}$	9,5022 m.deg	Pass
2.	<i>Area 0 to 40</i>	$Value \geq 5,156 \text{ m.deg}$	15,592 m.deg	Pass
3.	<i>Area 30 to 40</i>	$Value \geq 1,718 \text{ m.deg}$	6,090 m.deg	Pass
4.	<i>Max GZ at 30 or greater</i>	$Value \geq 0,200 \text{ m.deg}$	0,618 m.deg	Pass
5.	<i>Angle of maximum GZ</i>	$Value \geq 25^0$	38,2 ⁰	Pass
6.	<i>Initial GMt</i>	$Value \geq 0,150 \text{ m}$	1,2 m	Pass
7.	<i>Severe wind and rolling</i>	$Value \leq 16^0$	13,3 ⁰	Pass
8.	<i>GZ area : to Max GZ</i>	$Value \geq 4,583 \text{ m.deg}$	14,470 m.deg	Pass
9.	<i>Angle of equilibrium ratio</i>	$Value \leq 50\%$	0%	Pass

Tabel IV.48 Rekapitulasi Pemenuhan Kriteria Kapal Muatan Kondisi 75% *Full Load*

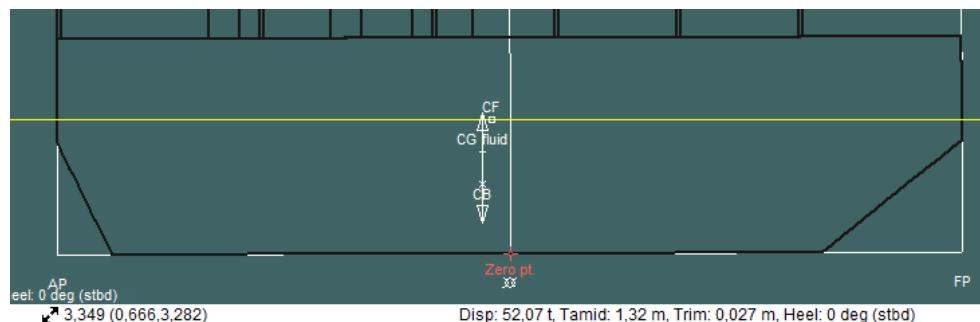
No.	Criteria	Syarat	Value	Status
1.	<i>Area 0 to 30</i>	$Value \geq 3,151 \text{ m.deg}$	21,583 m.deg	Pass
2.	<i>Area 0 to 40</i>	$Value \geq 5,156 \text{ m.deg}$	35,683 m.deg	Pass
3.	<i>Area 30 to 40</i>	$Value \geq 1,718 \text{ m.deg}$	14,099 m.deg	Pass
4.	<i>Max GZ at 30 or greater</i>	$Value \geq 0,200 \text{ m.deg}$	1,44 m.deg	Pass
5.	<i>Angle of maximum GZ</i>	$Value \geq 25^0$	38,6 ⁰	Pass
6.	<i>Initial GMt</i>	$Value \geq 0,150 \text{ m}$	2,765 m	Pass
7.	<i>Severe wind and rolling</i>	$Value \leq 16^0$	3,9 ⁰	Pass
8.	<i>GZ area : to Max GZ</i>	$Value \geq 4,58 \text{ m.deg}$	33,719 m.deg	Pass
9.	<i>Angle of equilibrium ratio</i>	$Value \leq 50\%$	0%	Pass

3. Untuk hasil perhitungan trim pada kondisi ini dapat dilihat pada Tabel IV.49 berikut ini:

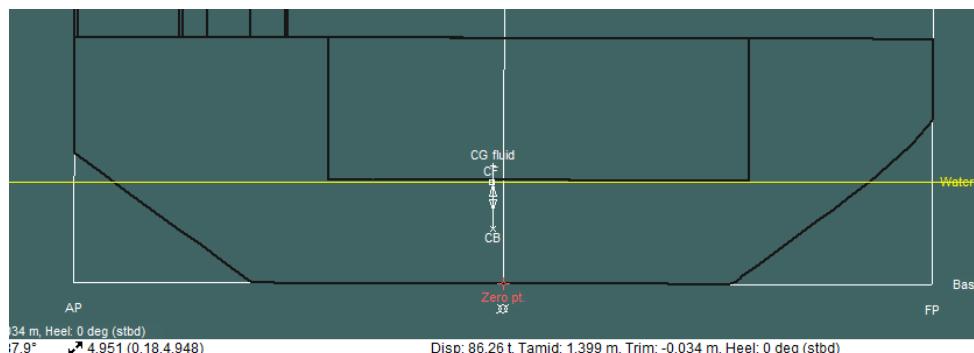
Tabel IV.49 Hasil Rekapitulasi Pemenuhan Trim Kondisi 75% *Full Load*

Kapal <i>Backhoe</i>	<i>Criteria</i>	0,5% L _{wl}	<i>Value</i>	<i>Status</i>
<i>Trim</i>	<i>Value</i> \leq 0,5% L _{wl}	0,0445 m	0,027 m	<i>Pass</i>
Kapal Muatan	<i>Criteria</i>	0,5% L _{wl}	<i>Value</i>	<i>Status</i>
<i>Trim</i>	<i>Value</i> \leq 0,5% L _{wl}	0,057 m	-0,034 m	<i>Pass</i>

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, kapal *Backhoe* mengalami trim buritan sebesar 0,027 meter dan kapal pengangkut muatan mengalami trim haluan sebesar -0,034 meter dan semua kriteria telah dipenuhi. Dapat dilihat juga kondisi kapal pada Gambar IV.37 dan Gambar IV.38 berikut ini:



Gambar IV.37 Kondisi Trim Kapal *Backhoe* dengan 75% *Full Load*



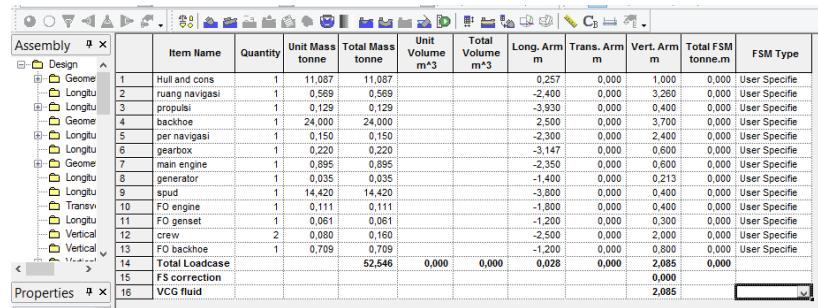
Gambar IV.38 Kondisi Trim Kapal Muatan dengan 75% *Full Load*

Jadi, trim dan stabilitas pada kondisi kapal dengan 75% *Full Load* aman. Untuk perhitungan trim dan stabilitas kapal pada kondisi ini lebih detail dapat dilihat pada Lampiran B Perhitungan Analisis Teknis.

IV.2.8.5. Kondisi *Full Load*

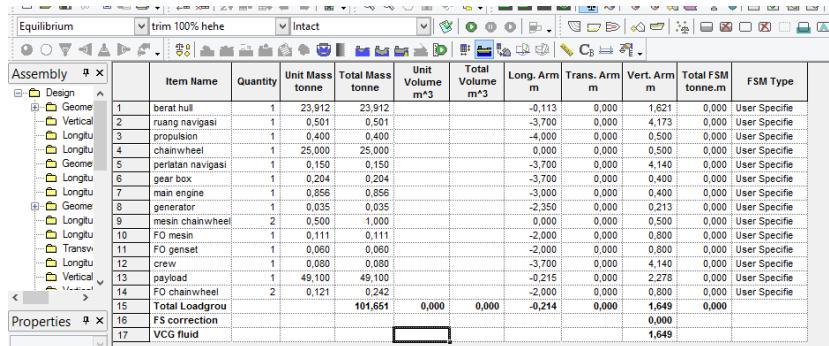
Kondisi ini merupakan kondisi dimana kapal dengan segala perlengkapannya membawa muatan penuh.. Kondisi ini sangat perlu diperhitungkan terutama untuk trim dan stabilitasnya karena kondisi ini merupakan kondisi saat kapal berlayar dan beroperasi. Maka saat proses perhitungan, kriteria-kriteria dari IMO haruslah dipenuhi. 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 IV.39 dan Gambar IV.40 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 FBM tonne.m	FSM Type
1 Hull and cons	1	11,087	11,087			0,257	0,000	1,000	0,000	User Specific
2 ruang navigasi	1	0,569	0,569			-2,400	0,000	3,260	0,000	User Specific
3 propuls	1	0,129	0,129			-3,930	0,000	0,400	0,000	User Specific
4 backhoe	1	24,000	24,000			2,500	0,000	3,700	0,000	User Specific
5 per navigasi	1	0,150	0,150			-2,300	0,000	2,400	0,000	User Specific
6 gearbox	1	0,220	0,220			-3,147	0,000	0,600	0,000	User Specific
7 main engine	1	0,895	0,895			-2,350	0,000	0,600	0,000	User Specific
8 generator	1	0,035	0,035			-1,400	0,000	0,213	0,000	User Specific
9 spud	1	14,420	14,420			-3,800	0,000	0,400	0,000	User Specific
10 FO engine	1	0,111	0,111			-1,800	0,000	0,400	0,000	User Specific
11 FO genset	1	0,061	0,061			-1,200	0,000	0,300	0,000	User Specific
12 crew	2	0,080	0,160			-2,500	0,000	2,000	0,000	User Specific
13 FO backhoe	1	0,709	0,709			-1,200	0,000	0,800	0,000	User Specific
14 Total Loadcase			52,546	0,000	0,000	0,028	0,000	2,085	0,000	
15 FS correction									0,000	
16 VCG fluid									2,085	

Gambar IV.39 *Input* Data Beban Kapal Backhoe Kondisi *Full Load*



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 FBM tonne.m	FSM Type
1 berat hull	1	23,912	23,912			-0,113	0,000	1,621	0,000	User Specific
2 ruang navigasi	1	0,501	0,501			-3,700	0,000	4,173	0,000	User Specific
3 propulsion	1	0,400	0,400			-4,000	0,000	0,500	0,000	User Specific
4 Longitu	1	25,000	25,000			0,000	0,000	0,500	0,000	User Specific
5 perlatan navigasi	1	0,150	0,150			-3,700	0,000	4,140	0,000	User Specific
6 gearbox	1	0,204	0,204			-3,700	0,000	0,400	0,000	User Specific
7 main engine	1	0,856	0,856			-3,000	0,000	0,400	0,000	User Specific
8 generator	1	0,035	0,035			-2,350	0,000	0,213	0,000	User Specific
9 mesin chainwheel	2	0,500	1,000			0,000	0,000	0,500	0,000	User Specific
10 FO mesin	1	0,111	0,111			-2,000	0,000	0,800	0,000	User Specific
11 FO genset	1	0,060	0,060			-2,000	0,000	0,800	0,000	User Specific
12 crew	1	0,080	0,080			-3,700	0,000	4,140	0,000	User Specific
13 payload	1	49,100	49,100			-0,215	0,000	2,278	0,000	User Specific
14 FO chainwheel	2	0,121	0,242			-2,000	0,000	0,800	0,000	User Specific
15 Total Loadgrou			101,651	0,000	0,000	-0,214	0,000	1,649	0,000	
16 FS correction									0,000	
17 VCG fluid									1,649	

Gambar IV.40 *Input* Data Beban Kapal Muatan Kondisi *Full Load*

2. Setelah beban dimasukkan, selanjutnya dilakukan proses analisis dengan memilih menu *Start Analysis*. Tabel IV.50 dan Tabel IV.51 berikut merupakan hasil rekapitulasi pemenuhan kriteria trim dan stabilitas menurut IMO.

Tabel IV.50 Rekapitulasi Pemenuhan Kriteria Kondisi *Full Load*

No.	Criteria	Syarat	Value	Status
1.	<i>Area 0 to 30</i>	$Value \geq 3,151 \text{ m.deg}$	9,421 m.deg	Pass
2.	<i>Area 0 to 40</i>	$Value \geq 5,156 \text{ m.deg}$	15,436 m.deg	Pass
3.	<i>Area 30 to 40</i>	$Value \geq 1,718 \text{ m.deg}$	6,014 m.deg	Pass
4.	<i>Max GZ at 30 or greater</i>	$Value \geq 0,200 \text{ m.deg}$	0,611 m.deg	Pass
5.	<i>Angle of maximum GZ</i>	$Value \geq 25^0$	38,2 ⁰	Pass
6.	<i>Initial GMt</i>	$Value \geq 0,150 \text{ m}$	1,194 m	Pass
7.	<i>Severe wind and rolling</i>	$Value \leq 16^0$	13,3 ⁰	Pass
8.	<i>GZ area : to Max GZ</i>	$Value \geq 4,583 \text{ m.deg}$	14,326 m.deg	Pass
9.	<i>Angle of equilibrium ratio</i>	$Value \leq 50\%$	0%	Pass

Tabel IV.51 Rekapitulasi Pemenuhan Kriteria Kondisi *Full Load*

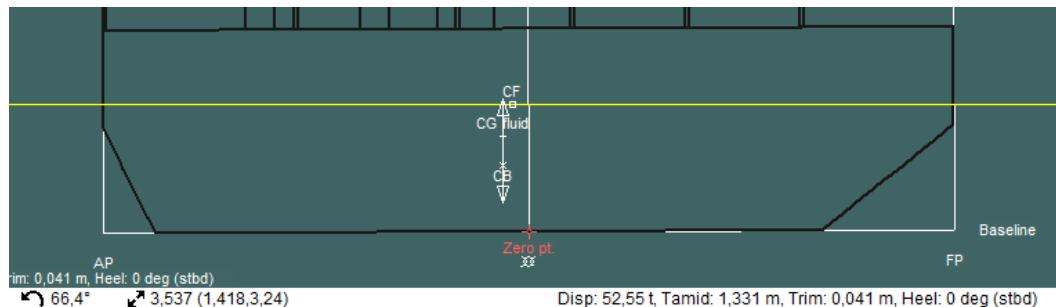
No.	Criteria	Syarat	Value	Status
1.	<i>Area 0 to 30</i>	$Value \geq 3,151 \text{ m.deg}$	19,265 m.deg	Pass
2.	<i>Area 0 to 40</i>	$Value \geq 5,156 \text{ m.deg}$	32,235 m.deg	Pass
3.	<i>Area 30 to 40</i>	$Value \geq 1,718 \text{ m.deg}$	12,97 m.deg	Pass
4.	<i>Max GZ at 30 or greater</i>	$Value \geq 0,200 \text{ m.deg}$	1,317 m.deg	Pass
5.	<i>Angle of maximum GZ</i>	$Value \geq 25^0$	38,2 ⁰	Pass
6.	<i>Initial GMt</i>	$Value \geq 0,150 \text{ m}$	2,244 m	Pass
7.	<i>Severe wind and rolling</i>	$Value \leq 16^0$	3,7 ⁰	Pass
8.	<i>GZ area : to Max GZ</i>	$Value \geq 4,58 \text{ m.deg}$	29,842 m.deg	Pass
9.	<i>Angle of equilibrium ratio</i>	$Value \leq 50\%$	0%	Pass

3. Untuk hasil perhitungan trim pada kondisi ini dapat dilihat pada Tabel IV.52 berikut ini:

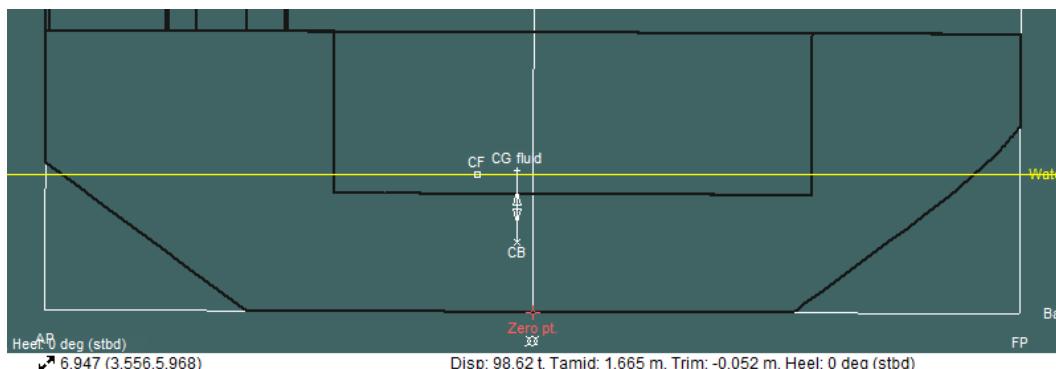
Tabel IV.52 Hasil Rekapitulasi Pemenuhan Trim Kondisi *Full Load*

Kapal Backhoe	Criteria	0,5% L _{wl}	Value	Status
Trim	$Value \leq 0,5\% L_{wl}$	0,0445 m	0,041 m	Pass
Kapal Muatan	Criteria	0,5% L _{wl}	Value	Status
Trim	$Value \leq 0,5\% L_{wl}$	0,057 m	-0,052 m	Pass

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, kapal *Backhoe* mengalami trim buritan sebesar 0,041 meter dan kapal pengangkut muatan mengalami trim haluan sebesar 0,052 meter dan semua kriteria telah dipenuhi. Dapat dilihat juga kondisi kapal pada Gambar IV.41 dan Gambar IV.42 berikut ini:



Gambar IV.41 Kondisi Trim Kapal *Backhoe* kondisi *Full Load*



Gambar IV.42 Kondisi Trim Kapal Muatan kondisi *Full Load*

Jadi, trim dan stabilitas pada kondisi kapal kondisi *Full Load* aman. Untuk perhitungan trim dan stabilitas kapal pada kondisi ini lebih detail dapat dilihat pada Lampiran B Perhitungan Analisis Teknis.

IV.3. Estimasi Biaya Pembangunan Kapal

Proses menghitung biaya pembangunan kapal ini berdasarkan komponen-komponen apa saja yang direncanakan terdapat di kapal. Kemudian mulai mencari harga pasaran dari komponen-komponen tersebut. Berikut komponen-komponen yang direncanakan terdapat di kapal dan dihitung sesuai dengan harga pasar:

IV.3.1. Estimasi Biaya Pembangunan Kapal *Backhoe*

1. Harga Pelat Kapal

Harga pelat disesuaikan berdasarkan harga pasar yang ada (Data tentang harga pelat dapat dilihat dalam Lampiran A Data Pendukung). Berikut perhitungan harga pelat kapal sesuai dengan Tabel IV.53 berikut:

Tabel IV.53 Perhitungan Harga Pelat Kapal

Pelat Kapal Keseluruhan (hull & construction)		
<i>Sumber: Alibaba.com https://indonesian.alibaba.com/product-detail/ah36-steel-plate-for-shipbuilding-60239600140.html?s=p</i>		
Harga	\$800	USD/ton
Berat pelat keseluruhan	11,66	ton
Harga pelat keseluruhan	\$8.869	USD
	Rp130.394.785,23	Rupiah

2. Harga *Backhoe* Sumitomo SH210LC-5LR

Backhoe yang dipakai untuk komponen pada kapal adalah jenis Sumitomo SH210LC-5LR. Harga *Backhoe* juga terdapat di pasaran baik baru maupun bekas. Namun yang digunakan dalam perhitungan ini adalah *Backhoe* yang baru. Perhitungan harga *Backhoe* dapat dilihat pada Tabel IV.54 berikut:

Tabel IV.54 Perhitungan Harga Sumitomo SH210LC-5LR

Backhoe Sumitomo SH210LC-5LR		
<i>Sumber: http://ptsumitomo-shi.blogspot.com/p/harga-alat-berat.html</i>		
Harga	\$48.000	USD/unit
Jumlah Unit	1	unit
Harga Unit	\$48.000	USD
	Rp671.184,00	Rupiah

3. Harga *Square Piles*

Square piles adalah komponen baja solid yang digunakan sebagai *spud* kapal. *Square Piles* memiliki dimensi 350 x 350 mm karena disesuaikan dengan hasil perhitungan *spud*. Dalam Tabel IV.55 berikut dijelaskan tentang perhitungan harga *Square Piles*.

Tabel IV.55 Perhitungan Harga *Square Piles*

Square Piles (Untuk Spuds) 350 x 350 mm		
<i>Sumber: Indotrading, http://m.indotrading.com/product/square-piles-p284975</i>		
Harga <i>Square Piles</i>	Rp514.800	Rp/meter
Panjang <i>Square Piles</i>	7.5	meter
Jumlah Unit	2	unit
Harga Unit	Rp7.722.000	Rupiah

4. Harga *Main Engine*

Sesuai dengan yang telah dijelaskan pada Bab IV.5, *main engine* yang dipakai adalah jenis Yanmar 6CH-HTE3 H-Rating 170 HP. Perhitungan harga mesin utama dapat dilihat pada Tabel IV.56 berikut:

Tabel IV.56 Perhitungan Harga *Main Engine*

Main Engine Yanmar 6CH-HTE3 H-Rating 170 HP		
<i>Sumber: </i> https://e-katalog.lkpp.go.id/backend/katalog/lihat_produk/286678		
Harga	\$27.000	USD/unit
Jumlah Unit	1	unit
Harga Unit	\$27.000	USD/unit
	Rp377.541.000	Rupiah

5. Harga Generator Set

Sesuai dengan yang telah dijelaskan pada Bab IV.5, bahwa generator set yang digunakan pada kapal ini adalah jenis Yamaha EF 2600 FW. Pada Tabel IV.57 berikut dijabarkan perhitungan harga generator set.

Tabel IV.57 Perhitungan Harga Generator Set

Generator Set		
<i>Sumber: Indoteknik, </i> http://indoteknik.co.id/v1/pi/ef-2600-fw-generator-set-bensin/		
Harga	Rp7.350.000	Rupiah/unit
Jumlah Unit	1	unit
Harga Unit	Rp7.350.000	Rupiah

6. Harga Elektroda

Elektroda las juga diperhitungkan sebagai komponen biaya pembangunan. Dalam perhitungan ini, elektroda diasumsikan sekitar 6% dari harga pelat kapal. Berikut perhitungan harga elektroda dijelaskan pada Tabel IV.58 berikut:

Tabel IV.58 Perhitungan Harga Elektroda

Elektroda		
(diasumsikan 6% dari harga pelat)		
<i>Sumber: Nekko Steel - Aneka Maju.com</i>		
Harga	500.00	USD/ton
Berat pelat kapal total	0.699	ton
Harga Elektroda	\$350	USD
	Rp4.889.804	Rupiah

Jadi, dari komponen-komponen tersebut, total biaya pembangunan kapal (*buliding cost*) sebesar Rp1.199.081.589,67

IV.3.2. Estimasi Biaya Pembangunan Kapal Muatan

1. Harga Pelat Kapal

Harga pelat disesuaikan berdasarkan harga pasar yang ada. Berikut perhitungan harga pelat kapal sesuai dengan Tabel IV.59 berikut:

Tabel IV.59 Perhitungan Harga Pelat Kapal

Pelat Kapal Keseluruhan		
<i>Sumber: Alibaba.com https://indonesian.alibaba.com/product-detail/ah36-steel-plate-for-shipbuilding-60239600140.html?s=p</i>		
Harga	\$800	USD/ton
Berat pelat keseluruhan	24,41	ton
Harga pelat keseluruhan	\$19.531	USD
	Rp265.290.336,69	Rupiah

2. Harga *Chainwheel*

Chainwheel yang dipakai untuk komponen pada kapal adalah seperti yang digunakan oleh *tank Leopard*. Perhitungan harga *Chainwheel* dapat dilihat pada Tabel IV.60 berikut:

Tabel IV.60 Perhitungan Harga *Chainwheel*

Chainwheel		
<i>Sumber: Alibaba.com https://indonesian.alibaba.com/p-detail/50029096058.html?spm=a276.8168334.1998817009.24.DullwO</i>		
Harga	\$75.000	USD/unit
Jumlah Unit	1	unit
Harga Unit	\$75.000	USD
	Rp1.018.725.000,00	Rupiah

3. Harga *Main Engine*

Sesuai dengan yang telah dijelaskan pada Bab IV.5, *main engine* yang dipakai adalah jenis Yanmar 6CXB-GT 400 HP. Perhitungan harga mesin utama dapat dilihat pada Tabel IV.61 berikut:

Tabel IV.61 Perhitungan Harga *Main Engine*

<i>Main Engine Yanmar 6CXB-GT 400 HP</i>		
https://16885088.en.ecplaza.net/products/new-yanmar-6cxbm-gt-marine-diesel_3927076		
Harga	\$27.000	USD/unit
Jumlah Unit	1	unit
Harga Unit	\$27.000	USD/unit
	Rp.366.741.000	Rupiah

4. Harga Generator Set

Sesuai dengan yang telah dijelaskan pada Bab IV.5, bahwa generator set yang digunakan pada kapal ini adalah jenis Yamaha EF 2600 FW. Pada Tabel IV.62 berikut dijabarkan perhitungan harga generator set (Data tentang harga genset dapat dilihat dalam Lampiran A Data Pendukung).

Tabel IV.62 Perhitungan Harga Generator Set

Generator Set		
<i>Sumber: Indoteknik, http://indoteknik.co.id/v1/pi/ef-2600-fw-generator-set-bensin/</i>		
Harga	Rp7.350.000	Rupiah/unit
Jumlah Unit	1	unit
Harga Unit	Rp7.350.000	Rupiah

5. Harga Elektroda

Elektroda las juga diperhitungkan sebagai komponen biaya pembangunan. Dalam perhitungan ini, elektroda diasumsikan sekitar 6% dari harga pelat kapal. Berikut perhitungan harga elektroda dijelaskan pada Tabel IV.63 berikut:

Tabel IV.63 Perhitungan Harga Elektroda

Elektroda		
(diasumsikan 6% dari harga pelat)		
<i>Sumber: Nekko Steel - Aneka Maju.com</i>		
Harga	500.00	USD/ton
Berat pelat kapal total	1.465	ton
Harga Elektroda	\$732	USD
	Rp9.948.388	Rupiah

Jadi, dari komponen-komponen tersebut, total biaya pembangunan kapal (*buliding cost*) sebesar Rp1.668.054.724,32.

Dari penjumlahan total biaya pembangunan kapal keduanya sebesar Rp2.867.136.313,32

IV.4. Ukuran Utama *Amphibious Dredger*

Tahap selanjutnya adalah memilih ukuran utama kapal dari semua ukuran utama yang ada. Dari sekian banyak perhitungan analisis teknis yang telah dilakukan, terdapat beberapa ukuran utama yang tidak memenuhi ketentuan. Ketentuan yang dimaksud tergantung pada *requirement* yang telah dibuat. Dalam memilih ukuran utama kapal, tinjauan paling utama adalah *Displacement* kapal. Pada Tabel IV.64 dan Tabel IV.65 berikut merupakan ukuran utama kapal yang dipilih:

Tabel IV.64 Ukuran Utama Kapal *Backhoe*

Ukuran Utama	Nilai
Panjang Garis Air (L_{wl})	8,53 m
Panjang antara Dua Garis Tegak (L_{pp})	8,90 m
Lebar (B)	4,85 m
Tinggi (H)	2,12 m
Sarat (T)	1,44 m

Dari hasil metode *point based design*, ukuran utama kapal *Backhoe* yang memiliki *Displacement* dan dapat menampung berat kapal keseluruhan adalah ukuran utama yang diberikan pada Tabel IV.64 di atas.

Tabel IV.65 Ukuran Utama Kapal Pengangkut Muatan

Ukuran Utama	Nilai
Panjang Garis Air (L_{wl})	11,83 m
Panjang antara Dua Garis Tegak (L_{pp})	11,38 m
Lebar (B)	7,08 m
Tinggi (H)	3,38 m
Sarat (T)	1,99 m

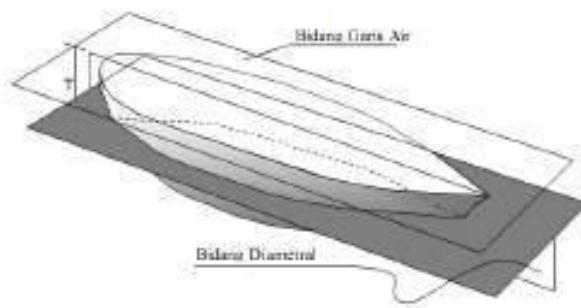
Dari hasil optimisasi menggunakan metode 256, ukuran utama kapal *Backhoe* yang memiliki *Displacement* dan dapat menampung berat kapal keseluruhan adalah ukuran utama yang diberikan pada Tabel IV.65 di atas.

IV.5. Desain Rencana Garis (*Lines plan*)

Rencana garis merupakan langkah dasar dari tahap mendesain sebuah kapal dan memiliki fungsi untuk memberikan gambaran umum bentuk tiga dimensi badan kapal. Rencana garis diproyeksikan ke 3 bidang, yaitu:

1. Bidang Garis Air

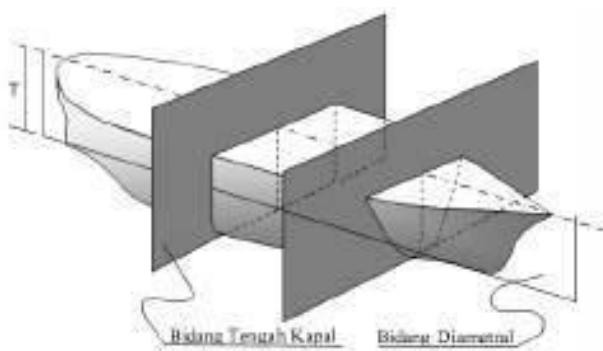
Bidang garis air adalah bidang horizontal yang melalui permukaan air pada saat kapal muatan penuh, bidang ini akan memotong kapal dan akan menunjukkan garis tepi bentuk badan kapal apabila dipandang dari atas. Bidang pandangan atas kapal ini biasa disebut *half breadth plan*, sedangkan garis-garisnya biasa disebut sebagai garis *waterline* (WL). Gambar IV.43 berikut merupakan bidang garis air.



Gambar IV.43 Bidang Garis Air

2. Bidang Tengah Kapal

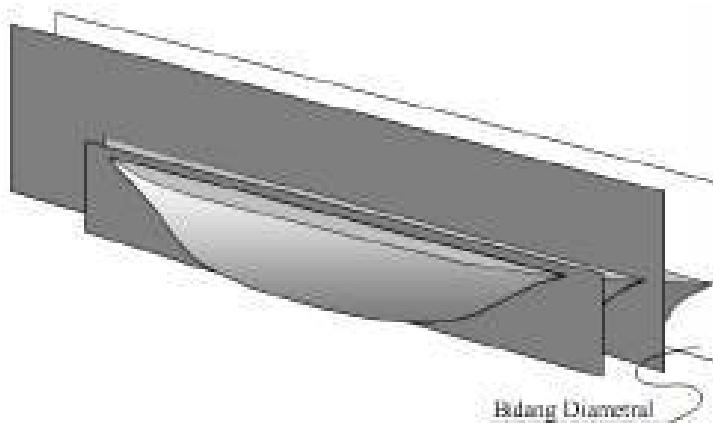
Midship adalah bidang tegak melintang yang melalui pertengahan panjang diantara dua garis *perpendicular* (LPP), bidang ini akan memotong kapal tepat di ditengah-tengah panjangnya dan akan menunjukkan garis tepi bentuk badan kapal apabila dipandang dari depan. Bidang pandangan depan kapal ini biasa disebut *body plan*, sedangkan garis-garisnya biasa disebut garis-garis *station* (ST). Gambar IV.44 merupakan bidang tengah kapal.



Gambar IV.44 Bidang Tengah Kapal

3. Bidang Diametral

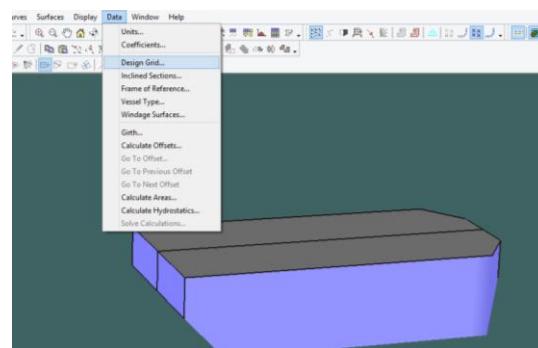
Bidang diametral adalah bidang tegak memanjang yang melalui sumbu tengah kapal (*center line*), bidang ini akan memotong kapal tepat ditengah-tengahnya dan akan menunjukkan garis tepi bentuk badan kapal apabila dipandang dari samping. Bidang pandangan samping kapal ini biasa disebut *sheer plan*, sedangkan garis-garisnya biasa disebut sebagai garis-garis *buttock line* (BL). Gambar IV.45 adalah bidang diametral kapal.



Gambar IV.45 Bidang Diametral Kapal

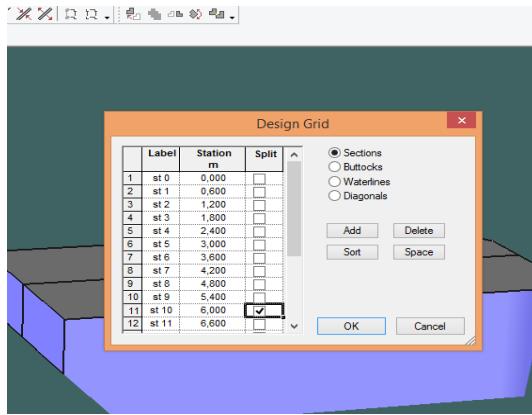
Pembuatan Rencana Garis Kapal dilakukan menggunakan bantuan *software Maxsurf Modeler Advanced* dan *AutoCAD*. Berikut langkah-langkah membuat Rencana Garis:

1. Mula-mula model 3D lambung kapal dibuat di *Maxsurf Modeler Advanced*
2. Dari model 3D kapal yang telah dibuat, selanjutnya mengatur potongan-potongan bidang rencana garis kapal melalui menu *Design Grid* seperti pada Gambar IV.46 berikut.



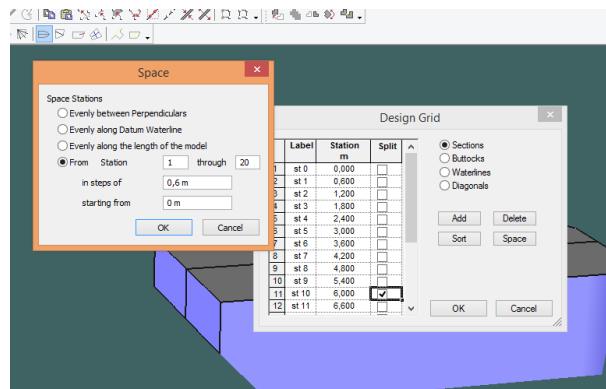
Gambar IV.46 Menu *Design Grid*

3. Dari menu *Design Grid* tersebut kemudian diaturlah *Sections*, *Buttocks*, *Waterlines*, dan *Diagonals*. Istilah *Section* sama dengan *station*, sedangkan *Diagonals* sama saja dengan *sent line*. Keempat elemen tersebut diatur sesuai dengan standar yang ada. Gambar IV.47 adalah tampilan *Dialog Box* dari *Design Grid*



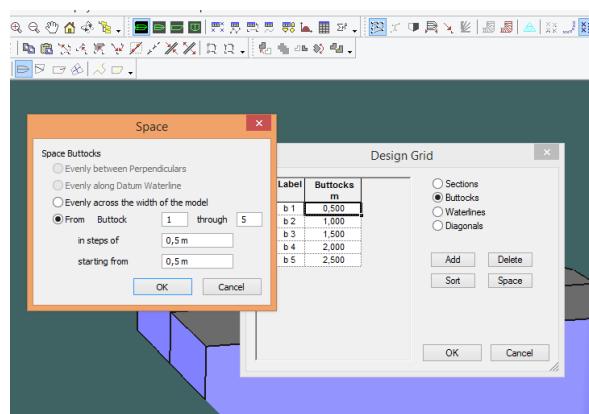
Gambar IV.47 Tampilan Dialog Box pada Design Grid

- 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 IV.48 tentang langkah-langkah *setup*-nya.



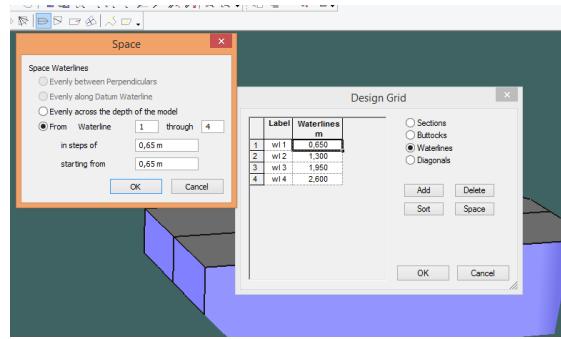
Gambar IV.48 Langkah-langkah Mengatur *Station*

- Mengatur *Buttocks* atau bidang diametral. Mula-mula klik centang pada menu *Buttocks*. Kemudian *Buttocks* ditambahkan sebanyak 6 (lima) buah. Setelah itu jarak antar *Buttocks* diatur mulai dari (*starting from*) 0,5 meter dan berjarak (*in steps of*) 0,5 meter juga. Pengaturan *Buttocks* dapat dilihat pada Gambar IV.49 berikut ini



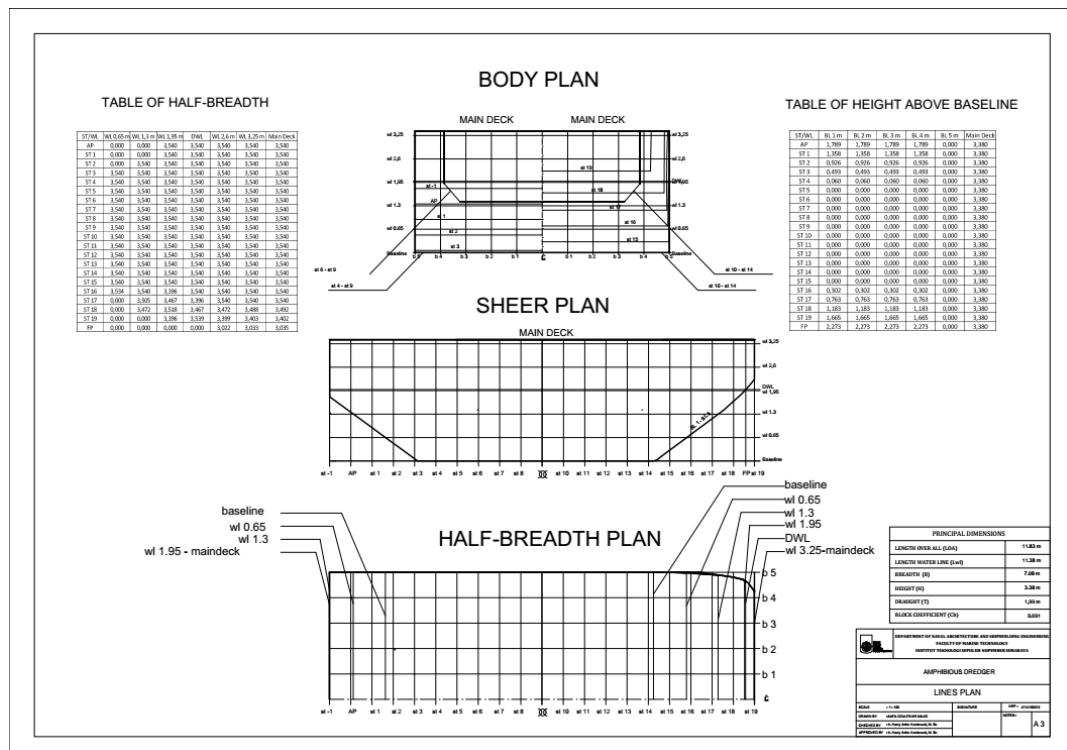
Gambar IV.49 Langkah-langkah Mengatur *Buttocks*

6. Mengatur *Waterlines* atau bidang garis air. Kemudian *Waterlines* ditambahkan sebanyak 5 (delapan) buah. Setelah itu jarak antar *Waterlines* diatur mulai dari (*starting from*) 0,65 meter dan berjarak (*in steps of*) 0,65 meter juga. Pengaturan *Waterlines* dapat dilihat pada Gambar IV.50 berikut ini.

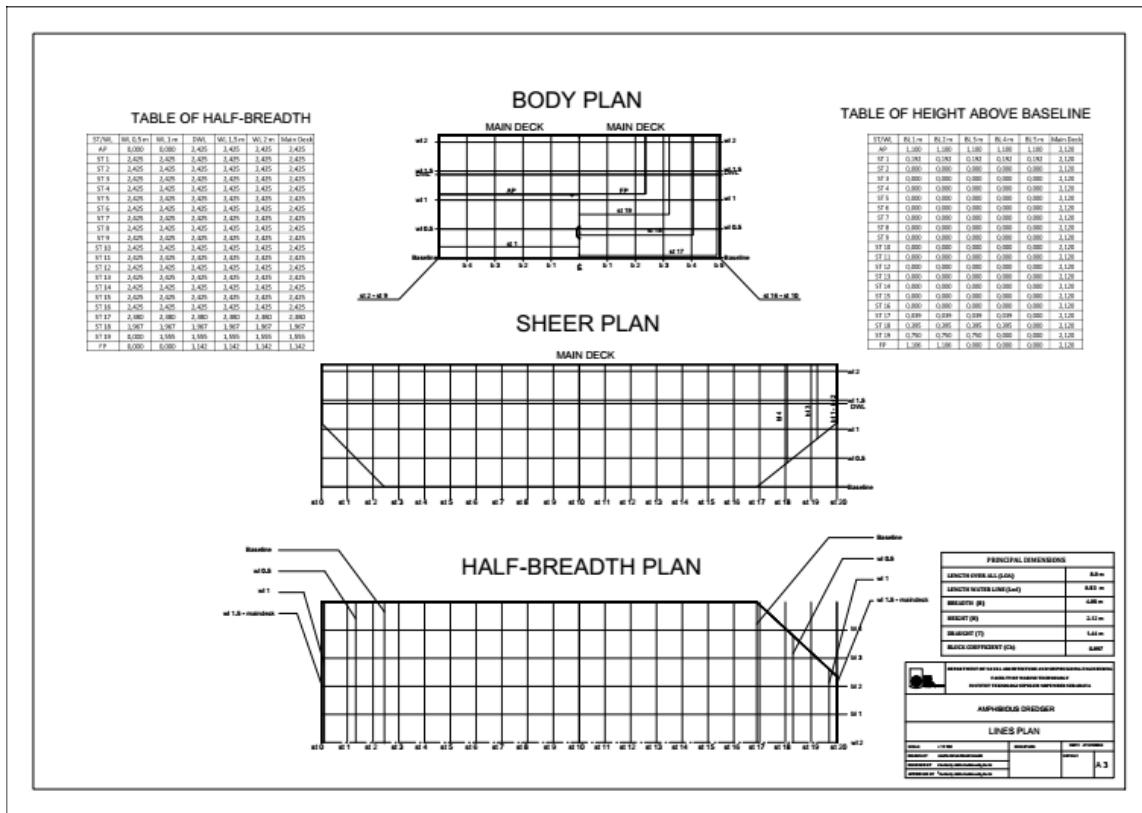


Gambar IV.50 Langkah-langkah Mengatur *Waterlines*

Setelah komponen *Design Grid* diatur, kemudian tiap-tiap pandangan kapal di-*export* ke *AutoCAD* dan lembar kerja berpindah ke *AutoCAD*. Seperti pada Gambar IV.51 dan Gambar IV.52 adalah desain rencana garis kapal pengangkut muatan dan kapal penggerak setelah di-*export* ke *AutoCAD*. Tujuan menggunakan *AutoCAD* adalah untuk memperhalus Rencana Garis dan disesuaikan standar yang ada. Rencana Garis dapat dilihat pada Lampiran C Rencana Garis.



Gambar IV.51 Rencana Garis Kapal Pengangkut Muatan



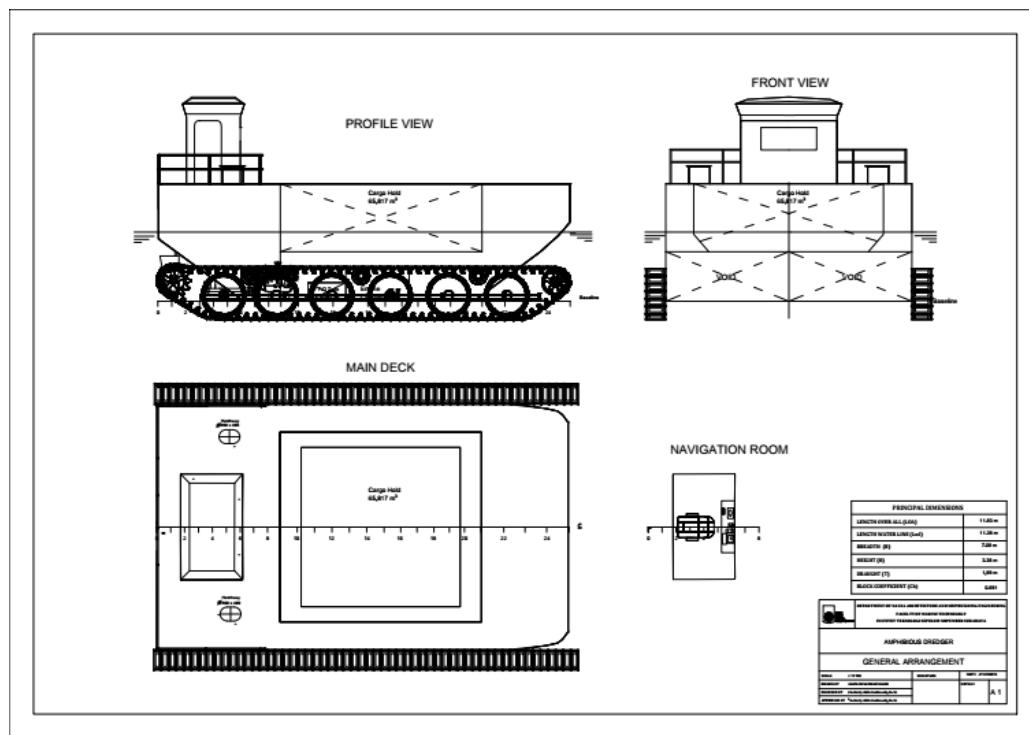
Gambar IV.52 Rencana Garis Pada Penggeruk

IV.6. Desain Rencana Umum (*General Arrangement*)

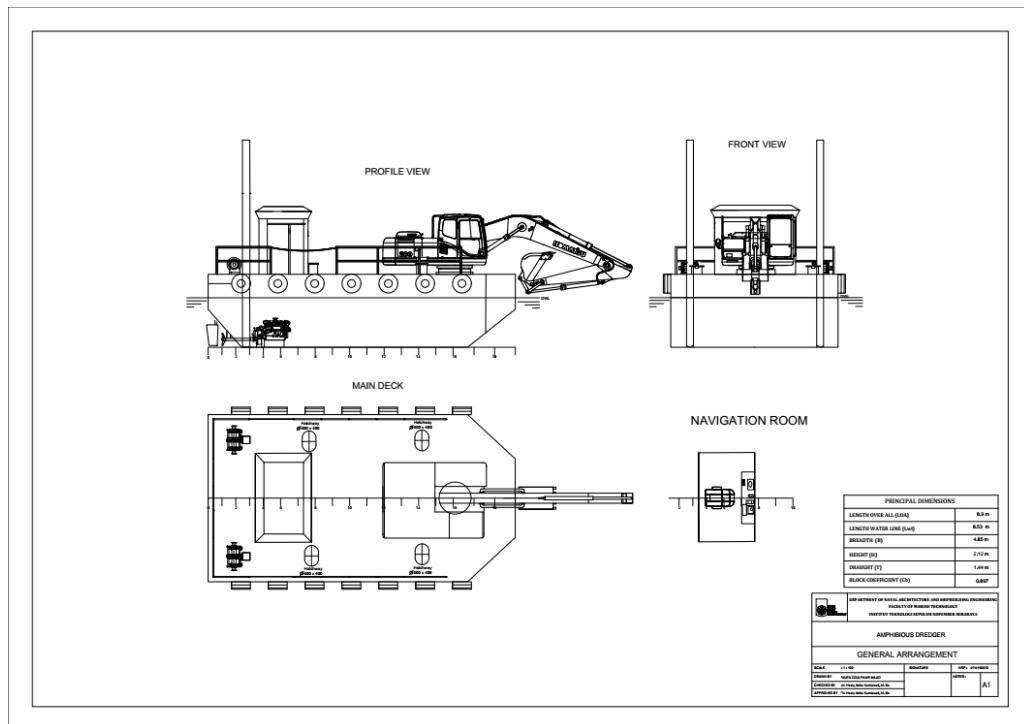
Rencana umum dapat didefinisikan sebagai gambar perencanaan dan pembagian ruang untuk semua kebutuhan dan perlengkapan kapal sesuai lokasi dan akses yang dibutuhkan. Rencana umum dibuat berdasarkan rencana garis yang telah dibuat sebelumnya. Dengan rencana garis, secara garis besar bentuk badan kapal akan terlihat sehingga memudahkan dalam merencanakan serta menentukan pembagian ruangan sesuai dengan fungsinya masing-masing. Karakteristik rencana umum dapat dibagi menjadi 4 bagian antara lain:

- Penentuan lokasi ruang utama
- Penentuan batas-batas ruangan
- Penentuan dan pemilihan perlengkapan yang tepat
- Penentuan akses (jalan atau lintasan) yang cukup

Dalam membuat Rencana Umum, digunakan *software AutoCAD*. Pada Gambar IV.53 dan Gambar IV.54 adalah desain Rencana Umum kapal pengangkut muatan dan kapal penggeruk yang dibuat menggunakan *software AutoCAD*.



Gambar IV.53 Desain Rencana Umum Kapal Pengangkut Muatan

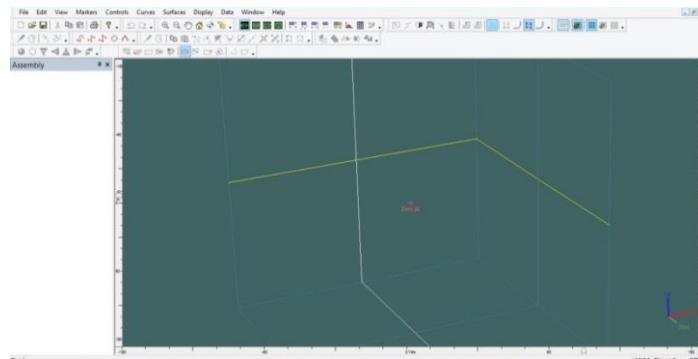


Gambar IV.54 Desain Rencana Umum Kapal Pengeruk

IV.7. Desain Model 3D Kapal

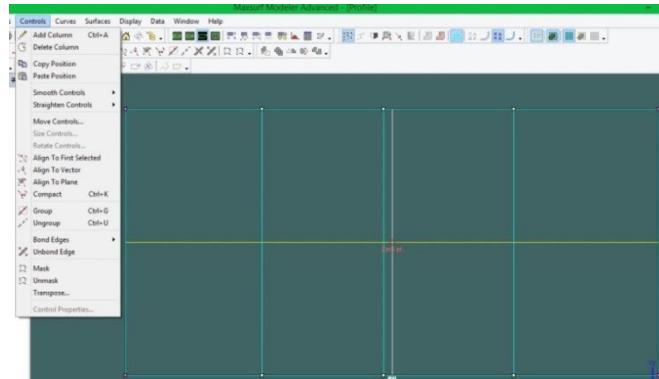
Model 3D *Self-Propelled Backhoe Dredger* di desain dengan bantuan *software Maxsurf Modeler Advanced*. Untuk membuat model 3D kapal, berikut langkah-langkah yang dilakukan:

1. Mula-mula masuk ke lembar kerja *Maxsurf Modeler Advanced* seperti pada Gambar IV.55 berikut.



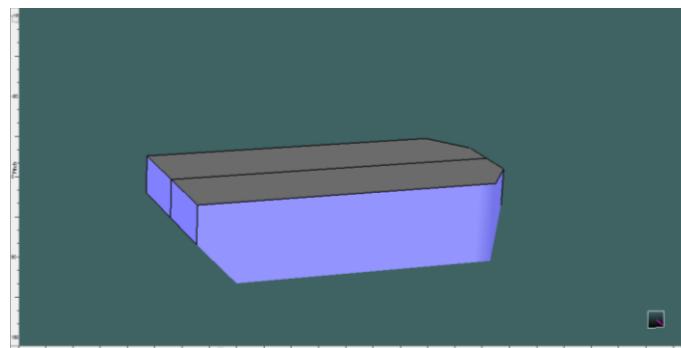
Gambar IV.55 Lembar Kerja *Maxsurf Modeler Advanced*

2. Kemudian mulai membentuk *surface*. Jumlah dan jenis *surface* yang dipilih sesuai dengan keinginan asalkan menghasilkan bentuk yang bagus dan sesuai. *Surface-surface* tersebut kemudian ditambahkan beberapa *Control Point* agar mudah dibentuk seperti pada Gambar IV.56 berikut:



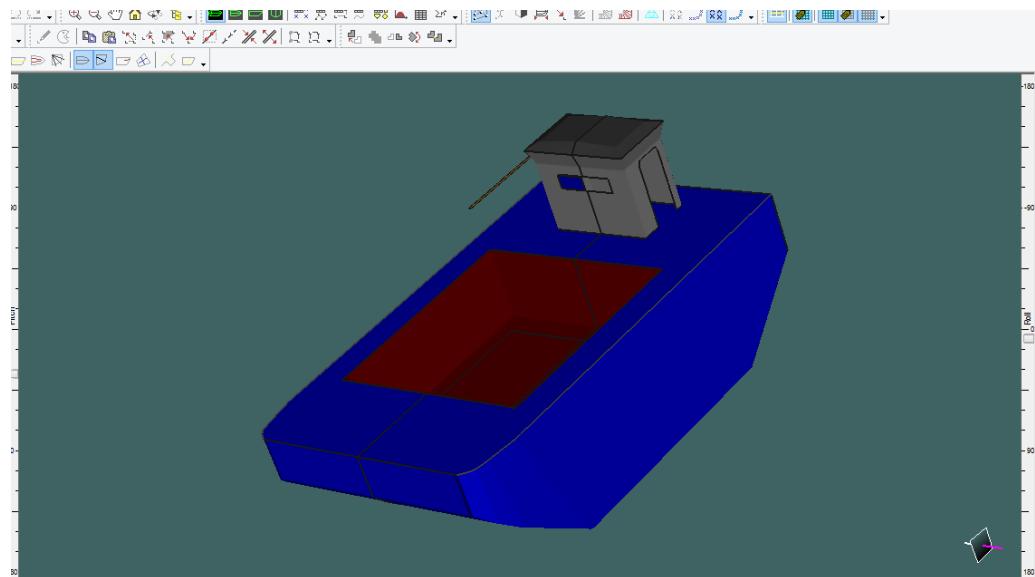
Gambar IV.56 Penambahan *Control Point*

3. Selanjutnya *surface* mulai dibentuk menjadi kapal. Proses pembentukan ini terbilang cukup lama karena membutuhkan ketelitian agar tidak terjadi anomali *surface* dan agar dapat menghasilkan bentuk badan kapal yang baik. Proses pembentukan badan kapal dapat dilihat pada Gambar IV.57 berikut:



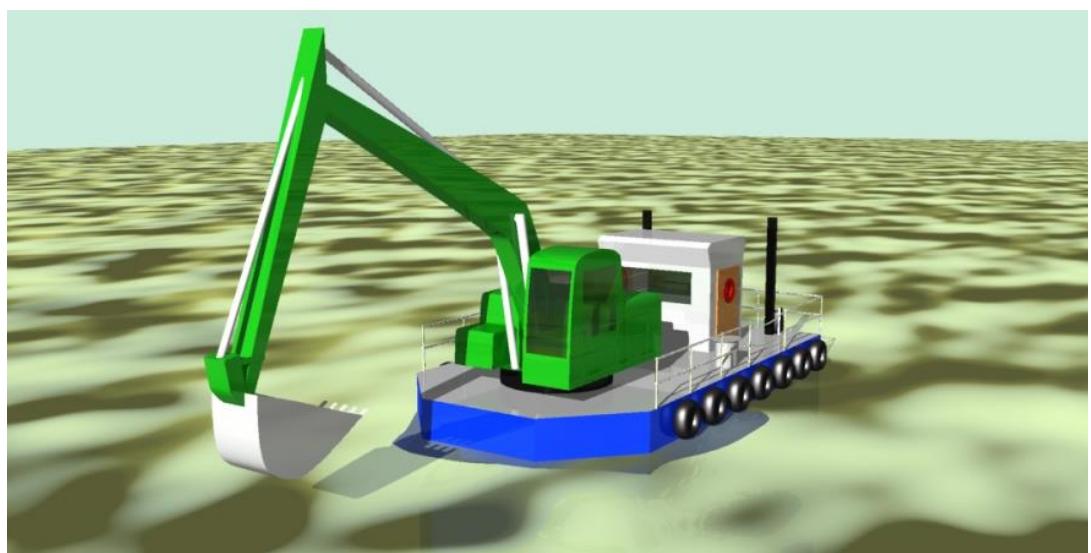
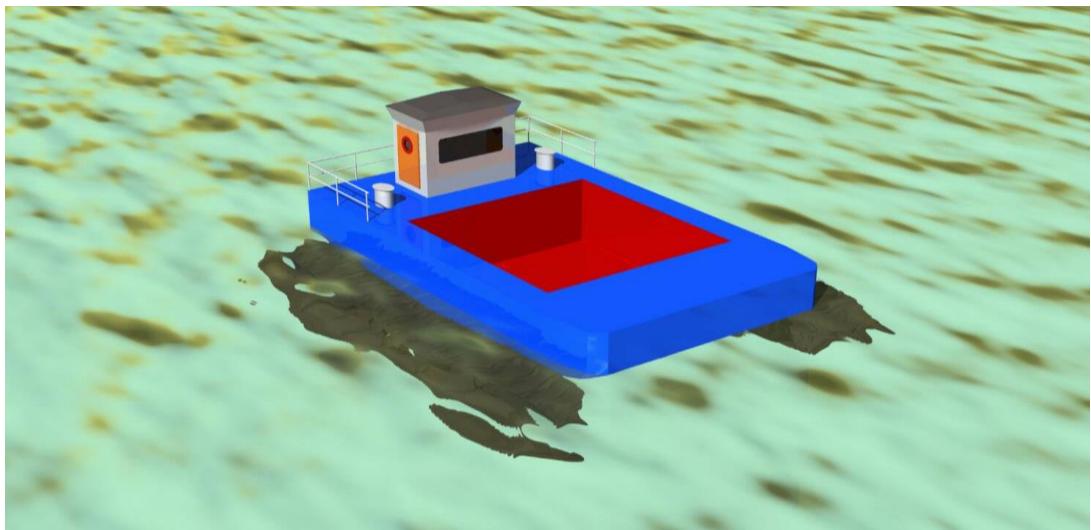
Gambar IV.57 Model 3D Lambung Kapal

4. Proses *rendering* dilakukan berulang-ulang agar benar-benar mendapatkan bentuk badan kapal yang bagus.
5. Jika lambung kapal dianggap sudah baik, maka selanjutnya mendesain komponen-komponen lain pada kapal seperti bangunan atas, *Backhoe module*, *spud*, *winch*, *Chainwheel* dll. Proses yang dilakukan sama dengan cara membuat badan kapal, yakni menggunakan *surface* per *surface* sampai mendapatkan bentuk yang diinginkan dengan proses *rendering* yang berulang-ulang juga.
6. Setelah semua komponen telah di desain, maka selanjutnya adalah proses penggabungan. Komponen-komponen yang telah dibuat digabungkan dengan lambung kapal. Contoh proses penggabungan komponen-komponen dapat dilihat pada Gambar IV.58 berikut.



Gambar IV.58 Contoh Proses Penggabungan Komponen-komponen yang Telah Dibuat

7. Jika model 3D telah dibuat, maka gambar Rencana Garis (Baca Bab IV.12) dan Rencana Umum (Baca Bab IV.13) dapat dibuat.
8. Tahap yang harus diulangi adalah proses *rendering*. Jika bentuk 3D pada *Maxsurf Modeler Advanced* dirasa kurang baik, bisa dilakukan proses *rendering* menggunakan *software* yang lain seperti *Rhinoceros*, atau *3DMax*. Berikut Gambar IV.59 merupakan model 3D menggunakan *software* *Rhinoceros*.



Gambar IV.59 Hasil Model 3D Tampak Perspektif Depan
Untuk gambar model 3D yang baik dapat dilihat pada Lampiran E Model 3 Dimensi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan percobaan dan penelitian maka kesimpulan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Dari hasil analisis perhitungan kapasitas muatan keruk, diperoleh besar kapasitas muatan keruk yang dapat ditampung oleh kapal (*Payload*) sebesar 49,1 ton.
2. Dari hasil analisis yang telah dilakukan, diperoleh ukuran utama *Amphibious Dredger* sebagai berikut:
 - a. Kapal Pengangkut muatan
 - *Length of Waterline* (L_{wl}) = 11,83 m
 - *Length Between Perpendicular* (L_{pp}) = 11,38 m
 - *Breadth* (B) = 7,08 m
 - *Height* (H) = 3,38 m
 - *Draught* (T) = 1,99 m
 - b. Kapal *Backhoe*
 - *Length of Waterline* (L_{wl}) = 8,9 m
 - *Length Between Perpendicular* (L_{pp}) = 8,53 m
 - *Breadth* (B) = 4,85 m
 - *Height* (H) = 2,12 m
 - *Draught* (T) = 1,44 m
3. Hasil perhitungan stabilitas, freeboard dan trim dinyatakan memenuhi dan hasil detail dapat dilihat pada Lampiran A
4. Dari hasil perhitungan *Building Cost* yang telah dilakukan, diperoleh harga biaya pembangunan kapal sebesar Rp2.867.136.313,32

5. Dari ukuran utama yang didapatkan telah dibuat Rencana Garis (*Lines Plan*), Rencana Umum (*General Arrangement*), dan model 3D kapal yang dapat dilihat dalam Lampiran C, Lampiran D, dan Lampiran E.

V.2. Saran

1. Perlu adanya tinjauan lebih detail mengenai perhitungan konstruksi kapal karena masih banyak menggunakan rumus pendekatan.
2. Perlu adanya perhitungan estimasi biaya pembangunan secara riil untuk membangun *Amphibious Dredger* agar dapat dimanfaatkan untuk solusi pengeringan di Sungai Porong.
3. Perlu adanya pembahasan yang lebih detail mengenai sistem pada penggerak *chainwheel* yang sesuai dengan kebutuhan kapal.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiba, N. F. (2016). Desain Trash Skimmer Amphibi-Boat Di Sungai Ciliwung Jakarta. *Jurnal Tugas Akhir Jurusan Teknik Perkapalan FTK ITS*, 12-19.
- Andinuari, F. (2018) Desain Konsep *Self-Propelled Backhoe Dredger* Untuk Operasi Wilayah Sungai Kalimas Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Surabaya
- Biro Klasifikasi Indonesia. (2014). *Hull and Construction Volume II. Chapter 4*. Biro Klasifikasi Indonesia
- Direktorat Pelabuhan dan Pengerukan. (2006). *Pedoman Teknis Kegiatan Pengerukan dan Reklamasi*. DKI Jakarta: Kementerian Perhubungan, Direktorat Jenderal Perhubungan Laut.
- Direktorat Pelabuhan dan Pengerukan. (2015). *Pedoman Teknis Pengerukan Alur Pelayaran di Laut dan Kolam Pelabuhan*. DKI Jakarta: Kementerian Perhubungan, Direktorat Jenderal Perhubungan Laut.
- IMO. (1966). *International Convention on Load Lines*. London: Lloyd's Register.
- IMO. (1974). *Intact Stability Code*. IMO.
- IMO. (1974). *International Convention for the Safety of Life at Sea*. London: Lloyd's Register.
- Jayakusuma, H (2016) *Desain Kapal Keruk (Dredger) Alur Pelayaran Pelabuhan Tanjung Emas*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Surabaya
- Khalimi, M. (2012). Desain Kapal Amphibi Sebagai Sarana Pariwisata Sungai (Kalimas) di Surabaya. *Jurnal Tugas Akhir Jurusan Sistem Perkapalan FTK ITS*
- Korean Register. (2010). *Rules for the Towing Survey of Barges and Tugboats*. Chapter 2 section 2 SNAME
- Lewis, E. V. (1988). *Principles of Naval Architecture Volume I*. Jersey City: The Society of Naval Architects and Marine Engineers.
- Lewis, E. V. (1988). *Principles of Naval Architecture Volume II*. Jersey City: The Society of Naval Architects and Marine Engineers.

- Parsons, M. G. (2001). *Parametric Design, Chapter 11*. Michigan: University of Michigan.
- Rohim, M. A. (2003). *Penentuan Prototipe Kapal Keruk Yang Sesuai Untuk Dermaga Umum Pelabuhan Gresik*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember , Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Surabaya.
- Rukmanto, T. (2016). Manfaat Kali Porong untuk Masyarakat Sekitarnya. Surabaya.
- Suprapto. (2016). Permasalahan dan Solusi Pelestarian Sungai Porong. *Seminar Pelestarian Sungai Porong Volume 1*, 1-5.
- Schneekluth, H., & Betram, V. (1998). *Ship Design for Efficiency and Economy (second edition)*. Oxford: Plant A Tree.
- W.J. Vlasblom. (2006). *Designing Dredging Equipment*. Delft: Delft University of Technology (TU Delft).
- Pullar, Andy dan Stuart Hughes. (2009). *Dredging Methodology and Disposal Alternatives*. Port Otago Ltd.
- Prasetyo, Lukky. (2015). *Desain Eco-friendly Boat Dengan Sumber Energi Hydrogen Fuel Cells Untuk Wisata Kali Mas Surabaya*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Surabaya.
- Jaelani, M. R. A. (2016). *Desain Dredger Berbasis Jalur Sungai Pada Program “Tol Sungai Cikarang Bekasi Laut (CBL) – Tanjung Priok”*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Surabaya.

LAMPIRAN

Lampiran A Data Pendukung

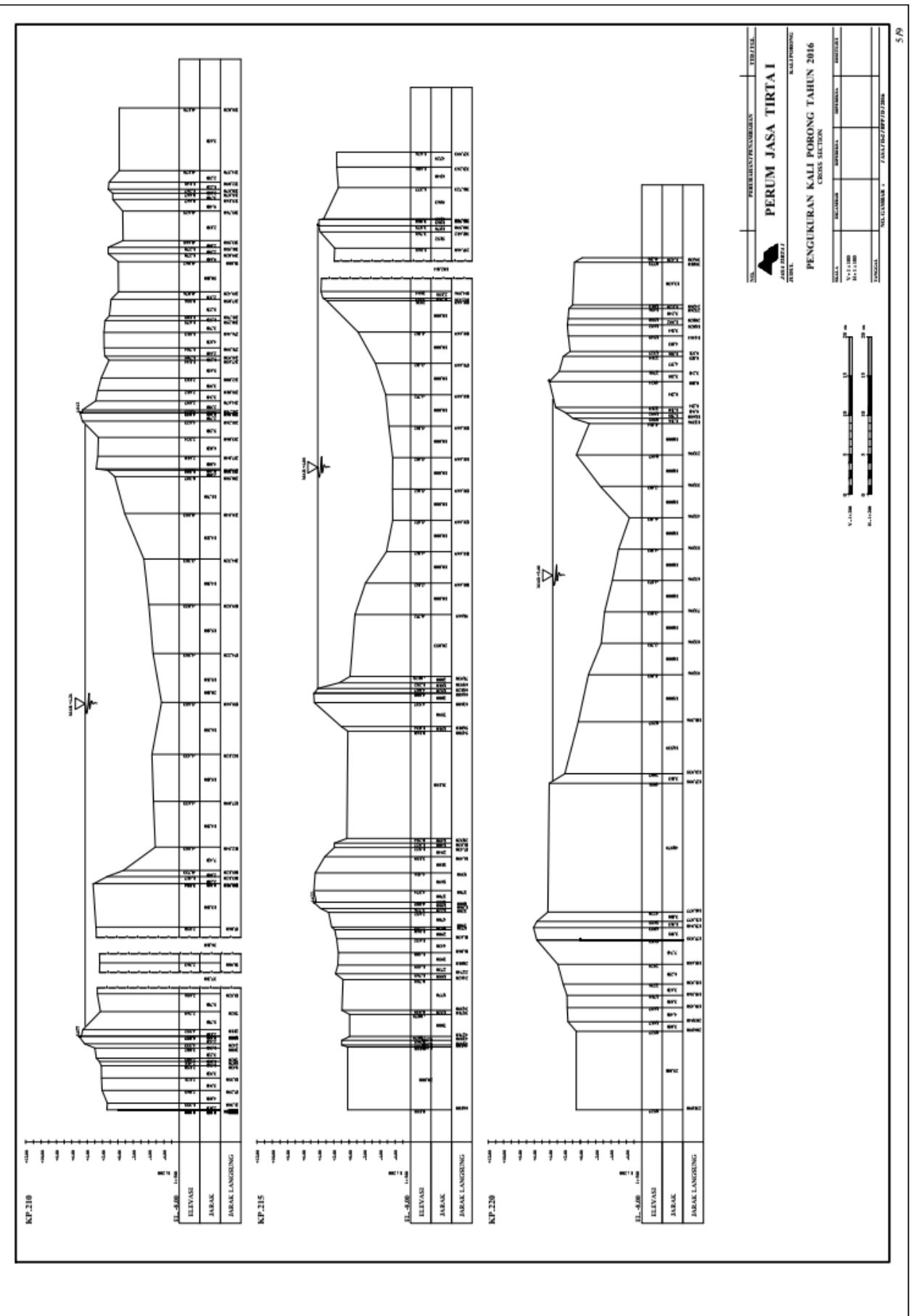
Lampiran B Perhitungan Analisis Teknis

Lampiran C Rencana Garis

Lampiran D *General Arrangement*

Lampiran E Model 3 Dimensi

LAMPIRAN A
DATA PENDUKUNG

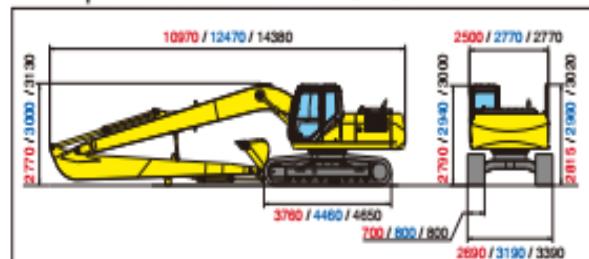


SH130LC-5LR SH210LC-5LR SH240-5LR ទុកដាច់អារំពារិម្រេង

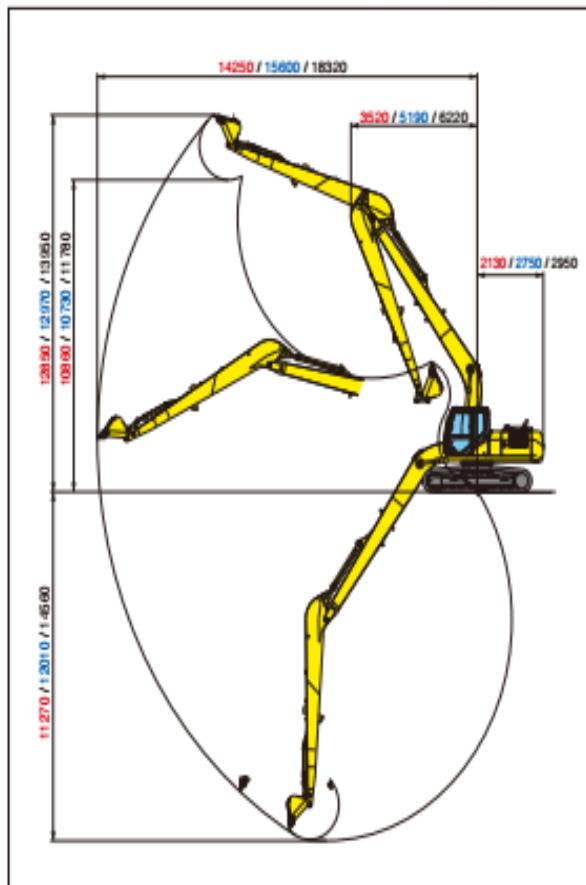
ផែនតម្លៃគ្រឿងចាករ

	SH130LC-5LR	SH210LC-5LR	SH240-5LR
ការងាររូប	8.0 m	8.7 m	10.3 m
ការងារវាទ់	5.9 m	6.4 m	8.0 m
ការងារក្នុង (ISO)	0.22 m ³	0.37 m ³	0.37 m ³
ថាមព័ត៌មាន	15200 កូដី	23000 កូដី	28000 កូដី
ទុកដាច់អារំពារិម្រេង	ISUZU AJ-4JJ1X	ISUZU 4HK1X	ISUZU AH-4HK1X
សេវានា (មួយថ្ងៃ/ខ្លួន)	95 / 97.9 HP@2000 រោល/ថ្ងៃ	157.3 / 163.6 HP@1800 រោល/ថ្ងៃ	177 / 187.7 HP@2000 រោល/ថ្ងៃ
ការងារក្រែងក្រុង	2999 cc	5193 cc	5193 cc
លីម	ប៊ូតុកឈរដាច់អារំពារិម្រេងក្នុងបីនាមជាតិ		
លាយកំណើងក្នុង (ការងារក្រែងក្រុង)	34.3 (36.3) Mpa	34.3 (36.8) Mpa	34.3 (36.8) Mpa
អេក្រង់បីនាម	អេក្រង់បីនាមជាតិ		
ការងារក្រុងក្រុង	ការងារក្រុងក្រុង		
អេក្រង់ក្រុង	អេក្រង់ក្រុងក្រុង		
ការងារខ្សោយក្រុង	5.6 / 3.4 កូដីខ្សោយ	5.6 / 3.4 កូដីខ្សោយ	5.5 / 3.5 កូដីខ្សោយ
លាយបី	124 kN	201 kN	216 kN
អូនការអិចកីឡាបីនាម	70% <35°	70% <35°	70% <35°
លាយកំណើង	32 kPa (700 mm G)	36 kPa (800 mm G)	42 kPa (800 mm G)
ការងារខ្សោយក្រុងក្រុងខ្សោយ	14.3 នាមបីនាម	11.5 នាមបីនាម	10.7 នាមបីនាម
លាយក្នុងក្នុង	35 kN	65.3 kN	77.0 kN
លាយក្នុងបីនាម	24 kN	45.6 kN	40.3 kN
ការងារខ្សោយក្នុងក្រុងខ្សោយ	260 នឹក	410 នឹក	410 នឹក
ការងារខ្សោយក្នុងក្រុង	82 នឹក	147 នឹក	147 នឹក

មិតិថាំងទាំ SH130LC-5LR / SH210LC-5LR / SH240-5LR



ខ្លួនខ្លួននៃការងារទាំងអស់ SH130LC-5LR / SH210LC-5LR / SH240-5LR



បង្កើត

	SH130LC-5LR	SH210LC-5LR (SH240-5LR)
ការងារក្នុង (ISO) STD	0.22 m ³	0.37 m ³
OPT	0.28 m ³	0.45 m ³

ដើម្បីបើកកែវិកាយ លាយក្នុងក្រុង (SH130) និង លាយក្នុងក្រុង (SH210) នៃការងារបីនាម និងការងារខ្សោយក្នុងបីនាម ដោយការរួមចំណែក និងការការពារក្នុងបីនាម។

ការដាក់រង ២ រងវិនាមតាមតម្លៃ

រងទូទៅក្នុងក្រុង "LEGEST" (SH200-5) ដើម្បីបើកកែវិកាយ ការងារបីនាមបានការប្រើប្រាស់ ការងារក្នុងក្រុង ដើម្បីបានការប្រើប្រាស់ "Grand Award for Energy Conservation" ទៅការការងារបីនាមការការពារ និង អូតាការការពារ នៅបី. ព. ២០១០ ដែលបានរង ឯការងារបីនាមបានបង្កើតឡើង និងការការពារបានពិនិត្យឡើង។

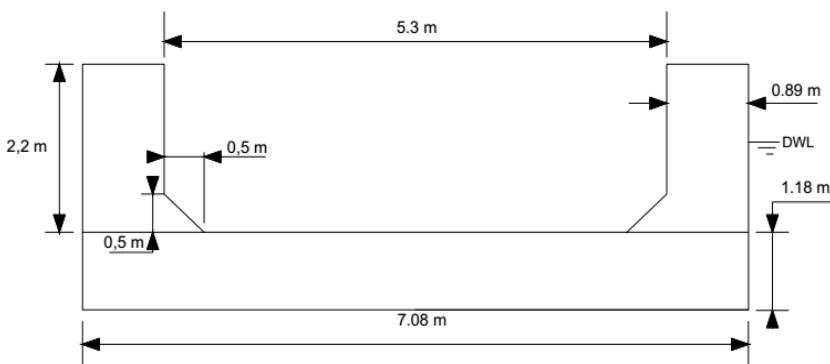


LAMPIRAN B
PERHITUNGAN ANALISIS TEKNIS DAN BIAYA
PEMBANGUNAN

Perhitungan Kapal Pengangkut Muatan

Penentuan Ruang Muat

Jarak Lintasan	=	16000 m	
Lebar	=	48 m	
Kedalaman Sekarang	=	6 m	
Massa jenis lumpur	=	746 kg/m ³	0,746 ton/m ³
Tinggi sedimentasi	=	1 m	
Rencana Kedalaman Pengerukan	=	7 m	
Volume	=	768000 m ³	
Pengerukan Dalam 12 bulan	=	365 hari	
Hari kerja dalam seminggu	=	7 hari	
Volume pengangkutan per hari	=	2104,11 m ³	
Perkiraan pengangkutan per hari	=	4 kali	
Berat muatan dalam ton	=	392,416 ton	
Pembagian daerah	=	8	
Berat muatan dalam ton 1 kapal	=	49,0521	
diambil =		49,1 ton (payload)	
Volume akhir	=	65,8177 m ³	
Luasan Ruang Muat	=	11,41 m ²	
Panjang Hopper =	=	5,76842 diambil	5,8 m
Ukuran Penampang Ruang Muat :			
	B =	5,3 m	
	H =	2,2 m	
Luasan Ruang Muat	=	11,41 m ²	
L ₀	=	11 m	
B ₀	=	6,5 m	
H ₀	=	3,0 m	
T ₀	=	1,8 m	



Rekapitulasi Dimensi

$L_0 =$	11 m	(L_{pp})	Service Speed =	7 knot =	3,6008 m/s
$B_0 =$	6,5 m		$g =$	$9,81 \text{ m/s}^2$	
$H_0 =$	3 m				
$T_0 =$	1,8 m				

$L/B =$	1,692308
$B/T =$	3,611111 Untuk metode 256
$T/H =$	0,6

Froude number	
$F_n =$	$VS / \sqrt{g \times LWL}$
$F_n =$	0,346632
$C_B =$	$C - 1.68 F_n$
$C =$	1,08 for single screw 1,09 for twin screw 1,06 often used now
$C_B =$	$(0.14/F_n) (L/B+20)/26$ 0,336971
$C_B =$	1 Karena Barge
$C_B =$	0,691 Berdasarkan Maxsurf

Ship Design and Construction, ch. 11 pg. 1
by SNAME and editor Thomas Lamb

Bahan Ajar Desain Kapal 1, Week 5, Select Main Dimensions

Variasi Ukuran Utama dengan Metode 256

Variasi Ukuran Utama :

$Fr_o + X\%$	$L_o/B_o + X\%$	$B_o/T_o + X\%$	$T_o/H_o + X\%$
0,3293	1,6077	3,4306	0,5700
0,3409	1,6641	3,5509	0,5900
0,3524	1,7205	3,6713	0,6100
0,3640	1,7769	3,7917	0,6300

Variasi pertambahan X%

x	$Fr_o + X\%$	x	$L_o/B_o + X\%$	x	$B_o/T_o + X\%$	x	$T_o/H_o + X\%$
-5,00%	0,3293	-5,00%	1,6077	-5,00%	3,4306	-5,00%	0,5700
-1,667%	0,3409	-1,667%	1,6641	-1,667%	3,5509	-1,667%	0,5900
1,667%	0,3524	1,667%	1,7205	1,667%	3,6713	1,667%	0,6100
5,00%	0,3640	5,00%	1,7769	5,00%	3,7917	5,00%	0,6300

Hambatan Kapal

Ship Resistance Calculation

Ship dimensions

L_{WL} = 11,83 m
 L_{PP} = 11,38 m
 B = 7,08 m
 H = 3,38 m
 T = 1,99 m
 V_s = 7,00 knot
 V_s = 3,60 m/s

Froude number and LCB

F_n = 0,3293
 LCB = -0,0946 % L_{WL}

Environmental factor

g = 9,81 m/s²
 ρ_{SW} = 1 ton/m³
 ρ_{SW} = 1000 kg/m³

Ship displacement

∇ = 110,8 m³
 Δ = 110,8 ton

Ship coefficients

C_B = 0,691
 C_M = 1
 C_P = 0,691
 C_{WP} = 0,541

Total Resistance

R_t = $R_f + R_w + R_a$

Frictional Resistance

R_f = 0,000136 $F_1 A_1 V^2$
 R_f = 0,136568 ton

Wave Making Resistance

R_w = 0,014 $C_F A_2 V^2$
 R_w = 3,482321 ton

*Rules for The Towing Survey of Barges and Tugboats
Korean Register*

F_1 = Hull surface condition coefficient, 0.8

A_1 = Surface area below waterline (m²)
 A_1 = 22,670 m²
 A_1 = 25,617 m² Pertambahan hambatan Chainwheel 13%
 V = Towing velocity or Barge's velocity (knots)
 V = 7 knots
Asumsi pertambahan hambatan Chainwheel 13%

C = Resistance coefficient of rough sea condition , 1.2

A_2 = Hull cross sectional area below the waterline (m²)
 A_2 = 14,101 m²
 A_2 = 15,934 m² Pertambahan hambatan Chainwheel 13%
 F_2 = Bow shape coefficient as obtained from Table 1
 F_2 = 0,3

Air Resistance

R_a = 0,0000195 $C_s C_H A_3 (V_w + V)^2$
 R_a = 0,03431 ton

A_3 = Total cross sectional area to wind above waterline (m²)

A_3 = 9,799 m²
 C_s = Shape coefficient of hull surface facing the wind as obtained at Table 2
 C_s = 1
 C_H = Coefficient of height from waterline to center of area facing the wind as obtained at Table 3
 C_H = 1
 V_w = wind velocity at service area (knots)
 V_w = 6,4 knots

R_t = $R_f + R_w + R_a$
 R_t = 3,653199 ton
 R_t = 35,83788 kN

Perhitungan Daya Mesin

2 Ship Power and Propulsion Calculation

Ship dimensions

L_{PP} = 11,83 m
 L_{WL} = 11,38 m
 B = 7,08 m
 H = 3,38 m
 T = 1,99 m
 V_S = 7,00 knot
 V_S = 3,60 m/s

Ship resistances

R_T = 3,6532 ton
 R_T = 35,84 kN
 R_T = 35837,9 N

Ship coefficients

C_B = 0,691
 C_M = 1
 C_P = 0,691
 C_{WP} = 0,541

Effective power

$$EHP = R_T \times V_S$$

$$EHP = 129,05 \text{ kW}$$

Delivered power

$$\eta_D = 0,30 - 0,75 \quad \text{4 blades B-series propeller}$$

$$\eta_D = 0,6$$

K_T, K_Q, and Efficiency Curves for the Wageningen B-Series Propellers, by M.M Bernitasas, D. Ray, and P. Kinley

$$DHP = EHP / \eta_D$$

$$DHP = 215,075 \text{ kW}$$

Shaft power

$$\eta_s \times \eta_b = 0,98 \quad \text{for machinery aft}$$

$$SHP = DHP / (\eta_s \times \eta_b)$$

$$SHP = 219,464 \text{ kW}$$

Brake power

$$\eta_t = 0,975$$

for medium speed diesel

$$BHP = SHP / \eta_t$$

$$BHP = 225,092 \text{ kW}$$

Maximum Continuous Rating

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

$$MCR = 272,758 \text{ kW}$$

M_D = *Power design margin, 3% - 5%*

M_S = *Power service margin, 15% - 25%*

M_D = 3% M_S = 15%

Generator power

$$P_{generator} = 24\% \times MCR$$

$$P_{generator} = 65,462 \text{ kW}$$

$$P_{generator} = 87,7858 \text{ HP}$$

Main engine power

$$P_{engine} = MCR$$

$$P_{engine} = 272,758 \text{ kW}$$

$$P_{engine} = 365,77 \text{ HP}$$

Note

η_b = line bearing efficiency

η_h = hull efficiency

η_o = open water propeller efficiency

η_p = behind the hull condition propeller efficiency

η_r = relative rotative efficiency

η_s = stern tube bearing efficiency

η_t = overall transmission efficiency

Perhitungan Konstruksi

3 Perhitungan Konstruksi

Ship dimensions

L_{PP} =	11,83 m	L_{kons} =	11,83 m
L_{WL} =	11,38 m		
B =	7,08 m		
H =	3,38 m		
T =	1,99 m		
V_S =	7,00 knot		
V_s =	3,60 m/s		

$$P_0 = 2,1 \cdot (C_B + 0,7) \cdot C_o \cdot CL \cdot f \cdot C_{RW} \quad [\text{kN/m}^2]$$

$$C_0 = (L/25 + 4,1) Crw ; \text{ untuk } L < 90 \text{ m}$$

$$C_0 = 2,744$$

$$f = 1 \quad \text{pelat}$$

$$f = 0,75 \quad \text{penegar}$$

$$f = 0,6 \quad \text{penumpu}$$

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

$$= 0,363$$

$$C_L = 1 \quad L \geq 90 \text{ m}$$

$$Crw = 0,60 \quad \text{Sheltered Shallow Water Service}$$

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

Maka,

$$P_0 = 1,743677 \quad [\text{kN/m}^2] \quad (\text{untuk pelat})$$

$$Cf = 5/Cb [0,2 - x/L] = 1,723589 \quad A$$

$$P_0 = 1,307758 \quad [\text{kN/m}^2] \quad (\text{untuk penegar})$$

$$Cf = 1 \quad M$$

$$P_0 = 1,046206 \quad [\text{kN/m}^2] \quad (\text{untuk penumpu})$$

$$Cf = 1/Cb [x/L - 0,7]^2 = 1,289436 \quad F$$

$$P_{01} = 3,598063 \quad [\text{kN/m}^2]$$

$$P_B = 10 \cdot T + P_o \cdot C_F$$

$$P_{B1} = 10 \cdot T + P_{01} \cdot 2 \cdot |y|/B$$

dimana:

$$Cf = 1,72$$

$$Cf = 1,00$$

$$Cf = 1,29$$

$$P_o = 1,74 \quad [\text{kN/m}^2] \quad \text{Pelat}$$

$$P_o = 1,31 \quad [\text{kN/m}^2] \quad \text{Penegar}$$

$$P_o = 1,05 \quad [\text{kN/m}^2] \quad \text{Penumpu}$$

$$P_{01} = 3,6 \quad [\text{kN/m}^2]$$

Maka,

$$P_B = 22,9328 \quad [\text{kN/m}^2] \quad \text{Pelat}$$

$$P_B = 22,18145 \quad [\text{kN/m}^2] \quad \text{Penegar} \quad \text{Untuk beban alas pada range } 0 \leq x/L \leq 0,2$$

$$P_B = 21,73065 \quad [\text{kN/m}^2] \quad \text{Penumpu}$$

$$P_B = 21,67109 \quad [\text{kN/m}^2] \quad \text{Pelat}$$

$$P_B = 21,23518 \quad [\text{kN/m}^2] \quad \text{Penegar} \quad \text{Untuk beban alas pada range } 0,2 \leq x/L \leq 0,7$$

$$P_B = 20,97362 \quad [\text{kN/m}^2] \quad \text{Penumpu}$$

$$P_B = 22,17578 \quad [\text{kN/m}^2] \quad \text{Pelat}$$

$$P_B = 21,61369 \quad [\text{kN/m}^2] \quad \text{Penegar} \quad \text{Untuk beban alas pada range } 0,7 \leq x/L \leq 1$$

$$P_B = 21,27643 \quad [\text{kN/m}^2] \quad \text{Penumpu}$$

Tebal Pelat Alas

$$t_{B1} = 1,9 \times nf \times a \times (P_b \cdot k)^{1/2} + tk$$

Tebal pelat alas di ruang muat $L < 90m$

$$t_{B2} = 1,21 \cdot a \cdot (P_b \cdot k)^{1/2} + tk$$

$$t_{min} = (1,5 - 0,01 L) (L \cdot k)^{1/2}$$

untuk $L < 50 m$

$$k = 1$$

$$t_k = 1,5 \text{ untuk } t' < 10 \text{ mm}$$

$$a = 0,4 \text{ aft}$$

Untuk tebal pelat alas di area $0 \leq x/L \leq 0,2$

$$t_{B1} = 5,139503, \text{ diambil } 6 \text{ mm}$$

$$0,5 \text{ mid}$$

$$t_{B2} = 3,817789, \text{ diambil } 4 \text{ mm}$$

$$0,6 \text{ fore}$$

$$t_{min} = 4,752519, \text{ diambil } 5 \text{ mm}$$

$$\text{maka, diambil tebal} = 6 \text{ mm}$$

Untuk tebal pelat alas di area $0,2 \leq x/L \leq 0,7$

$$t_{B1} = 6,049379, \text{ diambil } 7 \text{ mm}$$

$$0,006$$

$$t_{B2} = 4,397236, \text{ diambil } 5 \text{ mm}$$

$$0,007$$

$$t_{min} = 4,752519, \text{ diambil } 5 \text{ mm}$$

$$\text{maka, diambil tebal} = 7 \text{ mm}$$

Untuk tebal pelat alas di area $0,7 \leq x/L \leq 1$

$$0,007$$

$$t_{B1} = 6,959255, \text{ diambil } 7 \text{ mm}$$

$$t_{B2} = 4,976684, \text{ diambil } 5 \text{ mm}$$

$$t_{min} = 4,752519, \text{ diambil } 5 \text{ mm}$$

$$\text{maka, diambil tebal} = 7 \text{ mm}$$

$$0,007$$

*Diasumsikan tebal pelat keseluruhan kapal mengikuti tebal pelat alas dan digunakan untuk perhitungan selanjutnya

Modulus

$$W = c \cdot T \cdot e \cdot l^2 \quad c = 4,5, \text{ elsewhere}$$

$$W = 175,7598 \text{ cm}^3 \quad e = 0,4 \text{ m}$$

$$l = 7 \text{ m}$$

$$W = c \cdot T \cdot e \cdot l^2 \quad c = 4,5, \text{ elsewhere}$$

$$W = 219,6998 \text{ cm}^3 \quad e = 0,5 \text{ m}$$

$$l = 7 \text{ m}$$

$$W = c \cdot T \cdot e \cdot l^2 \quad c = 4,5, \text{ elsewhere}$$

$$W = 109,8499 \text{ cm}^3 \quad e = 0,6 \text{ m}$$

$$l = 7 \text{ m}$$

$$W = 263,6397 \text{ cm}^3 \quad e = 0,6 \text{ m}$$

$$l = 7 \text{ m}$$

L 120x80x14 Sesuai dengan Aneks BKI katalog profil A1= 0,0028 m²

L 150x90x12 A2= 0,00288 m²

L 150x100x14 A3= 0,0035 m²

*Diasumsikan modulus alas sama dengan modulus sisi

Berat dan Titik Berat Kapal

4 Weight Calculation

Ship dimensions

$L_{PP} = 11,83 \text{ m}$
 $L_{WL} = 11,38 \text{ m}$
 $B = 7,08 \text{ m}$
 $H = 3,38 \text{ m}$
 $T = 1,99 \text{ m}$
 $V_s = 7,00 \text{ knot}$
 $V_s = 3,60 \text{ m/s}$
 $\rho_{baja} = 7,85 \text{ ton/m}^3$

Pos 1

Part	V (m^3)	W (ton)	LCG (m)	VCG (m)	momen LCG	Momen VCG
Main Engine		0,856	3	0,4	2,568	0,3424
Marine Gear		0,204	3,7	0,4	0,7548	0,0816
Pelat	0,133476 0,08526 0,080712 0,077274 0,18438 0,08496 0,07392 0,104272	1,047787 0,669291 0,633589 0,606601 1,447383 0,666936 0,580272 0,818535	4,17 5,8 4,71 3,07 2,12 2,8 2,01 1,3	3,38 2,25 0,5 0,76 0 1 2,27 1,69	4,369270122 3,8818878 2,984205132 1,862264763 3,06845196 1,8674208 1,16634672 1,06409576	3,541518708 1,50590475 0,3167946 0,461016684 0 0,666936 1,31721744 0,73668168
Stiffener	0,058128 0,058128 0,058128 0,058128 0,058128 0,058128 0,058128 0,058128 0,058128	0,456305 0,456305 0,456305 0,456305 0,456305 0,456305 0,456305 0,311086 0,311086	5,29 4,89 4,09 3,69 2,69 2,19 1,69 4,49 3,19	1,69 1,69 1,69 1,69 1,69 1,69 1,69 1,69 1,69	2,413852392 2,231330472 1,866286632 1,683764712 1,227459912 0,999307512 0,525735475 0,992364595 0,525735475	0,771155112 0,771155112 0,771155112 0,771155112 0,771155112 0,771155112 0,525735475 0,525735475 0,525735475
Girder	0,039629 0,039629 0,039629 0,039629 0,039629 0,039629 0,039629 0,058128 0,058128	0,311086 0,311086 0,311086 0,311086 0,311086 0,311086 0,311086 0,456305 0,456305	0,19 1,19 1,69 0,19 1,19 0,69 1,69 1,69 0,69	1,69 1,69 1,69 1,69 1,69 1,69 1,69 1,69 1,69	0,059106355 0,543002712 0,314850312 0,525735475 0,771155112 0,771155112	0,525735475 0,525735475 0,525735475 0,525735475 0,771155112 0,771155112 0,771155112
Total		11,36518			34,51778064	16,81825266

LCG = -3,03715303 dari midship

VCG = 1,479805657 dari baseline

Pos 2

Part	V (m ³)	W (ton)	LCG (m)	VCG (m)	momen LCG	Momen VCG
Pelat	0,25284	1,984794	3,11	3,38	6,17270934	6,70860372
	0,0462	0,36267	6,02	2,69	2,1832734	0,9755823
	0,1176	0,92316	5,38	1,22	4,9666008	1,1262552
	0,18732	1,470462	2,32	0	3,41147184	0
	0,079464	0,623792	3,11	2,7	1,939994364	1,68423948
	0,14094	1,106379	3,11	1,13	3,44083869	1,25020827
	0,07656	0,600996	3,17	2,17	1,90515732	1,30416132
	0,110316	0,865981	1,6	0,9	1,38556896	0,77938254
	0,097636	0,766443	1,6	2,1	1,22630816	1,60952946
Stiffener	0,039629	0,311086	5,09	1,69	1,583428147	0,525735475
	0,039629	0,311086	4,49	1,69	1,396776499	0,525735475
	0,039629	0,311086	3,39	1,69	1,054581811	0,525735475
	0,039629	0,311086	2,89	1,69	0,899038771	0,525735475
	0,039629	0,311086	1,89	1,69	0,587952691	0,525735475
Girder	0,039629	0,311086	1,39	1,69	0,432409651	0,525735475
	0,039629	0,311086	0,39	1,69	0,121323571	0,525735475
	0,0707	0,554995	3,89	1,69	2,15893055	0,93794155
	0,0707	0,554995	2,39	1,69	1,32643805	0,93794155
Total		12,54726			36,68674817	21,93193527
				LCG =	2,923884259	dari midship
				VCG =	1,747945607	dari baseline

Superstructure

Part	V (m ³)	W (ton)	LCG	VCG (m)	momen LCG	Momen VCG
Atap	0,01587	0,12458	3,4	4,7	0,4235703	0,58552365
	0,048	0,3768	3,4	4	1,28112	1,5072
Total		0,50138			1,7046903	2,09272365

LCG = -3,4 dari midship

VCG = 4,173931423 dari baseline

LCG_{tot}= -3,51327 m

dari midship

LCG_{tot}= 2,402313 m

dari AP

LCG_{tot}= 9,42885 m

dari FP

Berat_{blok}= 24,41382 ton

VCG_{tot}= 1,672942 m

dari baseline

VCG post 1+2

1,62050

Generator Set

W = 0,041 ton

VCG = 0,213 m

LCG = -2,5 m

Perhitungan Freeboard

5 Freeboard Calculation

Ship dimensions

$L_{PP} = 11,83 \text{ m}$
 $L_{WL} = 11,38 \text{ m}$
 $B = 7,08 \text{ m}$
 $H = 3,38 \text{ m}$
 $T = 1,99 \text{ m}$
 $V_s = 7,00 \text{ knot}$
 $V_s = 3,60 \text{ m/s}$

Ship coefficients

$C_B = 0,691$
 $C_M = 1$
 $C_P = 0,691$
 $C_{WP} = 0,541$
 $K = 0.8 L , \text{ for barges } L < 50 \text{ m}$

$$F = (0.68 + C_B)10 K / 1.36$$

$$F = 91,74505 \text{ mm}$$

*Rules for The Towing Survey of Barges and
Tugboats*

Table 4 K value

Type of barges		K
$L < 50 \text{ m}$	Cargo barges	$0.8 L$
	Oil barges	$0.5 L$
$L \geq 50 \text{ m}$	Cargo barges	$\left(\frac{L}{10}\right)^2 + \left(\frac{L}{10}\right) + 10$
	Oil barges	$0.8\left(\frac{L}{10}\right)^2 + \left(\frac{L}{10}\right)$

(Note) L : Length of barges (m)

Perhitungan Trim

Trim Full Load Condition

Trim 75% Full Load Condition

No.	Complement	Value
1	Draft Amidships m	1.665
2	Displacement t	98,62
3	Heel deg	0,0
4	Draft at FP m	1.691
5	Draft at AP m	1.639
6	Draft at LCF m	1.662
7	Trim (+ve by stern) m	-0,052
8	WL Length m	11.068
9	Beam max extents on WL m	7.080
10	Wetted Area m^2	143.934
11	Waterpl. Area m^2	44.812
12	Prismatic coeff. (Cp)	0,743
13	Block coeff. (Cb)	0,732
14	Max Sect. area coeff. (Cm)	1.000
15	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,572
16	LCB from zero pt. (+ve fwd) m	-0,198
17	LCF from zero pt. (+ve fwd) m	-0,680
18	KB m	0,848
19	KG fluid m	1.704
20	BMT m	2.517
21	BML m	6.913
22	GMT corrected m	1.661
23	GML m	6.057
24	KMT m	3.365
25	KML m	7.761
26	Immersion (TPc) tonne/cm	0,459
27	MTc tonne.m	0,505
28	RM at 1deg = GMT.Disp.sin(1) tonne.m	2.859
29	Max deck inclination deg	0,2521
30	Trim angle (+ve by stern) deg	-0,2521

No.	Complement	Value
1	Draft Amidships m	1.399
2	Displacement t	86,26
3	Heel deg	0,0
4	Draft at FP m	1.416
5	Draft at AP m	1.382
6	Draft at LCF m	1.399
7	Trim (+ve by stern) m	-0,034
8	WL Length m	10.410
9	Beam max extents on WL m	7.080
10	Wetted Area m^2	97.326
11	Waterpl. Area m^2	73.520
12	Prismatic coeff. (Cp)	0,811
13	Block coeff. (Cb)	0,811
14	Max Sect. area coeff. (Cm)	1.000
15	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,998
16	LCB from zero pt. (+ve fwd) m	-0,147
17	LCF from zero pt. (+ve fwd) m	-0,165
18	KB m	0,751
19	KG fluid m	1.623
20	BMT m	3.637
21	BML m	7.857
22	GMT corrected m	2.765
23	GML m	6.985
24	KMT m	4.388
25	KML m	8.608
26	Immersion (TPc) tonne/cm	0,754
27	MTc tonne.m	0,509
28	RM at 1deg = GMT.Disp.sin(1) tonne.m	4.163
29	Max deck inclination deg	0,1630
30	Trim angle (+ve by stern) deg	-0,1630

Trim < 0.5% L_{wl}

0,056881 m

Trim < 0.5% L_{wl}

0,056881 m

Pass

Pass

Trim 50% Full Load Condition

No.	Complement	Value
1	Draft Amidships m	1.231
2	Displacement t	73,93
3	Heel deg	0,0
4	Draft at FP m	1.213
5	Draft at AP m	1.249
6	Draft at LCF m	1.232
7	Trim (+ve by stern) m	0,037
8	WL Length m	9.957
9	Beam max extents on WL m	7.080
10	Wetted Area m^2	90.772
11	Waterpl. Area m^2	70.418
12	Prismatic coeff. (Cp)	0,824
13	Block coeff. (Cb)	0,824
14	Max Sect. area coeff. (Cm)	1.000
15	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,999
16	LCB from zero pt. (+ve fwd) m	-0,192
17	LCF from zero pt. (+ve fwd) m	-0,200
18	KB m	0,657
19	KG fluid m	1.517
20	BMT m	4.068
21	BML m	8.054
22	GMt corrected m	3.208
23	GML m	7.194
24	KMt m	4.725
25	KML m	8.710
26	Immersion (TPc) tonne/cm	0,722
27	MTc tonne.m	0,450
28	RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	4.139
29	Max deck inclination deg	0,1777
30	Trim angle (+ve by stern) deg	0,1777

Trim 25% Full Load Condition

No.	Complement	Value
1	Draft Amidships m	1.055
2	Displacement t	61,55
3	Heel deg	0,0
4	Draft at FP m	1.033
5	Draft at AP m	1.077
6	Draft at LCF m	1.056
7	Trim (+ve by stern) m	0,043
8	WL Length m	9.480
9	Beam max extents on WL m	7.080
10	Wetted Area m^2	84.011
11	Waterpl. Area m^2	67.071
12	Prismatic coeff. (Cp)	0,838
13	Block coeff. (Cb)	0,838
14	Max Sect. area coeff. (Cm)	1.000
15	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,999
16	LCB from zero pt. (+ve fwd) m	-0,196
17	LCF from zero pt. (+ve fwd) m	-0,199
18	KB m	0,559
19	KG fluid m	1.366
20	BMT m	4.657
21	BML m	8.357
22	GMt corrected m	3.850
23	GML m	7.551
24	KMt m	5.216
25	KML m	8.916
26	Immersion (TPc) tonne/cm	0,687
27	MTc tonne.m	0,393
28	RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	4.136
29	Max deck inclination deg	0,2106
30	Trim angle (+ve by stern) deg	0,2106

Trim < 0.5% L_{wl}

0,056881 m

Trim < 0.5% L_{wl}

0,056881 m

Pass

Pass

Trim empty Load Condition

No.	Complement	Value
1	Draft Amidships m	0,944
2	Displacement t	54,03
3	Heel deg	0,0
4	Draft at FP m	0,919
5	Draft at AP m	0,969
6	Draft at LCF m	0,945
7	Trim (+ve by stern) m	0,050
8	WL Length m	9.179
9	Beam max extents on WL m	7.080
10	Wetted Area m^2	79.823
11	Waterpl. Area m^2	64.924
12	Prismatic coeff. (Cp)	0,847
13	Block coeff. (Cb)	0,847
14	Max Sect. area coeff. (Cm)	1.000
15	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,999
16	LCB from zero pt. (+ve fwd) m	-0,201
17	LCF from zero pt. (+ve fwd) m	-0,199
18	KB m	0,498
19	KG fluid m	1.244
20	BMt m	5.137
21	BML m	8.633
22	GMt corrected m	4.390
23	GML m	7.887
24	KMt m	5.634
25	KML m	9.131
26	Immersion (TPc) tonne/cm	0,665
27	MTc tonne.m	0,360
28	RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	4.140
29	Max deck inclination deg	0,2405
30	Trim angle (+ve by stern) deg	0,2405

Trim < 0.5% L_{wl} 0,056881 m

Pass

0 %Load Condition					
Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
267(85) Ch2 - General Criteria	<p>2.3: IMO roll back angle <i>L, Stability calculated</i> <i>B, moulded breadth, user spec.</i> <i>d, Stability calculated</i> <i>GMf, Stability calculated</i> <i>VCG, Stability calculated</i> <i>CB, Stability calculated</i> <i>Ak, keel area, user spec.</i> <i>Method for k factor</i> <i>Evaluates to</i> <i>Intermediate values</i> <i>B / d</i> <i>100 Ak / L / B</i> <i>C</i> <i>T</i> <i>OG, Centre of gravity above WL</i> <i>X1</i> <i>X2</i> <i>k tabulated</i> <i>r</i> <i>s</i></p> <p><i>tabulated value for k</i> <i>abulated value for k</i> <i>15,7 deg</i></p>	9,179 15,5 0,944 4,391 1,244 0,847 10,8 15,7	m m m m m m m^2 deg		
2.2 Pontoons	<p>2.2.4.2 Wind heeling arm <i>Wind arm: $P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$</i> <i>constant: $a =$</i> <i>wind pressure: $P =$</i> <i>area centroid height (from zero point): $h =$</i> <i>total area: $A =$</i> <i>H = mean draft / 2</i> <i>cosine power: $n =$</i> <i>gust ratio</i> <i>Intermediate values</i> <i>Heel arm amplitude</i></p>	0,99997 504 0 0 0,472 0 1,5	Pa m m^2 m	16,419 7,591 0,747 11,047 0,3 0,8 1 0,7 0,921 0,072	
267(85) Ch2 - General Criteria	<p>2.2.1: Area 0 to 30 <i>from the greater of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>to the lesser of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>angle of vanishing stability</i> <i>shall not be less than (\geq)</i></p>	0	deg	0	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	<p>2.2.1: Area 0 to 40 <i>from the greater of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>to the lesser of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>first downflooding angle</i> <i>angle of vanishing stability</i> <i>shall not be less than (\geq)</i></p>	30 106,7 3,1513	deg deg m.deg	30 30 31,1553	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	<p>2.2.1: Area 0 to 40 <i>from the greater of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>to the lesser of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>first downflooding angle</i> <i>angle of vanishing stability</i> <i>shall not be less than (\geq)</i></p>	0 40 n/a 106,7 5,1566	deg deg deg deg m.deg	0 40 48,5835	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	<p>2.2.1: Area 30 to 40 <i>from the greater of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>to the lesser of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>first downflooding angle</i> <i>angle of vanishing stability</i> <i>shall not be less than (\geq)</i></p>	30 40 n/a 106,7 1,7189	deg deg deg deg m.deg	30 40 48,5835 17,4281	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	<p>2.2.2: Max GZ at 30 or greater <i>in the range from the greater of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>to the lesser of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>angle of max. GZ</i> <i>shall not be less than (\geq)</i> <i>Intermediate values</i> <i>angle at which this GZ occurs</i></p>	30 90 41,8 0,2	deg deg deg m	30 40 41,8 1,768	Pass

	267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.3: Angle of maximum GZ shall not be less than (>=)	25	deg	41,8	Pass
	267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.4: Initial GMT spec. heel angle shall not be less than (>=)	0	deg	Pass	
	267(85) Ch2 - General Criteria	0,15	m	4,391	Pass	
	267(85) Ch2 - General Criteria	2.3: Severe wind and rolling Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$ constant: $a =$	0,99966			Pass
		wind pressure: $P =$	504	Pa		
		area centroid height (from zero point): $h =$	6	m		
		additional area: $A =$	50	m^2		
		$H =$ vert. centre of projected lat. u'water area	0,499	m		
		cosine power: $n =$	0			
		gust ratio	1,5			
		Area2 integrated to the lesser of				
		2.3: IMO roll back angle from equilibrium (with steady heel arm)	15,7 (-11,5)	deg	-11,5	
		Area 1 upper integration range, to the lesser of:				
		spec. heel angle	50	deg	50	
		first downflooding angle	n/a	deg		
		angle of vanishing stability (with gust heel arm)	93,9	deg		
		Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of:				
		angle of max. GZ	41,8	deg	41,8	
		Select required angle for angle of steady heel ratio:		kEdgeImmersionAngle		
		Criteria:				Pass
		Angle of steady heel shall not be greater than (<=)	16	deg	4,2	Pass
		Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not	80	%	9,25	Pass
		Area1 / Area2 shall not be less than (>=)	100	%	360,45	Pass
		Intermediate values				
		Model windage area		m^2	31,89	
		Model windage area centroid height (from zero point)		m	2,425	
		Total windage area		m^2	81,89	
		Total windage area centroid height (from zero point)		m	4,608	
		Heel arm amplitude		m	0,32	
		Equilibrium angle with gust heel arm		deg	6,3	
		Deck edge immersion angle		deg	45,1	
		Area1 (under GZ), from 6,3 to 50,0 deg.		m.deg	64,6555	
		Area1 (under HA), from 6,3 to 50,0 deg.		m.deg	20,9892	
		Area1, from 6,3 to 50,0 deg.		m.deg	43,6662	
		Area2 (under GZ), from -11,5 to 6,3 deg.		m.deg	-3,5825	
		Area2 (under HA), from -11,5 to 6,3 deg.		m.deg	8,5319	
		Area2, from -11,5 to 6,3 deg.		m.deg	12,1145	
2.2 Pontoon	2.2.4.1 GZ area: to Max GZ from the greater of angle of equilibrium to the lesser of angle of max. GZ shall be greater than (>)	0	deg	0		Pass
		4,5837	m.deg	41,8		
				51,7973		Pass
2.2 Pontoon	2.2.4.2 Angle of equilibrium ratio					Pass
	2.2.4.2 Wind heeling arm					
	Ratio of equilibrium angle to shall be less than (<)	50	%	0		Pass
	Intermediate values					
	Equilibrium angle		deg	0		
	Deck edge immersion angle		deg	45,1		
2.2 Pontoon	2.2.4.3 Angle of vanishing stability <=100m in length shall be greater than (>)	20	deg	106,7		Pass
2.2 Pontoon	2.2.4.3 Angle of vanishing stability >=150m in length shall be greater than (>)	15	deg	106,7		Pass

25 % Full Load Condition					
Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
267(85) Ch2 - General Criteria	<p>2.3: IMO roll back angle <i>L, Stability calculated</i> <i>B, moulded breadth, user spec.</i> <i>d, Stability calculated</i> <i>GMf, Stability calculated</i> <i>VCG, Stability calculated</i> <i>CB, Stability calculated</i> <i>Ak, keel area, user spec.</i> <i>Method for k factor</i> <i>Evaluates to</i> <i>Intermediate values</i> <i>B/d</i> <i>100Ak/L/B</i> <i>C</i> <i>T</i> <i>OG, Centre of gravity above WL</i> <i>X1</i> <i>X2</i> <i>k tabulated</i> <i>r</i> <i>s</i></p> <p><i>tabulated value for k</i> <i>15,5 deg</i></p>	9,48 15,5 1,055 3,851 1,366 0,838 10,8 15,5	m m m m m m^2 deg	14,689 7,35 0,707 11,166 0,311 0,8 1 0,7 0,907 0,071	
2.2 Pontoons	<p>2.2.4.2 Wind heeling arm <i>Wind arm: a PA (h - H) / (g disp.) cos^n(phi)</i> <i>constant: a =</i> <i>wind pressure: P =</i> <i>area centroid height (from zero point): h =</i> <i>total area: A =</i> <i>H = mean draft / 2</i> <i>cosine power: n =</i> <i>gust ratio</i> <i>Intermediate values</i> <i>Heel arm amplitude</i></p>	0,99997 504 0 0 0,528 0 1,5	Pa m m^2 m	m 0	
267(85) Ch2 - General Criteria	<p>2.2.1: Area 0 to 30 <i>from the greater of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>to the lesser of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>angle of vanishing stability</i> <i>shall not be less than (>=)</i></p>	0 30 103,7 3,1513	deg deg deg m.deg	0 30 28,2631	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	<p>2.2.1: Area 0 to 40 <i>from the greater of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>to the lesser of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>first downflooding angle</i> <i>angle of vanishing stability</i> <i>shall not be less than (>=)</i></p>	0 40 n/a 103,7 5,1566	deg deg deg deg m.deg	0 40 44,7376	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	<p>2.2.1: Area 30 to 40 <i>from the greater of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>to the lesser of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>first downflooding angle</i> <i>angle of vanishing stability</i> <i>shall not be less than (>=)</i></p>	30 40 n/a 103,7 1,7189	deg deg deg deg m.deg	30 40 16,4745	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	<p>2.2.2: Max GZ at 30 or greater <i>in the range from the greater of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>to the lesser of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>angle of max. GZ</i> <i>shall not be less than (>=)</i> <i>Intermediate values</i> <i>angle at which this GZ occurs</i></p>	30 90 42,3 0,2	deg deg deg m	30 42,3 1,683 42,3	Pass

267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.3: Angle of maximum GZ shall not be less than (>=)	25	deg	42,3	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.4: Initial GMT spec. heel angle shall not be less than (>=)	0 0,15	deg m	3,851	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	2.3: Severe wind and rolling Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$ constant: $a =$ wind pressure: $P =$ area centroid height (from zero point): $h =$ additional area: $A =$ $H =$ vert. centre of projected lat. u'water area cosine power: $n =$ gust ratio Area2 integrated to the lesser of 2.3: IMO roll back angle from equilibrium (with steady heel arm) Area 1 upper integration range, to the lesser of: spec. heel angle first downflooding angle angle of vanishing stability (with gust heel arm) Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of: angle of max. GZ Select required angle for angle of steady heel ratio: Criteria: Angle of steady heel shall not be greater than (<=)	0,99966 504 6 50 0,56 0 1,5 15,5 (-11,4) 50 n/a 92,6 42,3 EdgelImmersionAngle	Pa m m^2 m deg deg deg deg	-11,4 50 42,3 4,1 9,92 406,28 30,851 2,473 80,851 4,654 0,276 6,2 41,4 60,1535 18,169 41,9845 -3,0707 7,2633 10,334	Pass
2.2 Pontoons	2.2.4.1 GZ area: to Max GZ from the greater of angle of equilibrium to the lesser of angle of max. GZ shall be greater than (>)	0 42,3 4,5837	deg deg m.deg	0 42,3 48,5603	Pass
2.2 Pontoons	2.2.4.2 Angle of equilibrium ratio 2.2.4.2 Wind heeling arm Ratio of equilibrium angle to shall be less than (<) Intermediate values Equilibrium angle Deck edge immersion angle	50	%	0	Pass
2.2 Pontoons	2.2.4.3 Angle of vanishing stability <=100m in length shall be greater than (>)	20	deg	103,7	Pass
2.2 Pontoons	2.2.4.3 Angle of vanishing stability >=150m in length shall be greater than (>)	15	deg	103,7	Pass

50 % Full Load Condition					
Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
267(85) Ch2 - General Criteria	<p>2.3: IMO roll back angle <i>L, Stability calculated</i> <i>B, moulded breadth, user spec.</i> <i>d, Stability calculated</i> <i>GMf, Stability calculated</i> <i>VCG, Stability calculated</i> <i>CB, Stability calculated</i> <i>Ak, keel area, user spec.</i> <i>Method for k factor</i> <i>Evaluates to</i> <i>Intermediate values</i> <i>B/d</i> <i>100 Ak / L/B</i> <i>C</i> <i>T</i> <i>OG, Centre of gravity above WL</i> <i>X1</i> <i>X2</i> <i>k tabulated</i> <i>r</i> <i>s</i></p>	9,957 15,5 1,231 3,208 1,517 0,824 10,8 tabulated value for k 15	m m m m m m m^2 deg		
2.2 Pontoons	<p>2.2.4.2 Wind heeling arm <i>Wind arm: a P A (h - H) / (g disp.) cos^n(phi)</i> <i>constant: a =</i> <i>wind pressure: P =</i> <i>area centroid height (from zero point): h =</i> <i>total area: A =</i> <i>H = mean draft / 2</i> <i>cosine power: n =</i> <i>gust ratio</i> <i>Intermediate values</i> <i>Heel arm amplitude</i></p>	0,99997 504 0 0 0,616 0 1,5	Pa m m^2 m	12,59 6,998 0,658 11,394 0,286 IMO units s m IMO units IMO units IMO units IMO units IMO units	
267(85) Ch2 - General Criteria	<p>2.2.1: Area 0 to 30 <i>from the greater of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>to the lesser of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>angle of vanishing stability</i> <i>shall not be less than (>=)</i></p>	0 30 100,2 3,1513	deg deg deg m.deg	0 30 24,4874	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	<p>2.2.1: Area 0 to 40 <i>from the greater of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>to the lesser of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>first downflooding angle</i> <i>angle of vanishing stability</i> <i>shall not be less than (>=)</i></p>	0 40 n/a 100,2 5,1566	deg deg deg deg m.deg	0 40 39,6795	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	<p>2.2.1: Area 30 to 40 <i>from the greater of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>to the lesser of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>first downflooding angle</i> <i>angle of vanishing stability</i> <i>shall not be less than (>=)</i></p>	30 40 n/a 100,2 1,7189	deg deg deg deg m.deg	30 40 15,192	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	<p>2.2.2: Max GZ at 30 or greater <i>in the range from the greater of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>to the lesser of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>angle of max. GZ</i> <i>shall not be less than (>=)</i> <i>Intermediate values</i> <i>angle at which this GZ occurs</i></p>	30 90 40,5 0,2	deg deg deg m	30 40,5 1,559 40,5	Pass

267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.3: Angle of maximum GZ shall not be less than (\geq)	25	deg	40,5	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.4: Initial GMt spec. heel angle shall not be less than (\geq)	0 0,15	deg m	3,208	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	2.3: Severe wind and rolling Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$ constant: $a =$ wind pressure: $P =$ area centroid height (from zero point): $h =$ additional area: $A =$ $H =$ vert. centre of projected lat. u'water area cosine power: $n =$ gust ratio Area2 integrated to the lesser of 2.3: IMO roll back angle from equilibrium (with steady heel arm) Area 1 upper integration range, to the lesser of: spec. heel angle first downflooding angle angle of vanishing stability (with gust heel arm) Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of: angle of max. GZ Select required angle for angle of steady heel ratio: Criteria: Angle of steady heel shall not be greater than (\leq) Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than (\leq) Area1 / Area2 shall not be less than (\geq)	0,99966 504 6 50 0,658 0 1,5 15,0 (-11,0) 50 n/a 90,8 40,5 EdgeImmersionAngle	Pa m m^2 m deg deg deg deg	-11 50 40,5	Pass
	Intermediate values Model windage area Model windage area centroid height (from zero point) Total windage area Total windage area centroid height (from zero point) Heel arm amplitude Equilibrium angle with gust heel arm Deck edge immersion angle Area1 (under GZ), from 6,0 to 50,0 deg. Area1 (under HA), from 6,0 to 50,0 deg. Area1, from 6,0 to 50,0 deg. Area2 (under GZ), from -11,0 to 6,0 deg. Area2 (under HA), from -11,0 to 6,0 deg. Area2, from -11,0 to 6,0 deg.	m^2 m m^2 m m deg deg deg deg m.deg m.deg m.deg m.deg m.deg m.deg m.deg	29,144 2,551 79,144 4,73 0,224 6 36,3 53,9942 14,7833 39,2108 -2,3779 5,6982 8,0761	4 11,02 485,52	Pass
2.2 Pontoon	2.2.4.1 GZ area: to Max GZ from the greater of angle of equilibrium to the lesser of angle of max. GZ shall be greater than (>)	0 40,5 4,5837	deg deg m.deg	0 40,5 40,388	Pass
2.2 Pontoon	2.2.4.2 Angle of equilibrium ratio 2.2.4.2 Wind heeling arm Ratio of equilibrium angle to shall be less than (<) Intermediate values Equilibrium angle Deck edge immersion angle	50	%	0	Pass
2.2 Pontoon	2.2.4.3 Angle of vanishing stability <=100m in length shall be greater than (>)	20	deg	100,2	Pass
2.2 Pontoon	2.2.4.3 Angle of vanishing stability >=150m in length shall be greater than (>)	15	deg	100,2	Pass

75 % Full Load Condition					
Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
267(85) Ch2 - General Criteria	<p>2.3: IMO roll back angle <i>L, Stability calculated</i> <i>B, moulded breadth, user spec.</i> <i>d, Stability calculated</i> <i>GMf, Stability calculated</i> <i>VCG, Stability calculated</i> <i>CB, Stability calculated</i> <i>Ak, keel area, user spec.</i> <i>Method for k factor</i> <i>Evaluates to</i> <i>Intermediate values</i> <i>B / d</i> <i>100 Ak / L / B</i> <i>C</i> <i>T</i> <i>OG, Centre of gravity above WL</i> <i>X1</i> <i>X2</i> <i>k tabulated</i> <i>r</i> <i>s</i></p>	10,41 15,5 1,399 2,765 1,623 0,811 10,8 Tabulated value for k 14,4	m m m m m m^2 deg		
2.2 Pontoons	<p>2.2.4.2 Wind heeling arm <i>Wind arm: a PA (h - H) / (g disp.) cos^n(phi)</i> <i>constant: a =</i> <i>wind pressure: P =</i> <i>area centroid height (from zero point): h =</i> <i>total area: A =</i> <i>H = mean draft / 2</i> <i>cosine power: n =</i> <i>gust ratio</i> <i>Intermediate values</i> <i>Heel arm amplitude</i></p>	0,99997 504 0 0 0,7 0 1,5	Pa m m^2 m	11,077 6,694 0,623 11,62 0,224 0,8 1 0,7 0,826 0,068	
267(85) Ch2 - General Criteria	<p>2.2.1: Area 0 to 30 <i>from the greater of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>to the lesser of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>angle of vanishing stability</i> <i>shall not be less than (>=)</i></p>	0	deg	0	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	<p>2.2.1: Area 0 to 40 <i>from the greater of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>to the lesser of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>first downflooding angle</i> <i>angle of vanishing stability</i> <i>shall not be less than (>=)</i></p>	30 97,8 3,1513	deg deg m.deg	30 21,5836	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	<p>2.2.1: Area 0 to 40 <i>from the greater of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>to the lesser of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>first downflooding angle</i> <i>angle of vanishing stability</i> <i>shall not be less than (>=)</i></p>	0 40 n/a 97,8 5,1566	deg deg deg deg m.deg	0 40 35,6832	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	<p>2.2.1: Area 30 to 40 <i>from the greater of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>to the lesser of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>first downflooding angle</i> <i>angle of vanishing stability</i> <i>shall not be less than (>=)</i></p>	30 40 n/a 97,8 1,7189	deg deg deg deg m.deg	30 40 14,0997	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	<p>2.2.2: Max GZ at 30 or greater <i>in the range from the greater of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>to the lesser of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>angle of max. GZ</i> <i>shall not be less than (>=)</i> <i>Intermediate values</i> <i>angle at which this GZ occurs</i></p>	30 90 38,6 0,2	deg deg deg m	30 38,6 1,44 38,6	Pass

267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.3: Angle of maximum GZ shall not be less than (>=)	25	deg	38,6	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.4: Initial GMt spec. heel angle shall not be less than (>=)	0 0,15	deg m	2,765	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	2.3: Severe wind and rolling <i>Wind arm: a P A (h - H) / (g disp.) cos^n(phi)</i> constant: a = 0,99966 wind pressure: P = 504 Pa area centroid height (from zero point): h = 6 m additional area: A = 50 m^2 <i>H = vert. centre of projected lat. u'water area</i> 0,753 m cosine power: n = 0 gust ratio 1,5 Area2 integrated to the lesser of 2.3: IMO roll back angle from equilibrium (with steady heel arm) Area 1 upper integration range, to the lesser of: spec. heel angle 50 deg first downflooding angle n/a deg angle of vanishing stability (with gust heel arm) 89,5 deg Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of: angle of max. GZ 38,6 deg Select required angle for angle of steady heel ratio: Criteria: ckEdgeImmersionAngle Angle of steady heel shall not be greater than (<=) 16 deg Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be less than (>) 80 % Area1 / Area2 shall not be less than (>) 100 % Intermediate values Model windage area m^2 27,432 Model windage area centroid height (from zero point) m 2,628 Total windage area m^2 77,432 Total windage area centroid height (from zero point) m 4,805 Heel arm amplitude m 0,187 Equilibrium angle with gust heel arm deg 5,8 Deck edge immersion angle deg 32,2 Area1 (under GZ), from 5,8 to 50,0 deg. m.deg 48,9035 Area1 (under HA), from 5,8 to 50,0 deg. m.deg 12,3913 Area1, from 5,8 to 50,0 deg. m.deg 36,5123 Area2 (under GZ), from -10,6 to 5,8 deg. m.deg -1,8832 Area2 (under HA), from -10,6 to 5,8 deg. m.deg 4,5855 Area2, from -10,6 to 5,8 deg. m.deg 6,4687	-10,6 50 564,45	Pass		
2.2 Pontoon	2.2.4.1 GZ area: to Max GZ from the greater of angle of equilibrium 0 deg to the lesser of angle of max. GZ 38,6 deg shall be greater than (>) 4,5837 m.deg 33,7197	0	deg	0	Pass
2.2 Pontoon	2.2.4.2 Angle of equilibrium ratio 2.2.4.2 Wind heeling arm Ratio of equilibrium angle to shall be less than (<) 50 %	ckEdgeImmersionAngle	%	0	Pass
2.2 Pontoon	2.2.4.3 Angle of vanishing stability <=100m in length shall be greater than (>)	20	deg	97,8	Pass
2.2 Pontoon	2.2.4.3 Angle of vanishing stability >=150m in length shall be greater than (>)	15	deg	97,8	Pass

100 % Full Load Condition					
Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
267(85) Ch2 - General Criteria	<p>2.3: IMO roll back angle <i>L, Stability calculated</i> <i>B, moulded breadth, user spec.</i> <i>d, Stability calculated</i> <i>GMf, Stability calculated</i> <i>VCG, Stability calculated</i> <i>CB, Stability calculated</i> <i>Ak, keel area, user spec.</i> <i>Method for k factor</i> <i>Evaluates to</i> <i>Intermediate values</i> <i>B/d</i> <i>100 Ak / L / B</i> <i>C</i> <i>T</i> <i>OG, Centre of gravity above WL</i> <i>X1</i> <i>X2</i> <i>k tabulated</i> <i>r</i> <i>s</i></p>	10,821 15,5 1,559 2,445 1,704 0,799 10,8 tabulated value for k 13,9	m m m m m m^2 deg	9,944 6,439 0,597 11,837 0,145 IMO units s m IMO units IMO units IMO units IMO units IMO units	
2.2 Pontoons	<p>2.2.4.2 Wind heeling arm <i>Wind arm: a P A (h - H) / (g disp.) cos^n(phi)</i> <i>constant: a =</i> <i>wind pressure: P =</i> <i>area centroid height (from zero point): h =</i> <i>total area: A =</i> <i>H = mean draft / 2</i> <i>cosine power: n =</i> <i>gust ratio</i> <i>Intermediate values</i> <i>Heel arm amplitude</i></p>	0,99997 504 0 0 0,779 0 1,5	Pa m m^2 m	m	0
267(85) Ch2 - General Criteria	<p>2.2.1: Area 0 to 30 <i>from the greater of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>to the lesser of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>angle of vanishing stability</i> <i>shall not be less than (>=)</i></p>	0 30 95,9 3,1513	deg deg deg m.deg	0 30 19,265	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	<p>2.2.1: Area 0 to 40 <i>from the greater of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>to the lesser of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>first downflooding angle</i> <i>angle of vanishing stability</i> <i>shall not be less than (>=)</i></p>	0 40 n/a 95,9 5,1566	deg deg deg m.deg	0 40 32,2359	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	<p>2.2.1: Area 30 to 40 <i>from the greater of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>to the lesser of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>first downflooding angle</i> <i>angle of vanishing stability</i> <i>shall not be less than (>=)</i></p>	30 40 n/a 95,9 1,7189	deg deg deg m.deg	30 40 12,9709	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	<p>2.2.2: Max GZ at 30 or greater <i>in the range from the greater of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>to the lesser of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>angle of max. GZ</i> <i>shall not be less than (>=)</i> <i>Intermediate values</i> <i>angle at which this GZ occurs</i></p>	30 90 38,2 0,2	deg deg deg m	30 38,2 1,317 38,2	Pass

	267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.3: Angle of maximum GZ shall not be less than (\geq)	25	deg	38,2	Pass
	267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.4: Initial GMt spec. heel angle shall not be less than (\geq)	0 0,15	deg m	2,445	Pass
	267(85) Ch2 - General Criteria	2.3: Severe wind and rolling Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$ constant: $a =$ wind pressure: $P =$ area centroid height (from zero point): $h =$ additional area: $A =$ $H =$ vert. centre of projected lat. u'water area cosine power: $n =$ gust ratio Area2 integrated to the lesser of 2.3: IMO roll back angle from equilibrium (with steady heel arm) Area 1 upper integration range, to the lesser of: spec. heel angle first downflooding angle angle of vanishing stability (with gust heel arm) Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of: angle of max. GZ Select required angle for angle of steady heel ratio: Criteria: Angle of steady heel shall not be greater than (\leq) Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be Area1 / Area2 shall not be less than (\geq) Intermediate values Model windage area Model windage area centroid height (from zero point) Total windage area Total windage area centroid height (from zero point) Heel arm amplitude Equilibrium angle with gust heel arm Deck edge immersion angle Area1 (under GZ), from 5,6 to 50,0 deg. Area1 (under HA), from 5,6 to 50,0 deg. Area1, from 5,6 to 50,0 deg. Area2 (under GZ), from -10,2 to 5,6 deg. Area2 (under HA), from -10,2 to 5,6 deg. Area2, from -10,2 to 5,6 deg.	0,99966 504 6 50 0,843 0 1,5 13,9 (-10,2) 50 n/a 88,2 38,2 EdgeImmersionAngle 16 80 100 m^2 m m^2 m m deg deg deg deg deg m.deg m.deg m.deg m.deg m.deg m.deg m.deg 0 38,2 4,5837 50 0 38,2 29,8427 % % 25,74 2,703 75,74 4,88 0,159 5,6 28,8 44,38 10,607 33,773 -1,546 3,7699 5,3158	-10,2 50 38,2 3,7 12,97 635,33 25,74 2,703 75,74 4,88 0,159 5,6 28,8 44,38 10,607 33,773 -1,546 3,7699 5,3158	Pass	
2.2 Pontoons	2.2.4.1 GZ area: to Max GZ from the greater of angle of equilibrium to the lesser of angle of max. GZ shall be greater than ($>$)		0	deg	0	Pass
2.2 Pontoons	2.2.4.2 Angle of equilibrium ratio 2.2.4.2 Wind heeling arm Ratio of equilibrium angle to shall be less than ($<$) Intermediate values Equilibrium angle Deck edge immersion angle		38,2 4,5837 50	deg m.deg %	38,2 29,8427 0	Pass
2.2 Pontoons	2.2.4.3 Angle of vanishing stability $\leq 100\text{m}$ in length shall be greater than ($>$)		20	deg	95,9	Pass
2.2 Pontoons	2.2.4.3 Angle of vanishing stability $\geq 150\text{m}$ in length shall be greater than ($>$)		15	deg	95,9	Pass

6 Building Cost

No	Item	Harga	Satuan
1	Pelat Kapal Keseluruhan <i>(hull & construction)</i> Sumber: Alibaba.com https://indonesian.alibaba.com/product-detail/ah36-steel-plate-for-shipbuilding-60239600140.html?spm=p		
	Harga	\$800	USD/ton
	Berat pelat keseluruhan	24,41	ton
	Harga pelat keseluruhan	\$19.531	USD
		Rp265.290.336,69	Rupiah
2	Main Engine Yanmar 6CXB-GT 360 HP Sumber : https://16885088.en.ecplaza.net/products/new-yanmar-6cxbm-gt-marine-diesel_3927076		
	Harga	27000	USD/unit
	Jumlah Unit	1	unit
	Harga Unit	27000	USD/unit
		Rp366.741.000	Rupiah
3	Generator Set Sumber: Indoteknik, http://indoteknik.co.id/v1/pi/ef-2600-fw-generator-set-bensin/		
	Harga	Rp7.350.000	Rupiah/unit
	Jumlah Unit	1	unit
	Harga Unit	Rp7.350.000	Rupiah
4	Elektroda <i>(diasumsikan 6% dari berat pelat BTP)</i> Sumber: Nekko Steel - Aneka Maju.com		
	Harga	500,00	USD/ton
	Berat pelat kapal total	1,465	ton
	Harga Elektroda	\$732	USD
		Rp9.948.388	Rupiah
5	Chainwheel Sumber : Sumber: Alibaba.com https://indonesian.alibaba.com/p-detail/50029096058.html?spm=a276.8168334.1998817009.24.DullwO		
	Harga	\$75.000	USD/unit
	Jumlah Unit	1	unit
	Harga Unit	75000	USD/unit
		Rp1.018.725.000	Rupiah
	Harga kurs Rupiah per 2018	Rp13.583	
	Total	Rp1.668.054.724,32	

Perhitungan Kapal Penggerak

Rekapitulasi Dimensi

$$L_0 = 8,03225 \text{ m} \quad (L_{pp}) \quad \text{Service Speed} = 7 \text{ knot} = 3,6008 \text{ m/s}$$

$$B_0 = 4,1584 \text{ m} \quad g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$H_0 = 2 \text{ m}$$

$$T_0 = 1,3 \text{ m}$$

$$L/B = 1,931572$$

$$B/T = 3,198769$$

$$T/H = 0,65$$

Froude number

Ship Design and Construction, ch. 11 pg. 1

$F_n = VS / \sqrt{g \times LWL}$ by SNAME and editor Thomas Lamb

$$F_n = 0,405645$$

$$C_B = C - 1.68 F_n$$

Bahan Ajar Desain Kapal 1, Week 5, Select
Main Dimensions

$$= 0,378517$$

C = 1,08 for single screw

1,09 for twin screw

1,06 often used now

$$C_B = (0.14/F_n) (L/B+20)/26$$

$$= 0,291124$$

$C_B = 1$ Karena Barge

$C_B = 0,897$ Berdasarkan Maxsurf

Perhitungan Hambatan

1 Ship Resistance Calculation

Ship dimensions

L_{PP} =	8,53 m	g =	9,81 m/s ²
L_{WL} =	8,90 m	ρ_{SW} =	1 ton/m ³
B =	4,85 m	ρ_{SW} =	1000 kg/m ³
H =	2,12 m		
T =	1,44 m		
V_S =	7,00 knot		
V_S =	3,60 m/s		

Ship displacement

$$\nabla = 55,91 \text{ m}^3$$

$$\Delta = 55,91 \text{ ton}$$

Froude number and LCB

$$F_n = 0,385363$$

$$LCB = 3,9018 \% L_{WL}$$

Ship coefficients

$$C_B = 0,897$$

$$C_M = 1$$

$$C_P = 0,897$$

$$C_{WP} = 0,554$$

Total Resistance

$$R_t = R_f + R_w + R_a$$

*Rules for The Towing Survey of Barges and Tugboats
Korean Register*

Frictional Resistance

$$R_f = 0,000136 F_1 A_1 V^2$$

$$R_f = 0,068517 \text{ ton}$$

$$F_1 = \text{Hull surface condition coefficient, } 0,8$$

$$A_1 = \text{Surface area below waterline (m}^2\text{)}$$

$$A_1 = 12,852 \text{ m}^2$$

$$V = \text{Towing velocity or Barge's velocity (knots)}$$

$$V = 7 \text{ knots}$$

Wave Making Resistance

$$R_w = 0,014 C_F A_2 V^2$$

$$R_w = 1,729678 \text{ ton}$$

$$C = \text{Resistance coefficient of rough sea condition , } 1,2$$

$$A_2 = \text{Hull cross sectional area below the waterline (m}^2\text{)}$$

$$A_2 = 7,004 \text{ m}^2$$

$$F_2 = \text{Bow shape coefficient as obtained from Table 1}$$

$$F_2 = 0,3$$

Air Resistance

$$R_a = 0,0000195 C_s C_H A_3 (V_w + V)^2$$

$$R_a = 0,007688 \text{ ton}$$

$$A_3 = \text{Total cross sectional area exposed to wind above waterline (m}^2\text{)}$$

$$A_3 = 3,258 \text{ m}^2$$

$$C_s = \text{Shape coefficient of hull surface facing the wind as obtained at Table 2}$$

$$C_s = 1$$

$$C_H = \text{Coefficient of height from waterline to center of area facing the wind as obtained at Table 3}$$

$$C_H = 1$$

$$V_w = \text{wind velocity at service area (knots)}$$

$$V_w = 4 \text{ knots}$$

$$R_t = R_f + R_w + R_a$$

$$R_t = 1,805883 \text{ ton}$$

$$R_t = 17,71571 \text{ kN}$$

Perhitungan Daya Mesin

2 Ship Power and Propulsion Calculation

Ship dimensions

L_{PP} =	8,53 m
L_{WL} =	8,90 m
B =	4,85 m
H =	2,12 m
T =	1,44 m
V_S =	7,00 knot
V_S =	3,60 m/s

Ship resistances

R_T =	1,80588 ton
R_T =	17,72 kN
R_T =	17715,7 N

Ship coefficients

C_B =	0,897
C_M =	1
C_P =	0,897
C_{WP} =	0,554

Effective power

$$EHP = R_T \times V_S$$
$$EHP = 63,79 \text{ kW}$$

Delivered power

$$\eta_D = 0.30 - 0.75 \quad \text{4 blades B-series propeller}$$
$$\eta_D = 0,75$$

K_T, K_Q, and Efficiency Curves for the Wageningen B-Series Propellers, by M.M Bernitsas, D. Ray, and P. Kinley

$$DHP = EHP / \eta_D$$
$$DHP = 85,0543 \text{ kW}$$

Shaft power

$$\eta_s \times \eta_b = 0,98 \quad \text{for machinery aft}$$

$$SHP = DHP / (\eta_s \times \eta_b)$$
$$SHP = 86,7901 \text{ kW}$$

Brake power

$$\eta_t = 0,975 \quad \text{for medium speed diesel}$$

$$BHP = SHP / \eta_t$$
$$BHP = 89,0155 \text{ kW}$$

Maximum Continuous Rating

$$MCR = \text{BHP}(1 + M_D)/(1 - M_S)$$

$$MCR = 107,866 \text{ kW}$$

M_D = *Power design margin, 3% - 5%*

M_S = *Power service margin, 15% - 25%*

M_D = 3% M_S = 15%

Generator power

$$P_{\text{generator}} = 24\% \times MCR$$

$$P_{\text{generator}} = 25,8878 \text{ kW}$$

$$P_{\text{generator}} = 34,7161 \text{ HP}$$

Main engine power

$$P_{\text{engine}} = MCR$$

$$P_{\text{engine}} = 107,866 \text{ kW}$$

$$P_{\text{engine}} = 144,65 \text{ HP}$$

Note

η_b = line bearing efficiency

η_h = hull efficiency

η_o = open water propeller efficiency

η_p = behind the hull condition propeller efficiency

η_r = relative rotative efficiency

η_s = stern tube bearing efficiency

η_t = overall transmission efficiency

Perencanaan Winch dan Pemilihan Genset**- Gaya Tarik Winch Barrel**

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

$$T_b = 54,3035 \text{ kN}$$

Keterangan :

P = Berat total *spud* yang ditarik
14,4244 ton

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

Q = 31,7336 ton

p = *efficiency + pulley*, diambil 1

K = *safety factor*

0,85

- Diameter Winch Barrel

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

$$0,452 \text{ m}$$

Keterangan :

D_b = Diameter drum, maksimal = 0,32

d_r = Diameter tali = Db / 17
0,0188235 m

z = Jumlah lilitan tali pada drum, diambil 4 lilitan

- Torsi yang Dibutuhkan Pada *Shaft Barrel*

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

$$20,4437 \text{ ton.m}$$

Keterangan :

$$b = \text{efficiency winch barrel, diambil} \quad 0,6$$

$$T_b = 54,3035$$

$$D_{bd} = 0,452$$

- *Overall Gearing Ratio*

$$I_{wd} = N_m / N_{bd}$$

$$35,4789$$

Keterangan :

$$N_m = \text{putaran poros motor listrik (500-3000) rpm}$$

$$\text{diambil} \quad 600 \text{ rpm}$$

$$N_{bd} = \text{Kecepatan putar barrel}$$

$$19.1 (V_{td} / D_{bd}) \quad (\text{m/s})$$

$$V_{td} = \text{kecepatan mengangkut beban (0.33 - 0.5) m/s}$$

$$\text{diambil} \quad 0,4 \text{ m/s}$$

- Torsi Motor Penggerak

$$M_{md} = M_{bd} + (I_{wd} + W_d)$$

$$56,5726 \text{ ton.m}$$

Keterangan :

$$W_d = \text{efisiensi keseluruhan (0.65-0.75)}$$

$$\text{diambil} \quad 0,65$$

- Total Tenaga *Winch Spud*

$$N_e = M_{md} \times N_m / 71620$$

$$0,47394 \text{ HP} \quad \text{sama dengan} \quad 0,35342 \text{ kW}$$

Jadi, Genset yang dipakai tipe Yamaha EF 2600 FW

Dimensi 510x415x425 mm

$$\text{Berat} = 35 \text{ kg} \quad 0,035 \text{ ton}$$

$$1 \text{ kVA} = 0,8 \text{ kW}$$

$$0,44177 \text{ kVA}$$

Perhitungan Konstruksi

3 Perhitungan Konstruksi

Ship dimensions

L_{PP} =	8,53 m
L_{WL} =	8,90 m
B =	4,85 m
H =	2,12 m
T =	1,44 m
V_s =	7,00 knot
V_s =	3,60 m/s

$$\begin{array}{lll} 96\% Lwl = & 96\% \times 8,90 = & 8,544 \quad m \\ 97\% Lwl = & 97\% \times 8,90 = & 8,633 \quad m \end{array}$$

$$P_0 = 2,1.(C_B + 0,7). Co . CL . f . C_{RW} \quad [\text{kN/m}^2]$$

$$C_0 = (L/25 + 4,1) Crw ; \text{ untuk } L < 90 \text{ m} \quad C_b = \quad 0,897$$

$$C_0 = \quad 2,665$$

$$f = \quad 1 \quad \text{pelat}$$

$$f = \quad 0,75 \quad \text{penegar}$$

$$f = \quad 0,6 \quad \text{penumpu}$$

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

$$= \quad 0,308$$

$$C_L = \quad 1 \quad L \geq 90 \text{ m}$$

$$Crw = \quad 0,60 \quad \text{Sheltered Shallow Water Service}$$

$$P_{01} = 2,6(C_b+0,7).Co.CL \quad [\text{kN/m}^2]$$

Maka,

$$P_0 = \quad 1,650746 \quad [\text{kN/m}^2] \quad (\text{untuk pelat}) \quad Cf = 5/C_b [0,2 - x/L] = \quad 1,557414$$

$$P_0 = \quad 1,23806 \quad [\text{kN/m}^2] \quad (\text{untuk penegar}) \quad Cf = \quad 1$$

$$P_0 = \quad 0,990448 \quad [\text{kN/m}^2] \quad (\text{untuk penumpu}) \quad Cf =)/C_b [x/L - 0,7]^2 = \quad 1,222965$$

$$P_{01} = \quad 3,406302 \quad [\text{kN/m}^2]$$

$$P_B = 10 . T + P_o . C_F$$

$$P_{B1} = 10 . T + P_{o1} . 2 . |y|/B$$

dimana:

$$C_f = \quad 1,56$$

$$C_f = \quad 1,00$$

$$C_f = \quad 1,22$$

$$P_o = \quad 1,65 \quad [\text{kN/m}^2] \quad \text{Pelat}$$

$$P_o = \quad 1,24 \quad [\text{kN/m}^2] \quad \text{Penegar}$$

$$P_o = \quad 0,99 \quad [\text{kN/m}^2] \quad \text{Penumpu}$$

$$P_{o1} = \quad 3,4 \quad [\text{kN/m}^2]$$

Maka,

$$P_B = \quad 17,01143 \quad [\text{kN/m}^2] \quad \text{Pelat}$$

$$P_B = \quad 16,3687 \quad [\text{kN/m}^2] \quad \text{Penegar} \quad \text{Untuk beban alas pada range } 0 \leq x/L \leq 0,2$$

$$P_B = \quad 15,98307 \quad [\text{kN/m}^2] \quad \text{Penumpu}$$

$$P_B = \quad 16,09128 \quad [\text{kN/m}^2] \quad \text{Pelat}$$

$$P_B = \quad 15,67859 \quad [\text{kN/m}^2] \quad \text{Penegar} \quad \text{Untuk beban alas pada range } 0,2 \leq x/L \leq 0,7$$

$$P_B = \quad 15,43098 \quad [\text{kN/m}^2] \quad \text{Penumpu}$$

$$P_B = \quad 16,45934 \quad [\text{kN/m}^2] \quad \text{Pelat}$$

$$P_B = \quad 15,95464 \quad [\text{kN/m}^2] \quad \text{Penegar} \quad \text{Untuk beban alas pada range } 0,7 \leq x/L \leq 1$$

$$P_B = \quad 15,65182 \quad [\text{kN/m}^2] \quad \text{Penumpu}$$

Tebal Pelat Alas

$$t_{B1} = 1,9 \times nf \times a \times (P_b \cdot k)^{1/2} + tk$$

Tebal pelat alas di ruang muat $L < 90m$

$$t_{B2} = 1,21 \cdot a \cdot (P_b \cdot k)^{1/2} + tk$$

$$t_{min} = (1,5 - 0,01 L) (L \cdot k)^{1/2}$$

untuk $L < 50 m$

$$k = 1$$

$$t_k = 1,5 \text{ untuk } t' < 10 \text{ mm}$$

$$a = 0,4 \text{ aft}$$

Untuk tebal pelat alas di area $0 \leq x/L \leq 0,2$

$$t_{B1} = 4,634613, \text{ diambil } 5 \text{ mm}$$

$$0,5 \text{ mid}$$

$$t_{B2} = 3,496254, \text{ diambil } 4 \text{ mm}$$

$$0,6 \text{ fore}$$

$$t_{min} = 4,131796, \text{ diambil } 5 \text{ mm}$$

$$\text{maka, diambil tebal} = 5 \text{ mm}$$

Untuk tebal pelat alas di area $0,2 \leq x/L \leq 0,7$

$$0,005$$

$$t_{B1} = 5,418267, \text{ diambil } 6 \text{ mm}$$

$$0,005$$

$$t_{B2} = 3,995317, \text{ diambil } 5 \text{ mm}$$

$$t_{min} = 4,131796, \text{ diambil } 5 \text{ mm}$$

$$\text{maka, diambil tebal} = 6 \text{ mm}$$

Untuk tebal pelat alas di area $0,7 \leq x/L \leq 1$

$$0,006$$

$$t_{B1} = 5,418267, \text{ diambil } 6 \text{ mm}$$

$$t_{B2} = 4,494381, \text{ diambil } 5 \text{ mm}$$

$$t_{min} = 4,131796, \text{ diambil } 5 \text{ mm}$$

$$\text{maka, diambil tebal} = 6 \text{ mm}$$

$$0,006$$

*Diasumsikan tebal pelat keseluruhan kapal mengikuti tebal pelat alas dan digunakan untuk perhitungan selanjutnya

Modulus

$$W = c \cdot T \cdot e \cdot l^2 \quad c = 4,5, \text{ elsewhere} \quad \text{Untuk Pos 1}$$

$$W = 59,88778 \text{ cm}^3 \quad e = 0,4 \text{ m}$$

$$l = 4,8 \text{ m}$$

$$W = c \cdot T \cdot e \cdot l^2 \quad c = 4,5, \text{ elsewhere} \quad \text{Untuk Pos 2}$$

$$W = 74,85973 \text{ cm}^3 \quad e = 0,5 \text{ m}$$

$$l = 4,8 \text{ m}$$

$$W = c \cdot T \cdot e \cdot l^2 \quad c = 4,5, \text{ elsewhere} \quad \text{Untuk pos 3}$$

$$W = 89,83167 \text{ cm}^3 \quad e = 0,6 \text{ m}$$

$$l = 4,8 \text{ m}$$

$$\text{Pos 1} \quad L 100x50x8 \quad \text{Sesuai dengan Aneks BKI katalog profil} \quad A1= 0,0012 \text{ m}^2$$

$$\text{Pos 2} \quad L 80x40x8 \quad A2= 0,00096 \text{ m}^2$$

$$\text{Pos 3} \quad L 100x65x11 \quad A3= 0,001815 \text{ m}^2$$

*Diasumsikan modulus alas sama dengan modulus sisi

Berat dan Titik Berat Kapal

4 Weight Calculation

Ship dimensions

L_{PP} =	8,53 m
L_{WL} =	8,90 m
B =	4,85 m
H =	2,12 m
T =	1,44 m
V_s =	7,00 knot
V_s =	3,60 m/s
ρ_{baja} =	7,85 ton/m ³

Pos 1

Part	V (m ³)	W (ton)	LCG (m)	VCG (m)	momen LCG	Momen VCG
Main Engine		0,895	-2,35	0,6	-2,10325	0,537
Marine Gear		0,22	-3,147	0,6	-0,69234	0,132
Pelat	0,04455 0,022275 0,036 0,04301 0,100125 0,075825	0,349718 0,174859 0,2826 0,337629 0,785981 0,595226	2,224 4,4488 3,95 2,22 2,2244 1,66	1,6 1,6 0,55 0,55 2,1 0	0,77777172 0,77791161 1,11627 0,74953527 1,74833669 0,98807558	0,559548 0,279774 0,15543 0,185695675 1,650560625 0
Stiffener	0,047664 0,047664 0,047664 0,047664 0,047664 0,047664 0,047664 0,01079 0,047664	0,374162 0,374162 0,374162 0,374162 0,374162 0,374162 0,374162 0,084705 0,374162	4,048 3,629 2,848 2,33 1,354 0,854 4,448 1,06 3,248	1,06 1,06 1,06 1,06 1,06 1,06 1,06 1,06 1,06	1,5146094 1,35783535 1,06561452 0,87179839 0,50661589 0,31953469 0,37676624 1,21527948 0,17744115	0,396612144 0,396612144 0,396612144 0,396612144 0,396612144 0,396612144 0,089786918 0,396612144 0,101449632
Girder	0,012192 0,012192	0,095707 0,095707	1,854 0,354	1,06 1,06	0,03388035	0,101449632
Total		5,421268			13,5972763	5,89997949

LCG = -2,5081358 dari midship

VCG = 1,08830248 dari baseline

Pos 2

Part	V (m ³)	W (ton)	LCG (m)	VCG (m)	momen LCG	Momen VCG
Pelat	0,052866	0,414998	2,225	2,12	0,92337077	0,879795972
	0,021735	0,17062	1,6	4,4513	0,2729916	0,759479693
	0,03699	0,290372	4	0,55	1,161486	0,159704325
	0,044682	0,35075	2,225	0,55	0,78041838	0,192912409
	0,120185	0,943453	2,225	2,12	2,099183	2,000120434
	0,098277	0,771477	1,8	0	1,38865825	0
Stiffener	0,047664	0,374162	4,014	1,06	1,50188787	0,396612144
	0,047664	0,374162	3,365	1,06	1,25905648	0,396612144
	0,047664	0,374162	2,172	1,06	0,81268073	0,396612144
	0,047664	0,374162	1,6414	1,06	0,61415016	0,396612144
	0,047664	0,374162	0,6414	1,06	0,23998776	0,396612144
	0,047664	0,374162	0,146	1,06	0,05462771	0,396612144
Girder	0,020328	0,159575	4,45	1,06	0,71010786	0,169149288
	0,020328	0,159575	2,7653	1,06	0,44127219	0,169149288
	0,020328	0,159575	1,1414	1,06	0,18213868	0,169149288
Total		5,665368			12,4420175	6,879133562

$$\text{LCG} = 2,7653 \text{ dari midship}$$

$$\text{VCG} = 1,06 \text{ dari baseline}$$

Superstructure

Part	V (m ³)	W (ton)	LCG	VCG (m)	momen LCG	Momen VCG
Atap	0,01452	0,113982	-2,45	4,32	-0,2792559	0,49240224
	0,05808	0,455928	-2,45	3	-1,1170236	1,367784
Total		0,56991			-1,3962795	1,86018624

$$\text{LCG} = -2,45 \text{ dari midship}$$

Blok

$$\text{VCG} = 3,264 \text{ dari baseline}$$

$$\text{LCG}_{\text{tot}} = 0,257164 \text{ m} \quad \text{dari midship}$$

$$\text{LCG}_{\text{tot}} = 4,522164 \text{ m} \quad \text{dari AP}$$

$$\text{LCG}_{\text{tot}} = 4,007836 \text{ m} \quad \text{dari FP}$$

$$\text{Berat}_{\text{blok}} = 11,08664 \text{ ton} \quad 11,6565459$$

$$\text{VCG}_{\text{tot}} = 1,07384 \text{ m} \quad \text{dari baseline}$$

Spuds

Direncanakan ada dua spud

$$A = 0,1225 \text{ m}^2$$

$$L = 7,5 \text{ m}$$

$$W = 7,212188 \text{ ton}$$

$$2 \text{ spud} \quad 14,42438 \text{ ton}$$

$$\text{LCG} = -3,8 \text{ m}$$

$$\text{VCG} = 2,12 \text{ m}$$

Generator Set

$$W = 0,035 \text{ ton}$$

$$\text{VCG} = 0,2125 \text{ m}$$

$$\text{LCG} = -1,4 \text{ m}$$

Weight		
Main Engine =	0,895 ton	895 kg
Marine gear=	0,22 ton	220 kg
Fuel Tank =	600 liter	0,666667
Engine =	38 liter	0,042222
Final Drive =	12 liter	0,013333
Swing Drive =	16,2 liter	0,018
Hydraulic Tank =	248 liter	0,275556

Berat Fuel Oil

Berat FO Backhoe =	0,708889 ton	VCG =	0,8	m
Berat FO M.E =	0,111111 ton	LCG =	-5,2	m
Berat FO Genset =	0,061111 ton			
W _{fo} = Berat FO Backhoe + Berat FO M.E + Berat FO Genset				0,881111 ton

Berat Crew

W _{cr} =	0,08 ton/orang
	0,16 (2 orang)

Backhoe Module

W (ton)	24
LCG (m)	2,5
VCG (m)	3,7
momen LCG	60
Momen VCG	88,8

Kapal

LCG _{tot} =	0,002007 m	dari midship	4,267007 m	dari AP
VCG _{tot} =	2,641252 m	dari baseline		
Berat=	51,98148 ton			

Shafting

l = shaft length	
l = 2 m	assumption
n = propeller speed	
n = 120 rpm	assumption
M / l = 0,081 (P _D /n) ^{2/3}	Ship Design for Efficiency and Economy 2 nd Ed., pg. 175
M / l = 0,064391 ton/m	
W _{shaft} = (M / l) x l	
W _{shaft} = 0,128783 ton	

Propeller

Propeller dimensions

D = (0,6T + 0,65T)/2	
D = 0,902533 m ³	assumption
V = 0,01 x D ³	Practical Ship Design, pg. 79
V = 0,007352 m ³	by D. G. M Watson
P/D = 0,5 - 1,4	K _T , K _Q , and Efficiency Curves for the Wageningen B-Series Propellers, by M.M. Bornitzen
P/D = 1	
z = 4 blade	
A _E /A ₀ = 0,7	assumption

Propeller weight

K = 0,18 (A _E /A ₀) - (z - 2)/100	Ship Design for Efficiency and Economy 2 nd Ed., pg. 176
K = 0,106	
W _{prop} = D ³ x K x V	Ship Design for Efficiency and Economy 2 nd Ed., pg. 175
W _{prop} = 0,000573 ton	

Propulsion weight

W _{tot} = 0,129356 ton	Berat Navigasi
VCG = 0,4 m	asumsi = 0,15 ton
LCG = -3,93 m	VCG = 2,4 m
	LCG = -2,3 m

Perhitungan Freeboard

5 Freeboard Calculation

Ship dimensions		Ship coefficients
L_{PP} =	8,53 m	C_B = 0,897
L_{WL} =	8,90 m	C_M = 1
B =	4,85 m	C_P = 0,897
H =	2,12 m	C_{WP} = 0,554
T =	1,44 m	
V_S =	7,00 knot	$K = 0.8 L$, for barges $L < 50$ m
V_S =	3,60 m/s	

$$F = (0.68 + C_b)10 K / 1.36$$

$$F = 51,60037 \text{ mm}$$

*Rules for The Towing Survey of Barges and
Tugboats*

Table 4 *K value*

Type of barges		<i>K</i>
$L < 50$ m	Cargo barges	0.8 L
	Oil barges	0.5 L
$L \geq 50$ m	Cargo barges	$\left(\frac{L}{10}\right)^2 + \left(\frac{L}{10}\right) + 10$
	Oil barges	$0.8\left(\frac{L}{10}\right)^2 + \left(\frac{L}{10}\right)$

(Note) L : Length of barges (m)

Trim Full Load Condition

No.	Complement	Value
1	Draft Amidships m	1.331
2	Displacement t	52,55
3	Heel deg	0,0
4	Draft at FP m	1.310
5	Draft at AP m	1.351
6	Draft at LCF m	1.332
7	Trim (+ve by stern) m	0,041
8	WL Length m	8.900
9	Beam max extents on WL m	4.850
10	Wetted Area m^2	64.626
11	Waterpl. Area m^2	41.397
12	Prismatic coeff. (Cp)	0,881
13	Block coeff. (Cb)	0,881
14	Max Sect. area coeff. (Cm)	1.000
15	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,959
16	LCB from zero pt. (+ve fwd) m	-0,270
17	LCF from zero pt. (+ve fwd) m	-0,170
18	KB m	0,689
19	KG fluid m	1.005
20	BMT m	1.509
21	BML m	4.984
22	GMt corrected m	1.194
23	GML m	4.668
24	KMT m	2.198
25	KML m	5.673
26	Immersion (TPc) tonne/cm	0,424
27	MTc tonne.m	0,276
28	RM at 1deg = GMtDisp.sin(1) tonne.m	1.095
29	Max deck inclination deg	0,2652
30	Trim angle (+ve by stern) deg	0,2652

Trim < 0.5% L_{wl}

0,0445 m

Pass

Trim 75% Full Load Condition

No.	Complement	Value
1	Draft Amidships m	1.320
2	Displacement t	52,07
3	Heel deg	0,0
4	Draft at FP m	1.306
5	Draft at AP m	1.333
6	Draft at LCF m	1.320
7	Trim (+ve by stern) m	0,027
8	WL Length m	8.900
9	Beam max extents on WL m	4.850
10	Wetted Area m^2	64.332
11	Waterpl. Area m^2	41.397
12	Prismatic coeff. (Cp)	0,884
13	Block coeff. (Cb)	0,884
14	Max Sect. area coeff. (Cm)	1.000
15	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,959
16	LCB from zero pt. (+ve fwd) m	-0,263
17	LCF from zero pt. (+ve fwd) m	-0,170
18	KB m	0,683
19	KG fluid m	1.007
20	BMT m	1.523
21	BML m	5.030
22	GMt corrected m	1.200
23	GML m	4.706
24	KMT m	2.206
25	KML m	5.713
26	Immersion (TPc) tonne/cm	0,424
27	MTc tonne.m	0,275
28	RM at 1deg = GMtDisp.sin(1) tonne.m	1.090
29	Max deck inclination deg	0,1741
30	Trim angle (+ve by stern) deg	0,1741

Trim < 0.5% L_{wl}

0,0445 m

Pass

Trim 50% Full Load Condition

No.	Complement	Value
1	Draft Amidships m	1.317
2	Displacement t	51,94
3	Heel deg	0,0
4	Draft at FP m	1.306
5	Draft at AP m	1.327
6	Draft at LCF m	1.317
7	Trim (+ve by stern) m	0,021
8	WL Length m	8.900
9	Beam max extents on WL m	4.850
10	Wetted Area m^2	64.250
11	Waterpl. Area m^2	41.397
12	Prismatic coeff. (Cp)	0,885
13	Block coeff. (Cb)	0,885
14	Max Sect. area coeff. (Cm)	1.000
15	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,959
16	LCB from zero pt. (+ve fwd) m	-0,260
17	LCF from zero pt. (+ve fwd) m	-0,170
18	KB m	0,681
19	KG fluid m	1.008
20	BMt m	1.527
21	BML m	5.043
22	GMt corrected m	1.201
23	GML m	4.716
24	KMt m	2.209
25	KML m	5.724
26	Immersion (TPc) tonne/cm	0,424
27	MTc tonne.m	0,275
28	RM at 1deg = GMtDisp.sin(1) tonne.m	1.089
29	Max deck inclination deg	0,1384
30	Trim angle (+ve by stern) deg	0,1384

Trim 25% Full Load Condition

No.	Complement	Value
1	Draft Amidships m	1.316
2	Displacement t	51,90
3	Heel deg	0,0
4	Draft at FP m	1.308
5	Draft at AP m	1.323
6	Draft at LCF m	1.316
7	Trim (+ve by stern) m	0,015
8	WL Length m	8.900
9	Beam max extents on WL m	4.850
10	Wetted Area m^2	64.219
11	Waterpl. Area m^2	41.397
12	Prismatic coeff. (Cp)	0,887
13	Block coeff. (Cb)	0,887
14	Max Sect. area coeff. (Cm)	1.000
15	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,959
16	LCB from zero pt. (+ve fwd) m	-0,256
17	LCF from zero pt. (+ve fwd) m	-0,170
18	KB m	0,681
19	KG fluid m	1.008
20	BMt m	1.529
21	BML m	5.047
22	GMt corrected m	1.201
23	GML m	4.719
24	KMt m	2.209
25	KML m	5.728
26	Immersion (TPc) tonne/cm	0,424
27	MTc tonne.m	0,275
28	RM at 1deg = GMtDisp.sin(1) tonne.m	1.088
29	Max deck inclination deg	0,0958
30	Trim angle (+ve by stern) deg	0,0958

Trim < 0.5% L_{wl}

0,0445 m

Trim < 0.5% L_{wl}

0,0445 m

Pass

Pass

Trim 0% Full Load Condition

No.	Complement	Value		
1	Draft Amidships m	1.312		
2	Displacement t	51,72		
3	Heel deg	0,0		
4	Draft at FP m	1.308		
5	Draft at AP m	1.316		
6	Draft at LCF m	1.312		
7	Trim (+ve by stern) m	0,008	Trim < 0.5% L_{wl}	0,0445 m
8	WL Length m	8.900		Pass
9	Beam max extents on WL m	4.850		
10	Wetted Area m^2	64.113		
11	Waterpl. Area m^2	41.397		
12	Prismatic coeff. (C_p)	0,889		
13	Block coeff. (C_b)	0,889		
14	Max Sect. area coeff. (C_m)	1.000		
15	Waterpl. area coeff. (C_{wp})	0,959		
16	LCB from zero pt. (+ve fwd) m	-0,253		
17	LCF from zero pt. (+ve fwd) m	-0,170		
18	KB m	0,679		
19	KG fluid m	1.009		
20	BMT m	1.534		
21	BML m	5.064		
22	GMT corrected m	1.203		
23	GML m	4.733		
24	KMT m	2.212		
25	KML m	5.742		
26	Immersion (TPc) tonne/cm	0,424		
27	MTc tonne.m	0,275		
28	RM at 1deg = GMT.Disp.sin(1) tonne.m	1.086		
29	Max deck inclination deg	0,0524		
30	Trim angle (+ve by stern) deg	0,0524		

Rekapitulasi Stabilitas

0% Full Load Condition						
Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	
267(85) Ch2 - General Criteria	2.3: IMO roll back angle L, Stability calculated B, moulded breadth, user spec. d, Stability calculated GMf, Stability calculated VCG, Stability calculated CB, Stability calculated Ak, keel area, user spec. Method for k factor Evaluates to Intermediate values B / d 100 Ak / L / B C T OG, Centre of gravity above WL X1 X2 k tabulated r s	8,9 15,5 1,312 1,203 1,009 0,889 10,8 tabulated value for k 9,1	m m m m m m ² deg			
					11,815 7,829 0,641 18,114 -0,303 0,8 1 0,7 0,592 0,038	
2.2 Pontoons	2.2.4.2 Wind heeling arm Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$ constant: a = 0,99997 wind pressure: P = 504 Pa area centroid height (from zero point): h = 0 m total area: A = 0 m^2 H = mean draft / 2 0,656 m cosine power: n = 0 gust ratio 1,5 Intermediate values Heel arm amplitude					
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 0 to 30 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle angle of vanishing stability shall not be less than (>=)	0	deg	0	Pass	
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 0 to 40 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle first downflooding angle angle of vanishing stability shall not be less than (>=)	30 109,9 3,1513	deg deg m.deg	30 9,5554	Pass	
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 30 to 40 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle first downflooding angle angle of vanishing stability shall not be less than (>=)	40 n/a 109,9 5,1566	deg deg deg m.deg	40 15,6979	Pass	
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 30 to 40 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle first downflooding angle angle of vanishing stability shall not be less than (>=)	30 40 109,9 1,7189	deg deg deg m.deg	30 40 6,1425	Pass	
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.2: Max GZ at 30 or greater in the range from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle angle of max. GZ shall not be less than (>=) Intermediate values angle at which this GZ occurs	30 90 37,7 0,2	deg deg m deg	30 37,7 0,623 37,7	Pass	

267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.3: Angle of maximum GZ shall not be less than (>=)	25	deg	37,7	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.4: Initial GMT spec. heel angle shall not be less than (>=)	0 0,15	deg m	1,203	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	2.3: Severe wind and rolling Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$ constant: $a =$ wind pressure: $P =$ area centroid height (from zero point): $h =$ additional area: $A =$ $H = \text{vert. centre of projected lat. u'water area}$ cosine power: $n =$ gust ratio Area2 integrated to the lesser of 2.3: IMO roll back angle from equilibrium (with steady heel) Area 1 upper integration range, to the lesser of: spec. heel angle first downflooding angle angle of vanishing stability (with gust heel arm) Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of: angle of max. GZ Select required angle for angle of steady heel ratio: Criteria: Angle of steady heel shall not be greater than (<=) Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not Area1 / Area2 shall not be less than (>=)	0,99966 504 6 50 0,685 0 1,5 9,1 (4,3) 50 n/a 71,2 37,7 EdgeImmersionAngle 16 80 100	deg Pa m m^2 m deg deg deg deg	4,3 50 167,71	Pass
2.2 Pontoons	2.2.4.1 GZ area: to Max GZ from the greater of angle of equilibrium to the lesser of angle of max. GZ shall be greater than (>)	0 37,7 4,5837	deg deg m.deg	0 37,7 14,2841	Pass
2.2 Pontoons	2.2.4.2 Angle of equilibrium ratio 2.2.4.2 Wind heeling arm Ratio of equilibrium angle to shall be less than (<) Intermediate values Equilibrium angle Deck edge immersion angle	50	%	0	Pass
2.2 Pontoons	2.2.4.3 Angle of vanishing stability <=100m in length shall be greater than (>)	20	deg	109,9	Pass
2.2 Pontoons	2.2.4.3 Angle of vanishing stability >=150m in length shall be greater than (>)	15	deg	109,9	Pass

25% Full Load Condition						
Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	
267(85) Ch2 - General Criteria	2.3: IMO roll back angle L, Stability calculated B, moulded breadth, user spec. d, Stability calculated GMf, Stability calculated VCG, Stability calculated CB, Stability calculated Ak, keel area, user spec. Method for k factor Evaluates to Intermediate values B / d 100 Ak / L / B C T OG, Centre of gravity above WL X1 X2 k tabulated r s	8,9 15,5 1,316 1,201 1,008 0,887 10,8 tabulated value for k 9,1	m m m m m m ² deg			
2.2 Pontoons	2.2.4.2 Wind heeling arm Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$ constant: a = wind pressure: P = area centroid height (from zero point): h = total area: A = H = mean draft / 2 cosine power: n = gust ratio Intermediate values Heel arm amplitude	0,99997 504 0 0 0,658 0 1,5	Pa m ² m m			
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 0 to 30 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle angle of vanishing stability shall not be less than (>=)	0	deg	0	Pass	
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 0 to 40 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle first downflooding angle angle of vanishing stability shall not be less than (>=)	30 110,2 3,1513	deg deg m.deg	30 9,5276	Pass	
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 30 to 40 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle first downflooding angle angle of vanishing stability shall not be less than (>=)	0 40 n/a 110,2 5,1566	deg deg deg deg m.deg	0 40 15,6438	Pass	
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.2: Max GZ at 30 or greater in the range from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle angle of max. GZ shall not be less than (>=) Intermediate values angle at which this GZ occurs	30 90 38,2 0,2	deg deg m deg	30 40 110,2 0,62 38,2	Pass	

267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.3: Angle of maximum GZ shall not be less than (\geq)	25	deg	38,2	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.4: Initial GMT spec. heel angle shall not be less than (\geq)	0 0,15	deg m	1,201	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	2.3: Severe wind and rolling Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$ constant: $a =$ wind pressure: $P =$ area centroid height (from zero point): $h =$ additional area: $A =$ $H =$ vert. centre of projected lat. u'water area cosine power: $n =$ gust ratio Area2 integrated to the lesser of 2.3: IMO roll back angle from equilibrium (with steady heel) Area 1 upper integration range, to the lesser of: spec. heel angle first downflooding angle angle of vanishing stability (with gust heel arm) Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of: angle of max. GZ Select required angle for angle of steady heel ratio:	0,99966 504 6 50 0,687 0 1,5 9,1 (4,3)	Pa m m^2 m deg	4,3	Pass
	Criteria: Angle of steady heel shall not be greater than (\leq) Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be less than (\geq) Area1 / Area2 shall not be less than (\geq) Intermediate values Model windage area Model windage area centroid height (from zero point) Total windage area Total windage area centroid height (from zero point) Heel arm amplitude Equilibrium angle with gust heel arm Deck edge immersion angle Area1 (under GZ), from 19,6 to 50,0 deg. Area1 (under HA), from 19,6 to 50,0 deg. Area1, from 19,6 to 50,0 deg. Area2 (under GZ), from 4,3 to 19,6 deg. Area2 (under HA), from 4,3 to 19,6 deg. Area2, from 4,3 to 19,6 deg.	16 80 100	deg % %	13,4 73,27 167,89	Pass
2.2 Pontoons	2.2.4.1 GZ area: to Max GZ from the greater of angle of equilibrium to the lesser of angle of max. GZ shall be greater than ($>$)	0 38,2 4,5837	deg deg m.deg	0 38,2 14,5174	Pass
2.2 Pontoons	2.2.4.2 Angle of equilibrium ratio 2.2.4.2 Wind heeling arm Ratio of equilibrium angle to shall be less than ($<$) Intermediate values Equilibrium angle Deck edge immersion angle	50	EdgeImmersionAngle % deg deg	0 0 18,3	Pass
2.2 Pontoons	2.2.4.3 Angle of vanishing stability <=100m in length shall be greater than ($>$)	20	deg	110,2	Pass
2.2 Pontoons	2.2.4.3 Angle of vanishing stability >=150m in length shall be greater than ($>$)	15	deg	110,2	Pass

50% Full Load Condition					
Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
267(85) Ch2 - General Criteria	2.3: IMO roll back angle L, Stability calculated B, moulded breadth, user spec. d, Stability calculated GMf, Stability calculated VCG, Stability calculated CB, Stability calculated Ak, keel area, user spec. Method for k factor Evaluates to Intermediate values B/d 100 Ak / L / B C T OG, Centre of gravity above WL X1 X2 k tabulated r s	8,9 15,5 1,317 1,201 1,008 0,886 10,8 tabulated value for k 9,1	m m m m m m ² deg		
2.2 Pontoons	2.2.4.2 Wind heeling arm Wind arm: a P A (h - H) / (g disp.) cos^n(phi) constant: a = wind pressure: P = area centroid height (from zero point): h = total area: A = H = mean draft / 2 cosine power: n = gust ratio Intermediate values Heel arm amplitude	0,99997 504 0 0 0,658 0 1,5	IMO units Pa m m ² m	11,772 7,829 0,64 18,102 -0,309 0,8 1 0,7 0,589 0,038	
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 0 to 30 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle angle of vanishing stability shall not be less than (>=)	0	deg	0	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 0 to 40 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle first downflooding angle angle of vanishing stability shall not be less than (>=)	30 110,3 3,1513	deg deg m.deg	30 9,5225	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 30 to 40 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle first downflooding angle angle of vanishing stability shall not be less than (>=)	0 40 n/a 110,3 5,1566	deg deg deg deg m.deg	0 40 15,6328	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 30 to 40 from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle first downflooding angle angle of vanishing stability shall not be less than (>=)	30 40 n/a 110,3 1,7189	deg deg deg deg m.deg	30 40 6,1104	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.2: Max GZ at 30 or greater in the range from the greater of spec. heel angle to the lesser of spec. heel angle angle of max. GZ shall not be less than (>=) Intermediate values angle at which this GZ occurs	30 90 38,2 0,2	deg deg deg m	30 38,2 0,62	Pass

267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.3: Angle of maximum GZ shall not be less than (\geq)	25	deg	38,2	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.4: Initial GMt spec. heel angle shall not be less than (\geq)	0 0,15	deg m	1,201	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	2.3: Severe wind and rolling <i>Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$</i> constant: $a =$ wind pressure: $P =$ area centroid height (from zero point): $h =$ additional area: $A =$ $H =$ vert. centre of projected lat. u'water area cosine power: $n =$ gust ratio <i>Area2 integrated to the lesser of</i> 2.3: IMO roll back angle from equilibrium (with steady Area 1 upper integration range, to the lesser of: spec. heel angle first downflooding angle angle of vanishing stability (with gust heel arm) Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of: angle of max. GZ Select required angle for angle of steady heel ratio: Criteria: Angle of steady heel shall not be greater than (\leq)	0,99966 504 6 50 0,688 0 1,5 9,1 (4,3) 50 n/a 71,6 38,2 EdgeImmersionAngle 16	Pa m m^2 m deg deg deg deg deg	4,3 50 38,2 13,4	Pass
	Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not Area1 / Area2 shall not be less than (\geq) Intermediate values Model windage area Model windage area centroid height (from zero point) Total windage area Total windage area centroid height (from zero point) Heel arm amplitude Equilibrium angle with gust heel arm Deck edge immersion angle Area1 (under GZ), from 19,6 to 50,0 deg. Area1 (under HA), from 19,6 to 50,0 deg. Area1, from 19,6 to 50,0 deg. Area2 (under GZ), from 4,3 to 19,6 deg. Area2 (under HA), from 4,3 to 19,6 deg. Area2, from 4,3 to 19,6 deg.	80 100 m^2 m m^2 m m deg deg deg m.deg m.deg m.deg m.deg m.deg m.deg m.deg	% % 14,973 2,294 64,973 5,146 0,287 19,6 18,2 17,5442 13,0843 4,4599 3,9241 6,5777 2,6536	73,59 168,07 14,973 2,294 64,973 5,146 0,287 19,6 18,2 17,5442 13,0843 4,4599 3,9241 6,5777 2,6536	Pass Pass
2.2 Pontoon	2.2.4.1 GZ area: to Max GZ from the greater of angle of equilibrium to the lesser of angle of max. GZ shall be greater than ($>$)	0 38,2 4,5837	deg deg m.deg	0 38,2 14,5073	Pass
2.2 Pontoon	2.2.4.2 Angle of equilibrium ratio 2.2.4.2 Wind heeling arm Ratio of equilibrium angle to shall be less than ($<$) Intermediate values Equilibrium angle Deck edge immersion angle	EdgeImmersionAngle 50	% deg deg	0 0 18,2	Pass
2.2 Pontoon	2.2.4.3 Angle of vanishing stability $\leq 100\text{m}$ in length shall be greater than ($>$)	20	deg	110,3	Pass
2.2 Pontoon	2.2.4.3 Angle of vanishing stability $\geq 150\text{m}$ in length shall be greater than ($>$)	15	deg	110,3	Pass

75% Full Load Condition					
Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
267(85) Ch2 - General Criteria	<p>2.3: IMO roll back angle <i>L, Stability calculated</i> <i>B, moulded breadth, user spec.</i> <i>d, Stability calculated</i> <i>GMf, Stability calculated</i> <i>VCG, Stability calculated</i> <i>CB, Stability calculated</i> <i>Ak, keel area, user spec.</i> <i>Method for k factor</i> <i>Evaluates to</i> <i>Intermediate values</i> <i>B / d</i> $100Ak / L / B$ <i>C</i> <i>T</i> <i>OG, Centre of gravity above WL</i> <i>X1</i> <i>X2</i> <i>k tabulated</i> <i>r</i> <i>s</i></p> <p>2.2 Pontoons</p> <p>2.2.4.2 Wind heeling arm <i>Wind arm: a PA (h - H) / (g disp.) cos^n(phi)</i> <i>constant: a =</i> <i>wind pressure: P =</i> <i>area centroid height (from zero point): h =</i> <i>total area: A =</i> <i>H = mean draft / 2</i> <i>cosine power: n =</i> <i>gust ratio</i></p>	8,9 15,5 1,32 1,2 1,007 0,884 10,8 tabulated value for k 9,1	m m m m m m^2 deg	11,745 7,829 IMO units s m IMO units IMO units IMO units IMO units IMO units	0,639 18,095 -0,313 0,8 1 0,7 0,588 0,038
267(85) Ch2 - General Criteria	<p>Intermediate values <i>Heel arm amplitude</i></p> <p>2.2.1: Area 0 to 30 <i>from the greater of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>to the lesser of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>angle of vanishing stability</i> <i>shall not be less than (>=)</i></p>	0,99997		Pa m m^2 m	
267(85) Ch2 - General Criteria	<p>2.2.1: Area 0 to 40 <i>from the greater of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>to the lesser of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>first downflooding angle</i> <i>angle of vanishing stability</i> <i>shall not be less than (>=)</i></p>	0 30 110,5 3,1513	deg deg deg m.deg	0 30 9,5022	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	<p>2.2.1: Area 30 to 40 <i>from the greater of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>to the lesser of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>first downflooding angle</i> <i>angle of vanishing stability</i> <i>shall not be less than (>=)</i></p>	0 40 n/a 110,5 5,1566	deg deg deg deg m.deg	0 40 15,5929	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	<p>2.2.1: Area 30 to 40 <i>from the greater of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>to the lesser of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>first downflooding angle</i> <i>angle of vanishing stability</i> <i>shall not be less than (>=)</i></p>	30 40 n/a 110,5 1,7189	deg deg deg deg m.deg	30 40 6,0907	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	<p>2.2.2: Max GZ at 30 or greater <i>in the range from the greater of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>to the lesser of</i></p>	30	deg	30	Pass
	<p><i>spec. heel angle</i> <i>angle of max. GZ</i> <i>shall not be less than (>=)</i> <i>Intermediate values</i> <i>angle at which this GZ occurs</i></p>	90 38,2 0,2	deg deg m	38,2 0,618	Pass

267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.3: Angle of maximum GZ shall not be less than (>=)	25	deg	38,2	Pass Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.4: Initial GMT spec. heel angle shall not be less than (>=)	0 0,15	deg m	1,2	Pass Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	2.3: Severe wind and rolling Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$ constant: $a =$ wind pressure: $P =$ area centroid height (from zero point): $h =$ additional area: $A =$ $H = \text{vert. centre of projected lat. u'water area}$ cosine power: $n =$ gust ratio Area2 integrated to the lesser of 2.3: IMO roll back angle from equilibrium (with steady Area 1 upper integration range, to the lesser of: spec. heel angle first downflooding angle angle of vanishing stability (with gust heel arm) Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of: angle of max. GZ Select required angle for angle of steady heel ratio: Criteria: Angle of steady heel shall not be greater than (<=)	0,99966 504 6 50 0,689 0 1,5 9,1 (4,2) 50 n/a 71,9 38,2 16	Pa m m^2 m deg deg deg deg deg	4,2 50 38,2 13,3	Pass Pass
	Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not Area1 / Area2 shall not be less than (>=) Intermediate values Model windage area Model windage area centroid height (from zero point) Total windage area Total windage area centroid height (from zero point) Heel arm amplitude Equilibrium angle with gust heel arm Deck edge immersion angle Area1 (under GZ), from 19,5 to 50,0 deg. Area1 (under HA), from 19,5 to 50,0 deg. Area1, from 19,5 to 50,0 deg. Area2 (under GZ), from 4,2 to 19,5 deg. Area2 (under HA), from 4,2 to 19,5 deg. Area2, from 4,2 to 19,5 deg.	80 100	% %	74 168,29	Pass Pass
2.2 Pontoons	2.2.4.1 GZ area: to Max GZ from the greater of angle of equilibrium to the lesser of angle of max. GZ shall be greater than (>)	0 38,2 4,5837	deg deg m.deg	0 38,2 14,4706	Pass Pass
2.2 Pontoons	2.2.4.2 Angle of equilibrium ratio 2.2.4.2 Wind heeling arm Ratio of equilibrium angle to shall be less than (<) Intermediate values Equilibrium angle Deck edge immersion angle	50	%	0	Pass Pass
2.2 Pontoons	2.2.4.3 Angle of vanishing stability <=100m in length shall be greater than (>)	20	deg	110,5	Pass Pass
2.2 Pontoons	2.2.4.3 Angle of vanishing stability >=150m in length shall be greater than (>)	15	deg	110,5	Pass Pass

Full Load Condition					
Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
267(85) Ch2 - General Criteria	<p>2.3: IMO roll back angle <i>L, Stability calculated</i> <i>B, moulded breadth, user spec.</i> <i>d, Stability calculated</i> <i>GMf, Stability calculated</i> <i>VCG, Stability calculated</i> <i>CB, Stability calculated</i> <i>Ak, keel area, user spec.</i> <i>Method for k factor</i> <i>Evaluates to</i> <i>Intermediate values</i> <i>B / d</i> <i>100 Ak / L / B</i> <i>C</i> <i>T</i> <i>OG, Centre of gravity above WL</i> <i>X1</i> <i>X2</i> <i>k tabulated</i> <i>r</i> <i>s</i></p> <p>2.2.4.2 Wind heeling arm <i>Wind arm: a P A (h - H) / (g disp.) cos^n(phi)</i> <i>constant: a =</i> <i>wind pressure: P =</i> <i>area centroid height (from zero point): h =</i> <i>total area: A =</i> <i>H = mean draft / 2</i> <i>cosine power: n =</i> <i>gust ratio</i></p>	8,9 15,5 1,331 1,194 1,005 0,881 10,8 tabulated value for k 9,1	m m m m m m^2 deg	11,648 7,829 0,637 18,075 -0,326 IMO units s m IMO units IMO units IMO units IMO units IMO units	
2.2 Pontoons		0,99997	Pa		
267(85) Ch2 - General Criteria	<p>Intermediate values <i>Heel arm amplitude</i></p> <p>2.2.1: Area 0 to 30 <i>from the greater of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>to the lesser of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>angle of vanishing stability</i> <i>shall not be less than (>=)</i></p>	0	m deg	0	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	<p>2.2.1: Area 0 to 40 <i>from the greater of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>to the lesser of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>first downflooding angle</i> <i>angle of vanishing stability</i> <i>shall not be less than (>=)</i></p>	30 111,1 3,1513	deg deg m.deg	30 9,4216	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	<p>2.2.1: Area 0 to 40 <i>from the greater of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>to the lesser of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>first downflooding angle</i> <i>angle of vanishing stability</i> <i>shall not be less than (>=)</i></p>	0 40 n/a 111,1 5,1566	deg deg deg deg m.deg	0 40 15,4361	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	<p>2.2.1: Area 30 to 40 <i>from the greater of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>to the lesser of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>first downflooding angle</i> <i>angle of vanishing stability</i> <i>shall not be less than (>=)</i></p>	30 40 n/a 111,1 1,7189	deg deg deg deg m.deg	30 40 6,0145	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	<p>2.2.2: Max GZ at 30 or greater <i>in the range from the greater of</i> <i>spec. heel angle</i> <i>to the lesser of</i></p>	30	deg	30	Pass
	<p><i>spec. heel angle</i> <i>angle of max. GZ</i> <i>shall not be less than (>=)</i> <i>Intermediate values</i> <i>angle at which this GZ occurs</i></p>	90 38,2 0,2	deg deg m	38,2 0,611	Pass

267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.3: Angle of maximum GZ shall not be less than (\geq)	25	deg	38,2	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.4: Initial GMt spec. heel angle shall not be less than (\geq)	0 0,15	deg m	1,194	Pass
267(85) Ch2 - General Criteria	2.3: Severe wind and rolling Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$ constant: $a =$ wind pressure: $P =$ area centroid height (from zero point): $h =$ additional area: $A =$ $H = \text{vert. centre of projected lat. u'water area}$ cosine power: $n =$ gust ratio Area2 integrated to the lesser of 2.3: IMO roll back angle from equilibrium (with steady heel Area 1 upper integration range, to the lesser of: spec. heel angle first downflooding angle angle of vanishing stability (with gust heel arm) Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of: angle of max. GZ Select required angle for angle of steady heel ratio: Criteria: Angle of steady heel shall not be greater than (\leq)	0,99966 504 6 50 0,695 0 1,5 9,1 (4,2) 50 n/a 72,5 38,2 16	Pa m m^2 m deg deg deg deg deg	4,2 50 38,2 13,3	Pass
	Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than (\leq)	80 100	%	75,28 168,34	Pass
	Intermediate values Model windage area Model windage area centroid height (from zero point) Total windage area Total windage area centroid height (from zero point) Heel arm amplitude Equilibrium angle with gust heel arm Deck edge immersion angle Area1 (under GZ), from 19,5 to 50,0 deg. Area1 (under HA), from 19,5 to 50,0 deg. Area1, from 19,5 to 50,0 deg. Area2 (under GZ), from 4,2 to 19,5 deg. Area2 (under HA), from 4,2 to 19,5 deg. Area2, from 4,2 to 19,5 deg.		m^2 m m^2 m deg deg m.deg m.deg m.deg m.deg m.deg m.deg m.deg m.deg m.deg m.deg m.deg m.deg	14,848 2,302 64,848 5,153 0,283 19,5 17,6 17,3419 12,949 4,3928 3,8622 6,4717 2,6095	Pass
2.2 Pontoons	2.2.4.1 GZ area: to Max GZ from the greater of angle of equilibrium to the lesser of angle of max. GZ shall be greater than ($>$)	0 38,2 4,5837	deg deg m.deg	0 38,2 14,3267	Pass
2.2 Pontoons	2.2.4.2 Angle of equilibrium ratio 2.2.4.2 Wind heeling arm Ratio of equilibrium angle to shall be less than ($<$) Intermediate values Equilibrium angle Deck edge immersion angle		EdgeImmersionAngle 50	0 0 17,6	Pass
2.2 Pontoons	2.2.4.3 Angle of vanishing stability $\leq 100\text{m}$ in length shall be greater than ($>$)	20	deg	111,1	Pass
2.2 Pontoons	2.2.4.3 Angle of vanishing stability $\geq 150\text{m}$ in length shall be greater than ($>$)	15	deg	111,1	Pass

6 Building Cost

No	Item	Harga	Satuan
1	Pelat Kapal Keseluruhan <i>(hull & construction)</i> Sumber: Alibaba.com https://indonesian.alibaba.com/product-detail/ah36-steel-plate-for-shipbuilding-60239600140.html?s=p		
	Harga	\$800	USD/ton
	Berat pelat keseluruhan	11,66	ton
	Harga pelat keseluruhan	\$9.325	USD
		Rp130.394.785,23	Rupiah
	2 <i>Excavator Sumitomo SH210LC-5LR</i>		
	Sumber: http://ptsumitomo-shi.blogspot.com/p/harga-alat-berat.html		
2	Harga	\$48.000	USD/unit
	Jumlah Unit	1	unit
	Harga Unit	\$48.000	USD
		Rp671.184.000,00	Rupiah
3	3 <i>Square Piles (Untuk Spuds) 350 x 350 mm</i>		
	Sumber: Indotrading, http://m.indotrading.com/product/square-piles-p284975		
	Harga Square Piles	514800	Rp/meter
	Panjang Square Piles	7,5	meter
	Jumlah Unit	2	unit
4	Harga Unit	Rp7.722.000	Rupiah
	4 <i>Main Engine Yanmar 6CH-HTE3 H-Rating 170 HP</i>		
	Sumber: https://e-katalog.lkpp.go.id/backend/katalog/lihat_produk/286678		
	Harga	27.000	USD/unit
5	Jumlah Unit	1	unit
	Harga Unit	27000	USD/unit
		Rp377.541.000	Rupiah
	5 Generator Set		
6	Sumber: Indoteknik, http://indoteknik.co.id/v1/pi/ef-2600-fw-generator-set-bensin/		
	Harga	Rp7.350.000	Rupiah/unit
	Jumlah Unit	1	unit
	Harga Unit	Rp7.350.000	Rupiah
6	6 Elektroda <i>(diasumsikan 6% dari berat pelat BTP)</i>		
	Sumber: Nekko Steel - Aneka Maju.com		
	Harga	500,00	USD/ton
	Berat pelat kapal total	0,699	ton
	Harga Elektroda	\$350	USD
		Rp4.889.804	Rupiah

Harga kurs Rupiah per 2018

Rp13.983

Total

Rp1.199.081.589,67

LAMPIRAN C
GAMBAR RENCANA GARIS

BODY PLAN

TABLE OF HALF-BREADTH

ST/WL	WL 0,65 m	WL 1,3 m	WL 1,95 m	DWL	WL 2,6 m	WL 3,25 m	Main Deck
AP	0,000	0,000	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540
ST 1	0,000	0,000	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540
ST 2	0,000	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540
ST 3	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540
ST 4	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540
ST 5	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540
ST 6	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540
ST 7	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540
ST 8	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540
ST 9	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540
ST 10	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540
ST 11	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540
ST 12	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540
ST 13	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540
ST 14	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540
ST 15	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540	3,540
ST 16	3,538	3,540	3,396	3,540	3,540	3,540	3,540
ST 17	0,000	3,505	3,467	3,396	3,540	3,540	3,540
ST 18	0,000	3,472	3,518	3,467	3,472	3,488	3,492
ST 19	0,000	0,000	3,386	3,539	3,399	3,403	3,402
F9	0,000	0,000	0,000	0,000	3,022	3,033	3,035

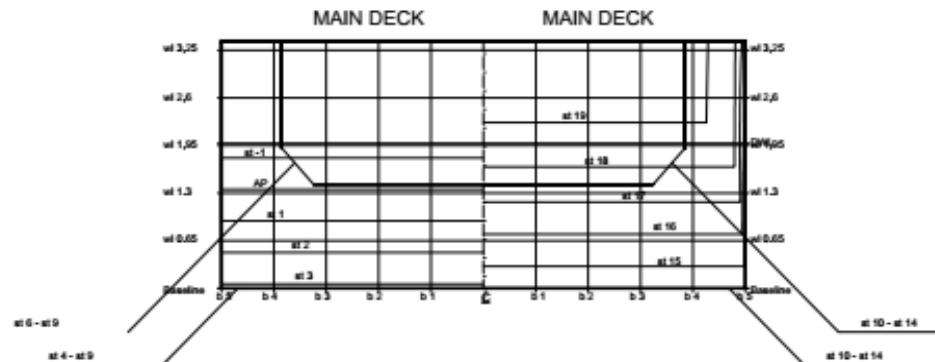
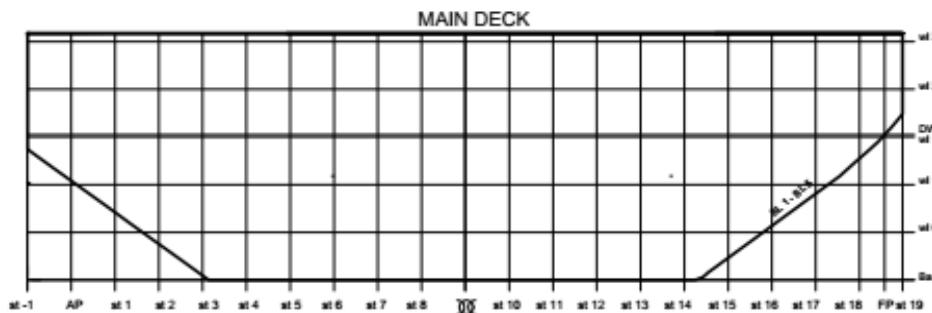


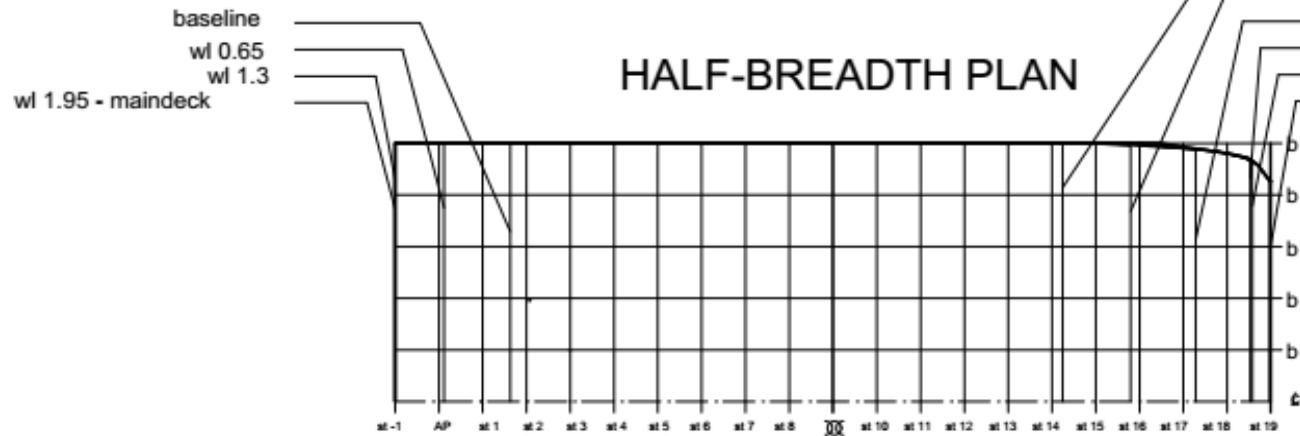
TABLE OF HEIGHT ABOVE BASELINE

ST/WL	BL 1 m	BL 2 m	BL 3 m	BL 4 m	BL 5 m	Main Deck
AP	1,789	1,789	1,789	0,000	3,380	
ST 1	1,358	1,358	1,358	0,000	3,380	
ST 2	0,926	0,926	0,926	0,000	3,380	
ST 3	0,493	0,493	0,493	0,000	3,380	
ST 4	0,060	0,060	0,060	0,000	3,380	
ST 5	0,000	0,000	0,000	0,000	3,380	
ST 6	0,000	0,000	0,000	0,000	3,380	
ST 7	0,000	0,000	0,000	0,000	3,380	
ST 8	0,000	0,000	0,000	0,000	3,380	
ST 9	0,000	0,000	0,000	0,000	3,380	
ST 10	0,000	0,000	0,000	0,000	3,380	
ST 11	0,000	0,000	0,000	0,000	3,380	
ST 12	0,000	0,000	0,000	0,000	3,380	
ST 13	0,000	0,000	0,000	0,000	3,380	
ST 14	0,000	0,000	0,000	0,000	3,380	
ST 15	0,000	0,000	0,000	0,000	3,380	
ST 16	0,302	0,302	0,302	0,000	3,380	
ST 17	0,763	0,763	0,763	0,763	0,000	3,380
ST 18	1,183	1,183	1,183	1,183	0,000	3,380
ST 19	1,665	1,665	1,665	0,000	3,380	
FP	2,273	2,273	2,273	2,273	0,000	3,380

SHEER PLAN



HALF-BREADTH PLAN



PRINCIPAL DIMENSIONS	
LENGTH OVER ALL (LOA)	11,83 m
LENGTH WATER LINE (LWL)	11,38 m
BREADTH (B)	7,08 m
HEIGHT (H)	3,38 m
DRAUGHT (T)	1,99 m
BLOCK COEFFICIENT (Cb)	0,691

DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE AND SHIPBUILDING ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOVEMBER YOGYAKARTA

AMPHIBIOUS DREDGER

LINES PLAN

SCALE	1:100	SIGNATURE	REF ID: A10100000000000000000
DRAWN BY	v.dap/DAULIAH NURUL		
CHECKED BY	v.b.Haryadi Kurniawati, Si.Bc		
APPROVED BY	v.b.Haryadi Kurniawati, Si.Bc		A 3

TABLE OF HALF-BREADTH

ST/WL	WL 0,5 m	WL 1 m	DWL	WL 1,5 m	WL 2 m	Main Deck
AP	0,000	0,000	2,425	2,425	2,425	2,425
ST 1	2,425	2,425	2,425	2,425	2,425	2,425
ST 2	2,425	2,425	2,425	2,425	2,425	2,425
ST 3	2,425	2,425	2,425	2,425	2,425	2,425
ST 4	2,425	2,425	2,425	2,425	2,425	2,425
ST 5	2,425	2,425	2,425	2,425	2,425	2,425
ST 6	2,425	2,425	2,425	2,425	2,425	2,425
ST 7	2,425	2,425	2,425	2,425	2,425	2,425
ST 8	2,425	2,425	2,425	2,425	2,425	2,425
ST 9	2,425	2,425	2,425	2,425	2,425	2,425
ST 10	2,425	2,425	2,425	2,425	2,425	2,425
ST 11	2,425	2,425	2,425	2,425	2,425	2,425
ST 12	2,425	2,425	2,425	2,425	2,425	2,425
ST 13	2,425	2,425	2,425	2,425	2,425	2,425
ST 14	2,425	2,425	2,425	2,425	2,425	2,425
ST 15	2,425	2,425	2,425	2,425	2,425	2,425
ST 16	2,425	2,425	2,425	2,425	2,425	2,425
ST 17	2,380	2,380	2,380	2,380	2,380	2,380
ST 18	1,967	1,967	1,967	1,967	1,967	1,967
ST 19	0,000	1,555	1,555	1,555	1,555	1,555
FP	0,000	0,000	1,142	1,142	1,142	1,142

BODY PLAN

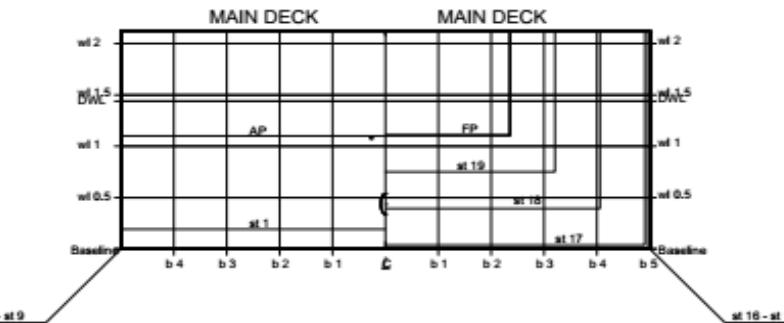
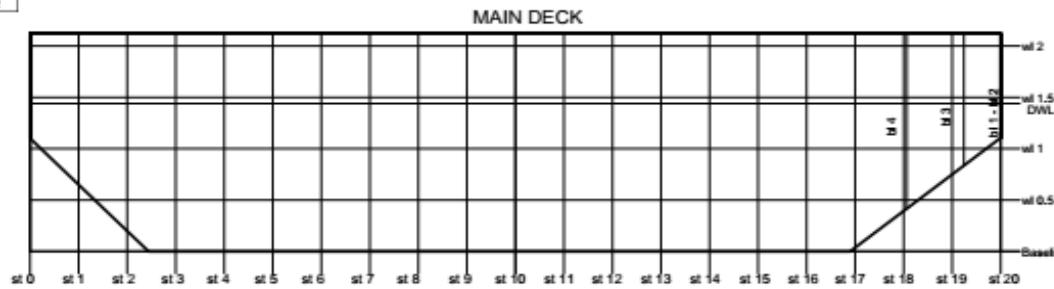


TABLE OF HEIGHT ABOVE BASELINE

ST/WL	BL 1 m	BL 2 m	BL 3 m	BL 4 m	BL 5 m	Main Deck
AP	1,300	1,300	1,300	1,300	1,300	2,120
ST 1	0,192	0,192	0,192	0,192	0,192	2,120
ST 2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,120
ST 3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,120
ST 4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,120
ST 5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,120
ST 6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,120
ST 7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,120
ST 8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,120
ST 9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,120
ST 10	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,120
ST 11	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,120
ST 12	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,120
ST 13	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,120
ST 14	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,120
ST 15	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,120
ST 16	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,120
ST 17	0,039	0,039	0,039	0,039	0,039	2,120
ST 18	0,395	0,395	0,395	0,395	0,395	2,120
ST 19	0,750	0,750	0,750	0,000	0,000	2,120
FP	1,106	1,106	0,000	0,000	0,000	2,120

SHEER PLAN



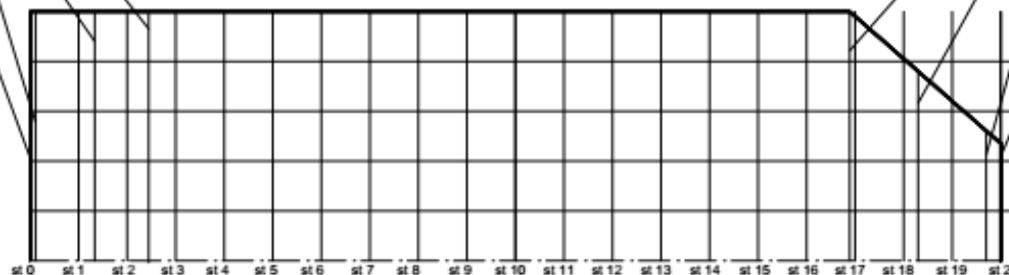
Baseline

wl 0.5

wl 1

wl 1.5 - maindeck

HALF-BREADTH PLAN



PRINCIPAL DIMENSIONS

LENGTH OVER ALL (LOA)	8,9 m
LENGTH WATER LINE (Lwl)	8,53 m
BREADTH (B)	4,85 m
HEIGHT (H)	2,12 m
DRAUGHT (T)	1,44 m
BLOCK COEFFICIENT (Cb)	0,897



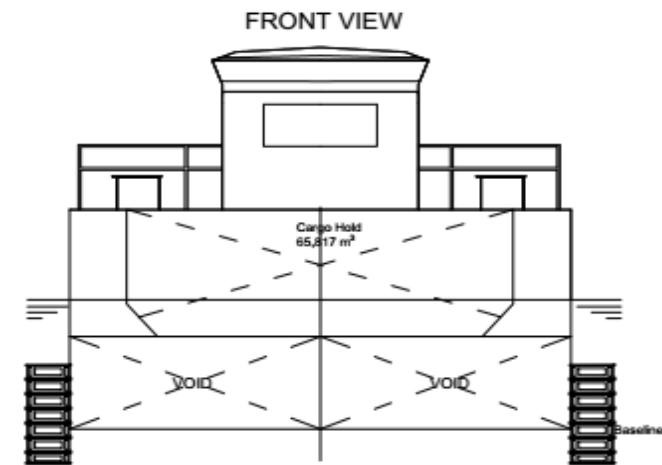
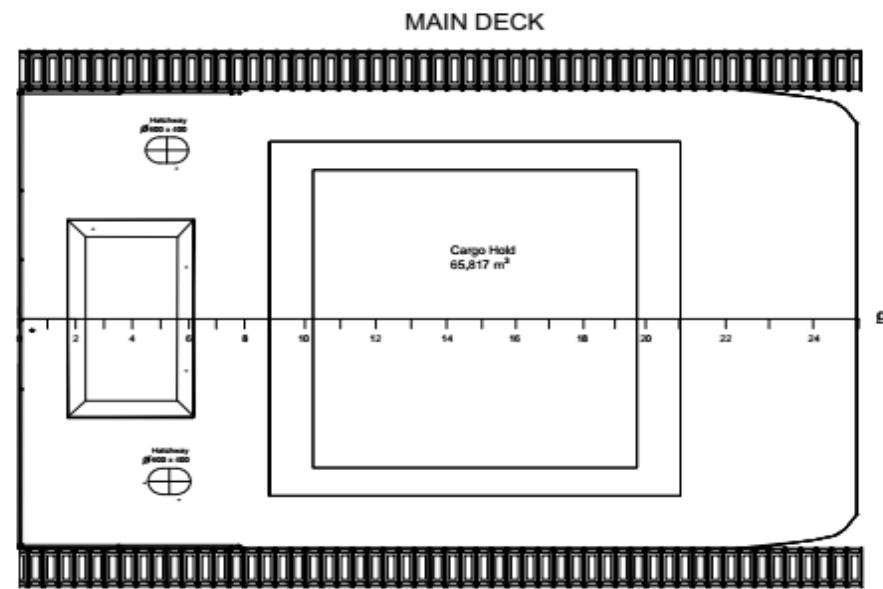
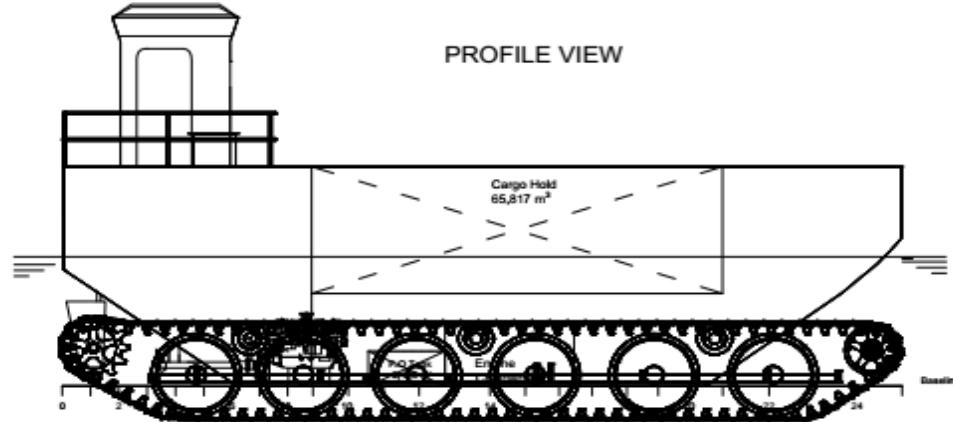
DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE AND SHIPBUILDING ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

AMPHIBIOUS DREDGER

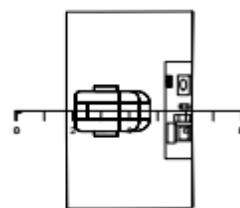
LINES PLAN

SCALE	1:100	SIGNATURE	MRP: 0910000
DRAWN BY	MUSA SULFIYAH MAJID	APPROVED BY	
CHECKED BY	DR. Herry Sulistiwardhani, M.Sc	APPROVED BY	A.3
APPROVED BY	DR. Herry Sulistiwardhani, M.Sc	DATE:	

LAMPIRAN D
GAMBAR *GENERAL ARRANGEMENT*

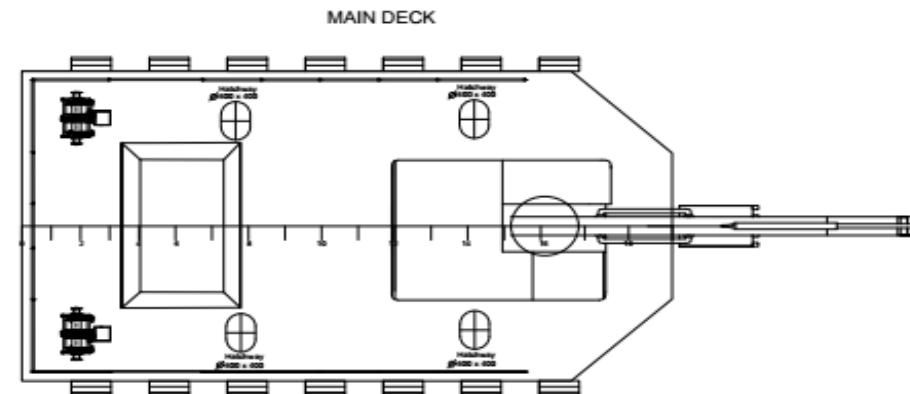
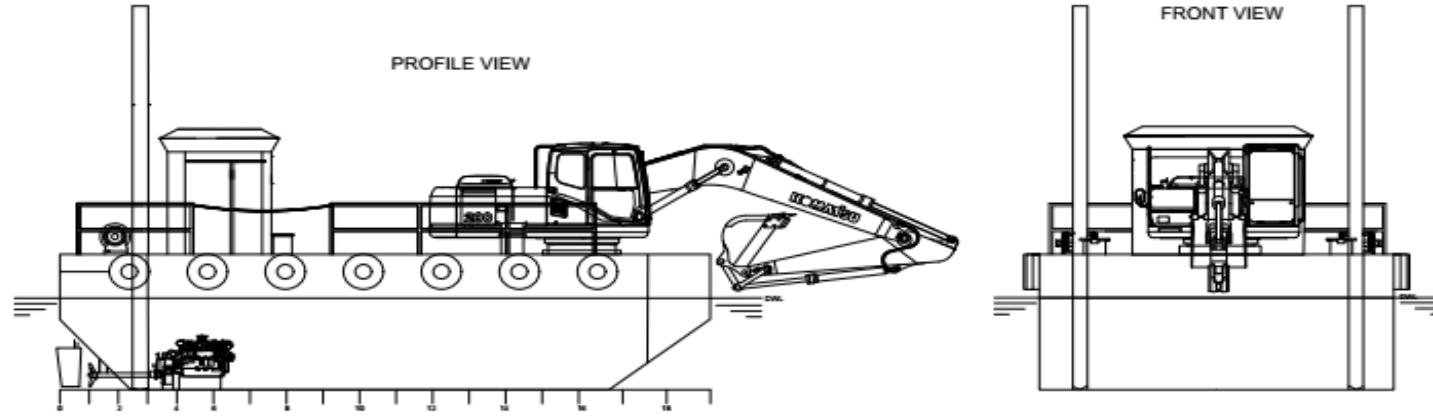


NAVIGATION ROOM

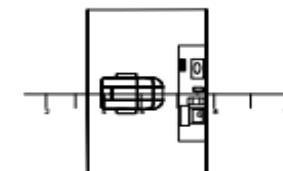


PRINCIPAL DIMENSIONS	
LENGTH OVER ALL (LOA)	11.83 m
LENGTH WATER LINE (Lwl)	11.38 m
BREADTH (B)	7.00 m
HEIGHT (H)	3.38 m
DRAUGHT (T)	1.00 m
BLOCK COEFFICIENT (Cb)	0.691

	DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE AND SHIPBUILDING ENGINEERING FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY INSTITUTE TRANSDISCIPLINARY SUSTAINABLE STRATEGIES
AMPHIBIOUS DREDGER	
GENERAL ARRANGEMENT	
SCALE: 1:100	SIGNATURE: MR# 01000000
DRAWN BY: Name: <u>Naresh Kumar Malvi</u>	NOTE(S):
CHECKED BY: Name: <u>Naresh Kumar Malvi</u>	A 3
APPROVED BY: Name: <u>Naresh Kumar Malvi</u>	



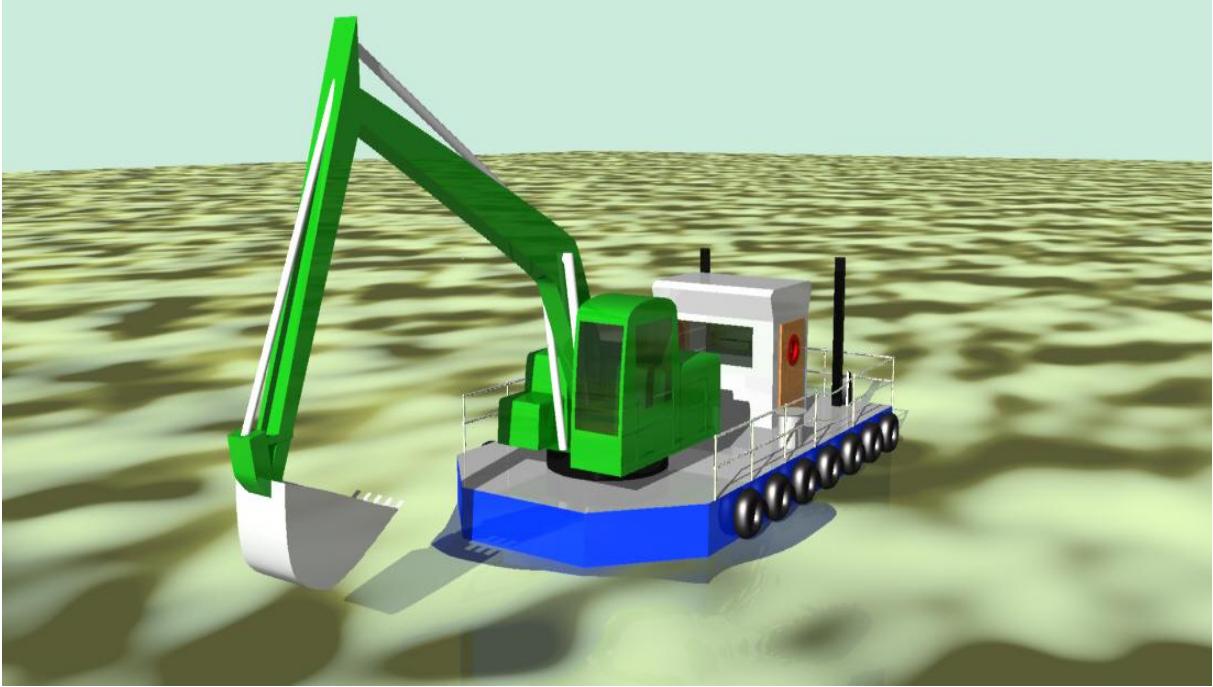
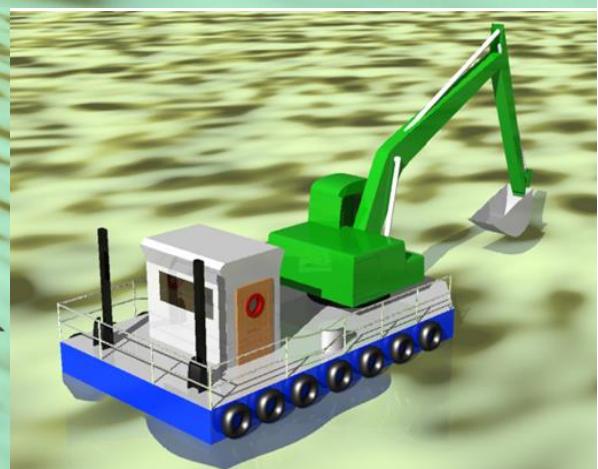
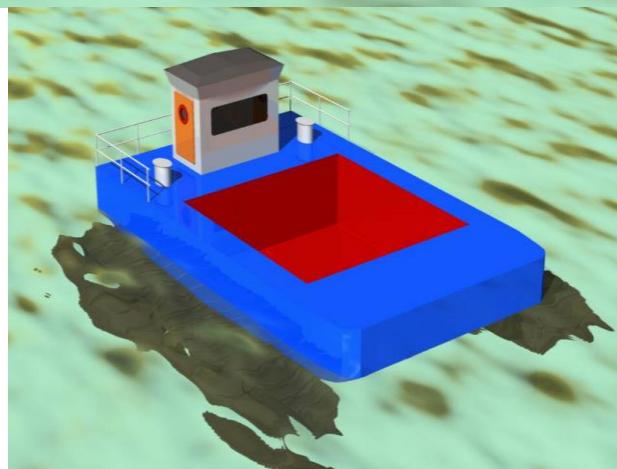
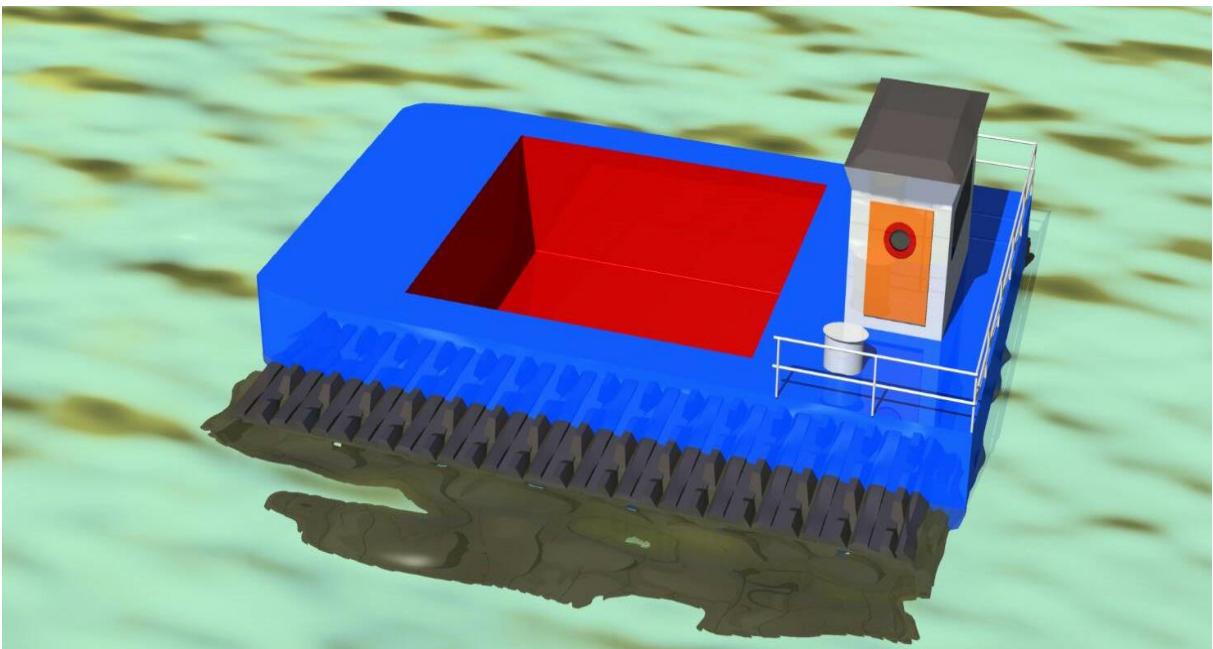
NAVIGATION ROOM



PRINCIPAL DIMENSIONS	
LENGTH OVER ALL (LOA)	8.9 m
LENGTH WATER LINE (Lwl)	8.53 m
BREADTH (B)	4.85 m
HEIGHT (H)	2.12 m
DRAUGHT (T)	1.44 m
BLOCK COEFFICIENT (Cb)	0.897

	DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE AND SHIPBUILDING ENGINEERING FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY INSTITUTE TECHNOLOGIES PELUHN NEPENGERIKAAYA	
AMPHIBIOUS DREDGER		
LINES PLAN		
SCALE: 1:100	SIGNATURE	MRP: 0714488882
DRAWN BY: Maha Chaitanya Raju	DATE: 01/08/2023	A 3
CHECKED BY: Dr. Henry Della Komaradu, M. Sc		
APPROVED BY: Dr. Henry Della Komaradu, M. Sc		

LAMPIRAN E
MODEL 3 DIMENSI



BIODATA PENULIS



Aufa Dzulfikar Majid, itulah nama lengkap penulis. Dilahirkan di Klaten, 10 Mei 1996, Penulis merupakan anak pertama dalam keluarga. Penulis menempuh pendidikan formal tingkat dasar pada TK Aisyah ABA III, kemudian melanjutkan ke SDN 4 Bareng Lor, SMPN 2 Klaten dan SMAN 1 Klaten. Setelah lulus SMA, Penulis diterima di Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS pada tahun 2014 melalui jalur SNMPTN.

Di Departemen Teknik Perkapalan Penulis mengambil Bidang Studi Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal. Selama masa studi di ITS, selain kuliah Penulis juga pernah menjadi *staff* DPM FTK ITS 2015/2016 serta *staff* ahli Departemen Dalam Negeri BEM FTK ITS 2016/2017. Selain itu, Penulis juga aktif di HMI Komisariat Perkapalan Sepuluh Nopember.

Email: aufadzulfikarmajid@gmail.com