



TUGAS AKHIR - MN 184802

**DESAIN *WORKBOAT* SEBAGAI SARANA PENUNJANG
KEGIATAN OPERASI LAMONGAN OIL TANK TERMINAL
(LOTT)**

**Muhammad Rizqi Putra Akbar
NRP 041116100015**

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

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



TUGAS AKHIR - MN 184802

**DESAIN *WORKBOAT* SEBAGAI SARANA PENUNJANG
KEGIATAN OPERASI LAMONGAN OIL TANK TERMINAL
(LOTT)**

**Muhammad Rizqi Putra Akbar
NRP 0411164000015**

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

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



FINAL PROJECT - MN 184802

**DESIGN WORKBOAT TO SUPPORT OPERATIONAL IN
LAMONGAN OIL TANK TERMINAL (LOTT)**

**Muhammad Rizqi Putra Akbar
NRP 0411164000015**

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

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

LEMBAR PENGESAHAN

DESAIN *WORKBOAT* SEBAGAI SARANA PENUNJANG KEGIATAN OPERASI LAMONGAN OIL TANK TERMINAL (LOTT)

TUGAS AKHIR


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

Oleh:

MUHAMMAD RIZQI PUTRA AKBAR
NRP 0411164000015

Disetujui oleh:

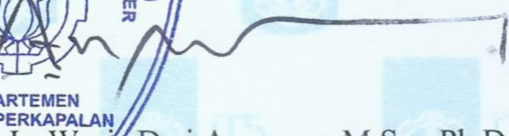
Dosen Pembimbing


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

Mengetahui,

Kepala Departemen Teknik Perkapalan




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

SURABAYA, 21 JANUARI 2020

LEMBAR REVISI

DESAIN *WORKBOAT* SEBAGAI SARANA PENUNJANG KEGIATAN OPERASI LAMONGAN OIL TANK TERMINAL (LOTT)

TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir
Tanggal 7 Januari 2020

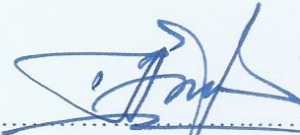
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

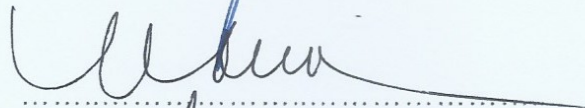
MUHAMMAD RIZQI PUTRA AKBAR
NRP 0411164000015

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

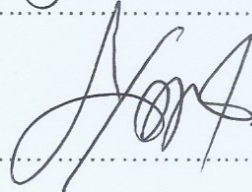
1. Totok Yulianto, S.T., M.T.



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

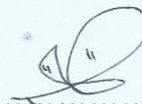


3. Danu Utama, S.T., M.T.



Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Hasanudin, S.T., M.T.



SURABAYA, 21 JANUARI 2020

Dipersembahkan kepada kedua orang tua atas segala dukungan dan doanya

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas karunianya Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Pada kesempatan ini Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu penyelesaian Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Bapak Hasanudin, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan dan motivasinya selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D. selaku Kepala Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS.
3. Bapak Totok Yulianto, S.T., M.T., Bapak Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng., dan Bapak Danu Utama, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji Sidang Tugas Akhir yang telah memberikan kritikan serta masukan kepada Penulis.
4. Pak Agus Heru selaku Kepala Bagian Teknik Pelindo III yang telah membantu dalam memberikan informasi kepada Penulis.
5. Bapak dan Ibu serta keluarga Penulis yang telah memberikan dukungan, motivasi, dan semangat dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
6. Teman-teman seperjuangan bimbingan Tugas Akhir yaitu Mas Fathan, Mas Edo, Mas Rozak, Galy, Faldy, Julio, Ageng, Elisa yang selalu kooperatif selama bimbingan Tugas Akhir.
7. Teman-teman P56 Ironclad dan Kontrakan Bomber yang senantiasa membantu bertukar pikiran dengan Penulis.

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

Surabaya, 21 Januari 2020

Muhammad Rizqi Putra Akbar

DESAIN *WORKBOAT* SEBAGAI SARANA PENUNJANG KEGIATAN OPERASI LAMONGAN OIL TANK TERMINAL (LOTT)

Nama Mahasiswa : Muhammad Rizqi Putra Akbar
NRP : 0411164000015
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : Hasanudin, S.T., M.T.

ABSTRAK

Sebagai pelabuhan khusus penyimpanan bahan kimia cair dan bahan bakar minyak yang baru dibangun, Lamongan Oil Tank Terminal (LOTT) membutuhkan kapal yang dapat digunakan untuk membantu kegiatan operasionalnya. Kegiatan operasional yang dibutuhkan yaitu berupa pemanduan, penanganan tumpahan minyak, dan penanganan kebakaran sehingga diperlukan kapal yang terkait dengan kebutuhan tersebut. Dikarenakan banyaknya kebutuhan kapal untuk membantu kegiatan operasional dan untuk menekan biaya operasi, maka dibuat *workboat* yang memiliki berbagai kemampuan yang dibutuhkan yaitu dapat sebagai *pilotboat* (kapal pandu), *oil spill recovery boat* (kapal penanggulangan tumpahan minyak) maupun *fireboat* (kapal pemadam kebakaran). Tujuan penulisan tugas akhir ini adalah untuk melakukan analisis terhadap *operational requirement*, menentukan ukuran utama kapal, melakukan analisa teknis, menggambar *lines plan*, *general arrangement*, dan 3D kapal dan juga melakukan analisis biaya pembangunan kapal. *Payload workboat* ini digunakan yang terbesar diantara kegunaan yang dijalani. Sebagai *pilotboat payload* yang digunakan yaitu berupa ahli pandu, petugas bea cukai dan syahbandar. Sebagai *oil recovery boat* yaitu *oil boom*, *oil rel*, *oil skimmer*, *temporary storage tank*, *oil spill dispersant* serta *oil sorbent*. Dan sebagai *fireboat* yaitu pompa dan *fire fighting nozzle*. Dari analisis yang telah dilakukan, didapatkan *payload* terbesar pada saat kapal melakukan pembersihan tumpahan minyak yaitu sebesar 4,689 ton. Secara teknis perhitungan lambung timbul dan *trim* menggunakan acuan *Non-Convention Vessel Standard (NCVS)* serta perhitungan stabilitas menggunakan acuan *High Speed Craft (HSC) 2000 Code* dan *IMO A.749 (18) Code on Intact Stability*. Didapatkan analisa teknis yang telah dilakukan telah memenuhi standar yang ditentukan sehingga diperoleh ukuran utama yaitu Lpp 12 m, lebar 4 m, tinggi 2,1 m, dan sarat 0,7 m. Secara ekonomis, pembangunan kapal ini membutuhkan dana sekitar Rp 1.067.774.400. Harapannya kapal ini menjadi solusi sarana ketersediaan kapal untuk membantu kegiatan operasi pada Lamongan Oil Tank Terminal (LOTT).

Kata kunci : *fireboat*, *oil spill recovery boat*, *pilotboat*, *workboat*.

DESIGN WORKBOAT TO SUPPORT OPERATIONAL IN LAMONGAN OIL TANK TERMINAL (LOTT)

Author : Muhammad Rizqi Putra Akbar
Student Number : 0411164000015
Department / Faculty : Naval Architecture / Marine Technology
Supervisor : Hasanudin, S.T., M.T.

ABSTRACT

As a new special port for storing liquid fuels, Lamongan Oil Tank Terminal (LOTT) requires ships that can be used to assist its operations. Operational activities which required are scouting, oil spills handling, and fire handling. Due to the number of needs and costs for operations, then a workboat is created that has various capabilities needed, which can be as a pilotboat, oil spill recovery boat and fireboat. The purpose of writing final project are to conduct an analysis of operational requirements, determine main size of the ship, conduct technical analysis, draw lines plans, general arrangements, 3D and also analysis of ship building costs. Payload of workboat use the biggest among its capabilities. As a pilotboat the payload used are scout experts, custom officers, and port officers. As oil recovery vessels the payload used are oil booms, oil rails, oil skimmer, oil spill dispersant and oil sorbent. And as a fireboat the payload used are pump and firefighting nozzle. From the analysis, the biggest payload of 4.689 tons was obtained when ship cleans up oil spill. Technically the calculation of freeboard and trim use a Non Convention Vessel Standard (NCVS) reference and stability calculation use a High Speed Craft (HSC) 2000 Code and IMO A.749 (18) Code on Intact Stability reference. Technical analysis has been carried out met the specified standards so the main dimension can be obtained Lpp 12 m, width 4 m, height 2.1 m, and draught 0.7 m. Economically, the construction of this boat requires funds around Rp 1,067,774,400. Hopefully, this boat will be a solution for the vessels to assist operations in the Lamongan Oil Tank Terminal (LOTT).

Key word : *fireboat, oil spill recovery boat, pilotboat, workboat.*

DAFTAR ISI

LEMBAR REVISI.....	vii
KATA PENGANTAR.....	xi
ABSTRAK.....	xiii
ABSTRACT	xv
DAFTAR ISI	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xxi
DAFTAR TABEL	xxiii
DAFTAR SIMBOL	xxv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Manfaat	3
1.6. Hipotesis	3
BAB 2 STUDI LITERATUR.....	5
2.1. Dasar Teori	5
2.1.1. Tahapan Desain Kapal	5
2.1.2. Metode Desain Kapal.....	7
2.1.3. Lambung Kapal.....	8
2.1.4. Ukuran Utama Kapal	8
2.1.5. Perhitungan Hambatan.....	9
2.1.6. Propulsi Kapal.....	11
2.1.7. Berat dan Titik Berat Kapal	12
2.1.8. Perhitungan <i>Freeboard</i>	12
2.1.9. Perhitungan Trim	15
2.1.10. Perhitungan Stabilitas	15
2.2. Tinjauan Pustaka.....	17
2.2.1. <i>Workboat</i>	17
2.2.2. Pelayanan Kapal di Pelabuhan.....	20
2.2.3. Tumpahan Minyak	21
2.2.4. Penanganan Tumpahan Minyak.....	21
2.2.5. Kebakaran	22
2.2.6. Penanganan Kebakaran	22
2.3. Tinjauan Wilayah.....	23
BAB 3 METODOLOGI	25
3.1. Bagan Alir.....	25
3.2. Tahap Pengerjaan.....	26
3.2.1. Tahap Identifikasi Masalah.....	26
3.2.2. Tahap Studi Literatur	26
3.2.3. Tahap Pengumpulan Data	27
3.2.4. Tahap Pengolahan Data	27
3.2.5. Tahap Perencanaan	27

3.2.6.	Tahap Perhitungan Biaya	28
3.2.7.	Kesimpulan dan Saran.....	28
BAB 4	ANALISIS TEKNIS	29
4.1.	Umum.....	29
4.2.	Penentuan <i>Operational Requirement</i>	29
4.2.1.	Tugas dan Fungsi	29
4.2.2.	Penentuan <i>Payload</i>	30
4.2.3.	Wilayah Operasional	35
4.2.4.	Penentuan Kecepatan	36
4.3.	Penentuan Ukuran Utama Awal.....	36
4.4.	Pemeriksaan Ukuran Utama Kapal	38
4.5.	Perhitungan Koefisien dan Hambatan Kapal	39
4.5.1.	Perhitungan <i>Froude Number</i>	39
4.5.2.	Perhitungan Koefisien Bentuk Kapal	39
4.5.3.	Perhitungan Hambatan Kapal.....	40
4.6.	Perhitungan Propulsi dan Pemilihan Mesin	41
4.6.1.	Perhitungan Daya <i>Main Engine</i>	41
4.6.2.	Perhitungan Daya <i>Auxiliary Engine</i>	42
4.7.	Perhitungan Berat dan Titik Berat Kapal	44
4.7.1.	Perhitungan Berat dan Titik Berat DWT.....	44
4.7.2.	Perhitungan Berat dan Titik Berat LWT	45
4.7.3.	Pengecekan Margin	46
4.8.	Perhitungan <i>Freeboard</i>	46
4.8.1.	Perhitungan Lambung Timbul Awal (Fb_1) untuk kapal Tipe B.....	47
4.8.2.	Koreksi Koefisien Blok (C_B).....	47
4.8.3.	Koreksi Tinggi (D).....	47
4.8.4.	Koreksi Bangunan Atas dan <i>Trunk</i>	48
4.8.5.	Koreksi <i>Sheer</i>	48
4.8.6.	Lambung Timbul Minimum.....	48
4.8.7.	Pengecekan Lambung Timbul.....	49
4.9.	Perhitungan <i>Trim</i>	49
4.10.	Perhitungan Stabilitas	50
BAB 5	DESAIN <i>WORKBOAT</i>	55
5.1.	Desain <i>Lines Plan</i>	55
5.1.1.	Bentuk <i>Midship Section</i>	55
5.1.2.	Bentuk Haluan.....	55
5.1.3.	Bentuk Transom Kapal.....	56
5.1.4.	Pembuatan <i>Lines Plan</i>	57
5.2.	Desain <i>General Arrangement</i>	59
5.2.1.	Penentuan Sekat	59
5.2.2.	<i>Side View</i>	60
5.2.3.	<i>Main Deck</i>	62
5.2.4.	<i>Lower Deck</i>	64
5.3.	Desain 3D.....	65
BAB 6	PERHITUNGAN BIAYA PEMBANGUNAN KAPAL.....	67
BAB 7	KESIMPULAN DAN SARAN	71
7.1.	Kesimpulan	71
7.2.	Saran.....	72
DAFTAR PUSTAKA	73

LAMPIRAN

LAMPIRAN A Perhitungan Teknis dan Ekonomis

LAMPIRAN B Desain *Lines Plan*

LAMPIRAN C Desain *General Arrangement*

LAMPIRAN D Desain 3D

LAMPIRAN E Katalog

BIODATA PENULIS

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Ship Design Spiral</i>	5
Gambar 2.2 <i>Nomogram for Equilibrium</i>	10
Gambar 2.3 Sudut <i>Deadrise</i>	10
Gambar 2.4 Ilustrasi Jenis Stabilitas Positif (Stabil)	15
Gambar 2.5 Ilustrasi Jenis Stabilitas Netral.....	16
Gambar 2.6 Ilustrasi Jenis Stabilitas Negatif (Labil)	16
Gambar 2.7 <i>Workboat</i>	17
Gambar 2.8 <i>Pilotboat</i>	18
Gambar 2.9 <i>Fireboat</i>	18
Gambar 2.10 <i>Oil Recovery Boat</i>	19
Gambar 2.11 Pelayanan Kapal di Pelabuhan.....	20
Gambar 2.12 Tinjauan Wilayah Pelabuhan Khusus Lamongan Oil Tank Terminal (LOTT) ..	24
Gambar 3.1 Diagram Alir Penyusunan Tugas Akhir	26
Gambar 4.1 Wilayah <i>Operational Workboat</i>	35
Gambar 4.2 Jarak <i>Base</i> ke Dermaga.....	36
Gambar 4.3 Kapal Acuan	37
Gambar 4.4 Kotak Dialog <i>Section Calculation</i>	50
Gambar 4.5 Perencanaan Tangki pada <i>Maxsurf Stability</i>	50
Gambar 4.6 Grafik Stabilitas pada <i>Loadcase 1</i>	52
Gambar 4.7 Grafik Stabilitas pada <i>Loadcase 2</i>	52
Gambar 4.8 Grafik Stabilitas pada <i>Loadcase 3</i>	53
Gambar 5.1 Bentuk <i>Midship Section Workboat</i>	55
Gambar 5.2 <i>Angel of Enterance Workboat</i>	56
Gambar 5.3 Bentuk <i>Transom Workboat</i>	56
Gambar 5.4 Penentuan <i>Frame of Reference</i> dan <i>Zero Point</i>	57
Gambar 5.5 Pengaturan <i>Design Grid</i>	58
Gambar 5.6 Data Hidrostatik.....	58
Gambar 5.7 Rencana Garis <i>Workboat</i>	59
Gambar 5.8 <i>Side View Workboat</i> Sebagai Pandu	60
Gambar 5.9 <i>Side View Workboat</i> untuk Melokalisasi Tumpahan Minyak.....	61
Gambar 5.10 <i>Side View Workboat</i> untuk Membersihkan Tumpahan Minyak	61
Gambar 5.11 <i>Side View Workboat</i> Sebagai Pemadam Kebakaran	61
Gambar 5.12 <i>Main Deck View Workboat</i> Sebagai Pandu	63
Gambar 5.13 <i>Main Deck View Workboat</i> untuk Melokalisasi Tumpahan Minyak.....	63
Gambar 5.14 <i>Main Deck View Workboat</i> untuk Membersihkan Tumpahan Minyak	63
Gambar 5.15 <i>Side View Workboat</i> untuk Pemadam Kebakaran	64
Gambar 5.16 <i>Lower Deck View Workboat</i>	64
Gambar 5.17 Pemodelan 3D <i>Workboat</i> Sebagai Pandu	65
Gambar 5.18 Pemodelan 3D <i>Workboat</i> untuk Melokalisasi Tumpahan Minyak.....	65
Gambar 5.19 Pemodelan 3D <i>Workboat</i> untuk Membersihkan Tumpahan Minyak	66
Gambar 5.20 Pemodelan 3D <i>Workboat</i> Sebagai Pemadam Kebakaran	66

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 NFPA <i>Classes for Fireboats</i>	19
Tabel 2.2 Jarak Aman Penanganan Kebakaran	23
Tabel 2.3 Fasilitas Utama di Pelabuhan Khusus LOTT	23
Tabel 2.4 Dermaga pada Pelabuhan Khusus LOTT	23
Tabel 4.1 Perhitungan <i>Payload Oil Boom</i>	31
Tabel 4.2 Perhitungan <i>Payload Oil Rel</i>	31
Tabel 4.3 Perhitungan <i>Payload Oil Spill Dispersant</i>	32
Tabel 4.4 Perhitungan <i>Payload Oil Sorbent</i>	32
Tabel 4.5 Spesifikasi <i>Payload Oil Skimmer</i>	33
Tabel 4.6 Perhitungan Jumlah <i>Temporary Storage Tank</i>	33
Tabel 4.7 Perhitungan <i>Payload Temporary Storage Tank</i>	33
Tabel 4.8 Spesifikasi Pompa dan <i>Nozzle</i>	34
Tabel 4.9 Penentuan <i>Payload</i>	35
Tabel 4.10 Data Ukuran Utama Kapal Pembanding	37
Tabel 4.11 Pemeriksaan Ukuran Utama <i>Workboat</i>	38
Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Koefisien Bentuk Kapal	39
Tabel 4.13 Rekapitulasi Perhitungan EHP	41
Tabel 4.14 Spesifikasi <i>Main Engine</i>	42
Tabel 4.15 Daftar Komponen Kelistrikan di Kapal	43
Tabel 4.16 Spesifikasi <i>Auxiliary Engine</i>	44
Tabel 4.17 Rekapitulasi Perhitungan DWT	45
Tabel 4.18 Rekapitulasi Perhitungan LWT	46
Tabel 4.19 Pemeriksaan <i>Margin Displacement</i>	46
Tabel 4.20 Rekapitulasi <i>Trim</i>	49
Tabel 4.21 Rekapitulasi Perhitungan Stabilitas	53
Tabel 6.1 Perhitungan <i>Material Cost</i>	67
Tabel 6.2 Perhitungan <i>Labour Cost</i>	68
Tabel 6.3 Perhitungan <i>Overhead Cost</i>	68
Tabel 6.4 Total Biaya Pembangunan Kapal	69

DAFTAR SIMBOL

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

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Indonesia secara geografis terletak diantara dua samudra yaitu Samudra Pasifik dan Samudra Hindia, dan menghubungkan benua Asia dan benua Australia. Indonesia memiliki lebih dari 17 ribu pulau, dengan garis pantai lebih dari 99.000 km, sehingga menjadikan Indonesia sebagai negara dengan garis pantai terpanjang ke dua di dunia setelah Kanada. Indonesia memiliki wilayah laut yang sangat luas, dimana 2/3 dari wilayah negara ini adalah laut. Sebagian besar wilayah Indonesia yang berupa laut, menjadikan Indonesia sebagai salah satu negara yang memiliki potensi besar di bidang kelautan. (Nurhanisah, 2019)

Besarnya potensi kekayaan laut Indonesia, harus dimanfaatkan untuk menjadikan Indonesia sebagai poros maritim dunia. Dalam memenuhi tujuan Indonesia sebagai poros maritim dunia, maka pemerintah mulai meningkatkan pemberdayaan potensi laut di Indonesia. Salah satu program pemerintah untuk mendukung pemberdayaan potensi laut Indonesia adalah dengan meningkatkan cadangan minyak nasional dari 17 hari menjadi 30 hari. Untuk merealisasikan program ini, maka pemerintah membangun infrastruktur yang mendukung salah satunya yaitu pembangunan Lamongan Oil Tank Terminal (LOTT). LOTT merupakan pelabuhan khusus yang digunakan sebagai tempat penyimpanan bahan kimia cair dan bahan bakar hasil olahan minyak bumi. Selain itu LOTT dibangun dengan tujuan untuk merespons meningkatnya permintaan fasilitas untuk mendukung kegiatan bisnis bahan kimia cair dan bahan bakar dari pihak industri dengan lokasi yang strategis di Jawa Timur. (Manaf, 2017)

Sebagai pelabuhan yang berfungsi untuk tempat keluar masuknya kapal yang akan bongkar muatan, LOTT membutuhkan kapal yang dapat digunakan untuk membantu kegiatan operasionalnya agar kegiatan bongkar muatan dapat dilakukan dengan baik dan lancar. Salah satu kegiatan operasional pelabuhan adalah jasa pandu. Jasa pandu merupakan pemanduan kapal saat memasuki alur pelayaran menuju dermaga atau kolam pelabuhan untuk menjaga keselamatan kapal, penumpang dan muatannya ketika memasuki alur pelabuhan. Untuk kegiatan jasa pandu ini tentunya diperlukan kapal pandu yang berfungsi untuk mengantarkan ahli pandu menuju kapal yang akan dipandu menuju ke dermaga.

Selain itu, sebagai pelabuhan khusus penyimpanan bahan kimia cair dan bahan bakar minyak, maka pada LOTT terdapat juga kegiatan operasional lain mengingat bongkar muatan dari kapal menuju ke tangki penyimpanan merupakan kegiatan yang sering dilakukan. Dalam pendistribusian muatan dari kapal menuju ke tangki penyimpanan terdapat resiko yang dapat terjadi salah satunya adalah resiko kebocoran. Kebocoran pendistribusian muatan baik yang diakibatkan secara teknis maupun non teknis dapat menyebabkan tumpahan minyak yang dapat mencemari lautan. Sehingga untuk mengatasi terjadinya tumpahan minyak dibutuhkan kapal yang dapat menanggulangi tumpahan minyak. Selain itu, bongkar muatan berupa bahan kimia dan bahan bakar dapat juga terjadi resiko kebakaran baik yang diakibatkan oleh kesalahan prosedur maupun teknis. Sehingga dibutuhkan juga kapal yang dapat menanggulangi terjadinya kebakaran.

Dikarenakan banyaknya kebutuhan kapal untuk membantu kegiatan operasional di LOTT dan untuk menekan biaya operasi, maka dibuat *workboat* yang memiliki berbagai kemampuan yang dibutuhkan yaitu dapat sebagai *pilotboat* (kapal pandu), *oil spill recovery boat* (kapal penanggulangan tumpahan minyak) maupun *fireboat* (kapal pemadam kebakaran).

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah dijelaskan, maka permasalahan yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini adalah:

1. Bagaimana menentukan *operational requirement* pada *Workboat*?
2. Bagaimana menentukan ukuran utama *Workboat*?
3. Bagaimana melakukan analisa teknis pada *Workboat*?
4. Bagaimana menentukan desain Rencana Garis, Rencana Umum dan Desain Tiga Dimensi *Workboat*?
5. Bagaimana analisis biaya pembangunan dari *Workboat*?

1.3. Tujuan

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan *operational requirement* pada *Workboat*.
2. Menentukan ukuran utama *Workboat*.
3. Melakukan analisa teknis pada *Workboat*.
4. Menentukan desain Rencana Garis, Rencana Umum dan Desain Tiga Dimensi *Workboat*.
5. Menganalisis biaya pembangunan dari *Workboat*.

1.4. Batasan Masalah

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini batasan masalah yang ditentukan sebagai berikut:

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

1.5. Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari Tugas Akhir kali ini adalah sebagai berikut :

1. Secara akademis, diharapkan hasil pengerjaan Tugas Akhir ini dapat menunjang proses belajar dan mengajar serta turut memajukan pendidikan yang ada di Indonesia.
2. Secara Praktek, diharapkan hasil pengerjaan Tugas Akhir ini dapat menjadi referensi sarana untuk membantu operasi pada Lamongan Oil Tank Terminal (LOTT)

1.6. Hipotesis

Dari Tugas Akhir ini akan didapatkan desain *workboat* sehingga menjadi solusi sarana ketersediaan kapal untuk membantu kegiatan operasi pada Lamongan Oil Tank Terminal (LOTT).

Halaman ini sengaja dikosongkan

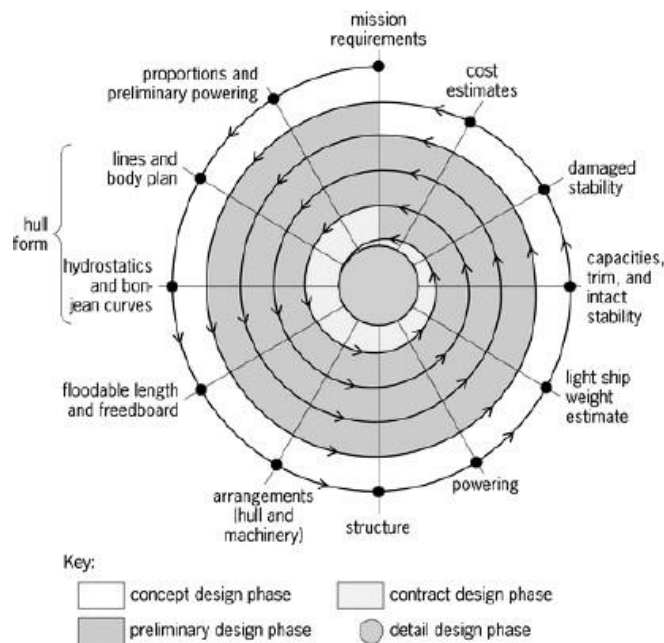
BAB 2 STUDI LITERATUR

2.1. Dasar Teori

Dasar teori dan tinjauan pustaka dari Tugas Akhir ini dijelaskan pada Bab 2. Dasar teori menjelaskan tentang uraian singkat landasan teori yang memiliki hubungan secara langsung dan digunakan untuk memecahkan permasalahan dalam Tugas Akhir ini.

2.1.1. Tahapan Desain Kapal

Tahapan desain yang dilakukan pada Tugas Akhir ini mengikuti prinsip umum proses *spiral design*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1



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

Proses perancangan *spiral design* adalah proses perancangan yang mana akan dilakukan pengulangan analisis jika ditemui kondisi beberapa aspek desain yang belum memenuhi persyaratan. Proses analisis ulang dilakukan hingga semua aspek desain dapat terpenuhi. Terdapat empat tahapan dalam *spiral design* ini, yaitu *concept design*, *preliminary design*, *contract design*, dan *detail design*. (Papanikolaou, 2014)

1. *Concept design*

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

2. *Preliminary Design*

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

3. *Contract Design*

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

4. *Detail Design*

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

2.1.2. Metode Desain Kapal

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

1. *Geosim Procedure*

Geosim Procedure merupakan metode penentuan ukuran utama yang digunakan ketika sebuah permintaan memiliki kesamaan geometris dengan kapal pembanding. Penentuan ukuran utama dilakukan berdasarkan koefisien perbandingan geometris ukuran utama (K). Data yang dibutuhkan untuk menggunakan metode ini adalah ukuran utama kapal seperti panjang kapal (L), lebar kapal (B), sarat kapal (T), dan tinggi kapal (H), dengan CD (*Coefficient Displacement*) dan CB (*Coefficient Block*) yang dihasilkan memiliki nilai yang serupa. (Jiwa dan Kurniawati, 2016)

2. *Trend Curve Approach*

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

3. *Optimization Design Approach*

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

2.1.3. Lambung Kapal

Lambung kapal merupakan salah satu bagian kapal yang berfungsi menyediakan daya apung utama, dimana daya apung tersebut dipengaruhi oleh bentuk lambung kapal. Lambung dirancang untuk memberikan karakteristik *performance* kapal sesuai dengan tujuan kapal. Secara umum, desain lambung dapat dibedakan menjadi 3, yaitu *displacement hull*, *semi displacement hull*, dan *planning hull*.

1. *Displacement Hull*

Displacement hull merupakan tipe lambung kapal yang memungkinkan kapal melaju dengan membelah air sehingga cocok digunakan oleh kapal yang berlayar di perairan berombak dan tenang. Kapal ini ditumpu oleh gaya hidrostatis dimana *displacement* kapal akan konstan. *Displacement hull* umumnya digunakan untuk kapal berbobot besar. Kapal dengan tipe lambung seperti ini memiliki *Froude Number* (F_n) $< 0,4$ (Faltinsen, 2005).

2. *Semi-displacement Hull*

Tipe *semi-displacement hull*, pada dasarnya memadukan stabilitas dari *displacement hull* dan kemampuan manuver dan kecepatan dari *planning hull*. Sehingga pada kecepatan tertentu, kapal akan mengalami sedikit perubahan displacement. Hal ini mengakibatkan kapal trim (sarat depan dan belakang kapal terdapat selisih). Kapal dengan tipe lambung seperti ini memiliki *Froude Number* yaitu $0,4 < F_n < 1,0$ (Faltinsen, 2005). Untuk *Froude Number* yang bernilai antara 0,5-0,7 menggunakan bentuk U, sedangkan untuk *Froude Number* di antara 0,8-0,9 menggunakan bentuk V (Van Oossanen, 2009).

3. *Planning Hull*

Planning hull adalah jenis lambung kapal yang memungkinkan kapal dapat melaju dengan cepat di permukaan air dimana terdapat perubahan sarat yang signifikan ketika kapal dalam keadaan diam dan kapal dalam keadaan bergerak. Tipe dengan lambung ini dapat ditandai dengan kondisi hampir seluruh berat kapal disangga oleh gaya angkat hidrodinamik. Kapal dengan tipe seperti ini memiliki $F_n > 1,0$ (Faltinsen, 2005).

2.1.4. Ukuran Utama Kapal

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

1. Loa (*Length Overall*)

Loa adalah panjang kapal keseluruhan yang diukur dari ujung buritan sampai ujung haluan.

2. *Lpp (Length Between Perpendiculars)*

Lpp adalah panjang antara kedua garis tegak buritan dan garis tegak haluan yang diukur pada garis air muat.

3. *Lwl (Length on the Waterline)*

Lwl adalah jarak mendatar antara kedua ujung garis muat, Lwl di ukur dari titik potong linggi haluan sampai titik potong linggi buritan dan kulit lambung diabaikan.

4. *H (Height/Depth)*

H adalah jarak tegak dari garis dasar sampai garis geladak terendah, ditepi diukur di tengah-tengah panjang kapal (Lpp).

5. *T (Draught/Draft)*

T adalah jarak tegak dari garis dasar sampai pada garis air muat.

6. *B (Breadth)*

B adalah jarak mendatar gading tengah kapal yang diukur pada bagaian luar gading (kulit lambung diabaikan).

2.1.5. Perhitungan Hambatan

Perhitungan hambatan total kapal dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh daya mesin yang dibutuhkan kapal. Perhitungan hambatan kapal jenis *planning hull*, umumnya menggunakan metode Savitsky. Tahap perhitungan hambatan dengan metode Savitsky adalah sebagai berikut:

1. *Cv (Koefisien kecepatan)*

Koefisien kecepatan diformulasikan oleh Savitsky, sebagai berikut:

$$Cv = V/\sqrt{(g \times b)} \tag{2.1}$$

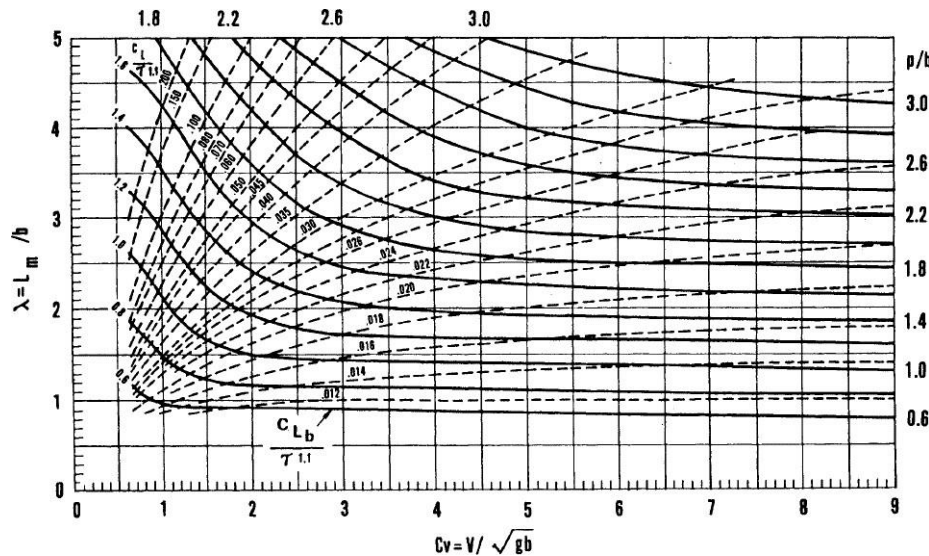
2. *Cl (Koefisien gaya angkat)*

Koefisien gaya angkat digunakan untuk menentukan besarnya sudut trim yang dihasilkan oleh gaya angkat (*lift*). Cl diformulasikan sebagai berikut:

$$Cl = \Delta / (\frac{\rho}{2} \times V^2 \times b^2) \tag{2.2}$$

3. τ (sudut trim)

Nilai τ diperoleh dengan mengplot nilai dengan λ nilai C_v pada Gambar 2.2 *nomogram for equilibrium*. Dari pembacaan grafik akan diperoleh nilai $Cl/\tau^{1.1}$ sehingga nilai τ dapat ditentukan.



Gambar 2.2 *Nomogram for Equilibrium*
(Sumber: Lewis, 1988)

4. R_n (Reynold Number)

Reynold number diformulasikan sebagai berikut:

$$R_n = Vx\lambda x(b/v) \tag{2.3}$$

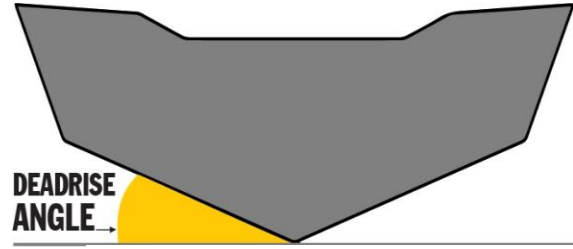
5. C_f (Koefisien gesek)

Koefisien gesek adalah komponen hambatan yang disebabkan oleh gesekan lambung kapal dengan air laut. C_f difprmulasikan sebagai berikut:

$$C_f = 1/(3,5\log R_n - 5,96)^2 \tag{2.4}$$

6. β (sudut *deadrise*)

Sudut *deadrise* adalah sudut kemiringan lambung kapal yang diukur dari *baseline*. Sudut *deadrise* ditunjukkan pada Gambar 2.3



Gambar 2.3 *Sudut Deadrise*

(Sumber: <http://www.weldcraftmarine.com/deadrise-defined/>)

Setelah semua komponen didapatkan, maka hambatan total dapat dikalkulasikan dengan formula Savitsky seperti di bawah ini. (Lewis dan Editor, 1988)

$$RT = \Delta \tan \tau + \frac{1}{2} \rho V^2 \lambda b^2 C_f / (\cos \tau \cos \beta) \quad (2.5)$$

Untuk keperluan praktis, RT ditambahkan dengan faktor daerah pelayaran (*sea margin*). Untuk daerah Asia Timur, nilai *sea margin* berkisar 15%-18%. (Endro W, 2014)

2.1.6. Propulsi Kapal

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

1. *Effective Horse Power* (EHP)

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

$$EHP = R_T \times v \quad (\text{kW}) \quad (2.6)$$

2. *Delivered Horse Power* (DHP)

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

$$DHP = \frac{EHP}{\eta_D} \quad (\text{kW}) \quad (2.7)$$

3. *Shaft Horse Power* (SHP)

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

$$SHP = \frac{DHP}{\eta_S \cdot \eta_B} \quad (\text{kW}) \quad (2.8)$$

4. Break Horse Power (BHP)

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

$$BHP = \frac{SHP}{\eta G} \quad (\text{kW}) \quad (2.9)$$

5. Maximum Continues Rates (MCR)

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

2.1.7. Berat dan Titik Berat Kapal

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

1. LWT (*Lightweight Tonnage*)

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

2. DWT (*Deadweight Tonnage*)

DWT adalah berat muatan maksimum yang dapat dimuat kapal. DWT terdiri dari *payload* atau muatan bersih, *consumable* dan *crew*. *Payload* pada *workboat* adalah ahli pandu, komponen peralatan penanggulangan minyak dan pemadam kebakaran.

3. Titik Berat

Perhitungan jarak titik berat kapal dibagi menjadi dua macam, yaitu jarak titik berat secara memanjang (*longitudinal center of gravity* / LCG) untuk mengetahui dimana letak titik berat secara memanjang, yang pada umumnya menjadikan titik AP atau *midship* titik acuannya, dan jarak titik berat secara vertikal (*vertical center of gravity* / VCG) guna mengetahui letak titik berat secara vertikal, yang pada umumnya menjadikan dasar lunas (*keel*) sebagai titik acuan untuk mengukur VCG (Ginting, 2019).

2.1.8. Perhitungan *Freeboard*

Freeboard atau lambung timbul adalah jarak vertikal yang diukur pada tengah kapal dari sarat air hingga sisi atas garis geladak lambung timbul. Geladak lambung timbul adalah geladak teratas yang menyeluruh dan terbuka secara langsung (*exposed deck*) terhadap cuaca

dan air laut dan mempunyai cara penutupan yang tetap dan kedap cuaca untuk bukaan-bukaan di atas geladak dan kedap air untuk bukaan-bukaan dibawah geladak (Kementerian Perhubungan, 2009).

Formula Perhitungan Lambung Timbul menggunakan *Non-Convention Vessel Standard* (NCVS)

1. Tipe Kapal

Sebelum menghitung tinggi *freeboard*, terlebih dahulu didefinisikan tipe kapal yang akan didesain yaitu sebagai berikut:

a. Kapal Tipe A

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

b. Kapal Tipe B:

- Kapal yang tidak memenuhi persyaratan pada kapal tipe A.

2. Lambung Timbul Awal (Fb_1)

a. Lambung Timbul Awal (Fb_1) untuk kapal tipe A

$$Fb_1 = 0,5 L \text{ cm, untuk } L \text{ sampai dengan } 50 \text{ m} \tag{2.10}$$

$$Fb_1 = 0,8 (L/10) \times 2 + L/10 \text{ cm, untuk } L \text{ lebih dari } 50 \text{ m} \tag{2.11}$$

dimana, L adalah panjang kapal dalam meter

b. Lambung Timbul Awal (Fb_1) untuk kapal tipe B

$$Fb = 0,8 L \text{ cm, untuk } L \text{ sampai dengan } 50 \text{ m} \tag{2.12}$$

$$Fb = (L/10) \times 2 + L/10 \text{ cm, untuk } L \text{ lebih dari } 50 \text{ m} \tag{2.13}$$

dimana, L adalah panjang kapal dalam meter

3. Koreksi Koefisien Blok (C_B)

Apabila C_B lebih besar dari 0,68 maka Fb_1 harus dikali dengan faktor:

$$\frac{0,68 + C_B}{1,36} \tag{2.14}$$

4. Koreksi Dalam (D)

a. Apabila D lebih besar dari seperlimabelas panjang kapal ($L/15$), lambung timbul ditambah dengan:

$$20 (D - L/15) \text{ cm, untuk } L \text{ sampai dengan } 50 \text{ m} \quad (2.15)$$

$$(0,1 L + 15)(D - L/15) \text{ cm, untuk } L \text{ lebih dari } 50 \text{ m sampai dengan } 100 \text{ m} \quad (2.16)$$

$$25 (D - L/15) \text{ cm, untuk } L \text{ lebih dari } 100 \text{ m} \quad (2.17)$$

Dimana,

L adalah panjang kapal dalam meter

D adalah tinggi kapal dalam meter

b. Apabila D lebih kecil dari seperlimabelas panjang kapal ($L/15$), tidak ada koreksi terhadap lambung timbul.

5. Koreksi bangunan atas dan *trunk*

Apabila kapal memiliki bangunan atas dan *trunk* tertutup, lambung timbul dikurangi dengan:

$$\frac{50 \Sigma (ls \times hs)}{L} \text{ cm} \quad (2.18)$$

Dimana:

L adalah panjang kapal dalam meter

ls adalah jumlah panjang efektif bangunan atas dan *trunk* tertutup dalam meter

hs adalah tinggi standar bangunan atas dan *trunk* tertutup dalam meter

6. Koreksi *sheer* dihitung sebagai berikut:

$$B = 0,125 L \quad \text{cm} \quad (2.19)$$

$$A = 1/6[2,5(L+30)-100(Sf+Sa)(0,75-S/2L)] \quad \text{cm} \quad (2.20)$$

Koreksi *sheer* ditetapkan sebagai berikut:

a. A lebih besar dari 0, koreksi ditetapkan = A cm

b. A lebih besar dari 0, dan harga mutlak A lebih besar dari B, koreksi ditetapkan = -B cm

A lebih kecil dari 0, dan harga mutlak A lebih kecil dari B, koreksi ditetapkan = A cm

7. Lambung Timbul Minimum

Lambung Timbul minimum Air Laut (L) untuk kapal tipe B adalah lambung timbul setelah dikoreksi dengan penambahan atau pengurangan. Besarnya lambung timbul tidak boleh kurang dari 15 (lima belas) cm.

2.1.9. Perhitungan Trim

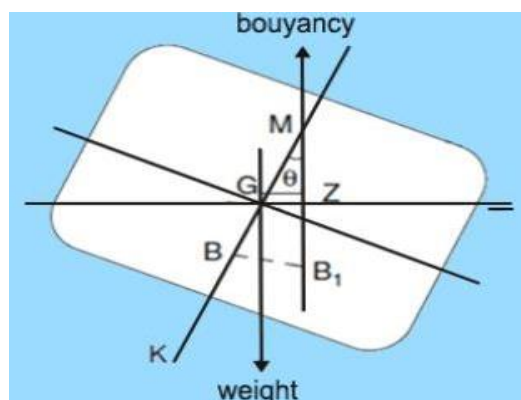
Trim adalah kemiringan kapal secara memanjang akibat perbedaan sarat depan dan sarat belakang kapal. Terjadi sebagai akibat dari tidak meratanya momen statis dari penyebaran gaya berat. *Trim* dibedakan menjadi dua, yaitu *trim* haluan dan *trim* buritan. *Trim* haluan terjadi apabila sarat haluan lebih tinggi daripada sarat buritan. Begitu juga sebaliknya untuk *trim* buritan. Perhitungan *trim* menggunakan aturan *Non-Convention Vessel Standard (NCVS) 2009 Chapter II*, yang mana batasan *trim*-nya adalah tidak melebihi 0,3 meter untuk ketentuan kapal yang memiliki bentuk hulan lancip dan buritan datar serta memiliki panjang L_{BP} kurang dari 45 meter.

2.1.10. Perhitungan Stabilitas

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

1. Stabil (stabilitas positif)

Suatu keadaan dimana titik G-nya berada di bawah titik M, sehingga sebuah kapal yang memiliki stabilitas yang baik sewaktu oleng dan memiliki kemampuan untuk menegak kembali. Ilustrasi stabilitas positif ditunjukkan seperti pada Gambar 2.4

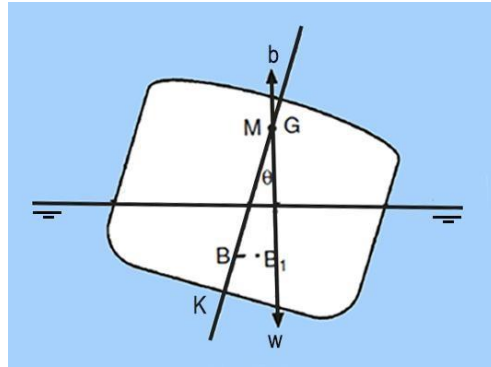


Gambar 2.4 Ilustrasi Jenis Stabilitas Positif (Stabil)

(Sumber: <https://www.marineinsight.com/naval-architecture/intact-stability-of-surface-ships/>, 2019)

2. Netral

Suatu keadaan stabilitas dimana titik G-nya berhimpit dengan titik M. Maka momen penegak kapal bernilai sama dengan nol, atau bahkan tidak memiliki kemampuan untuk menegak kembali sewaktu oleng. Ilustrasi stabilitas netral ditunjukkan seperti pada Gambar 2.5

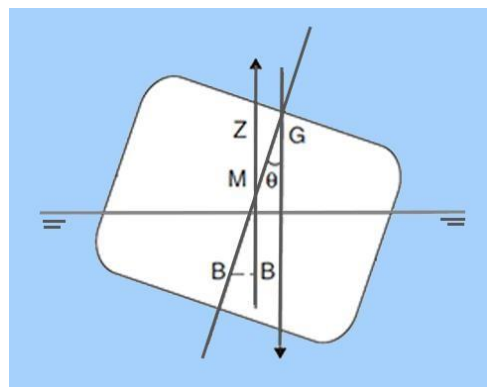


Gambar 2.5 Ilustrasi Jenis Stabilitas Netral

(Sumber: <https://www.marineinsight.com/naval-architecture/intact-stability-of-surface-ships/>, 2019)

3. Labil (stabilitas negatif)

Suatu keadaan stabilitas dimana titik G-nya berada di atas titik M, sehingga lengan GZ bernilai negatif ketika oleng yang mengakibatkan kapal bertambah oleng. Ilustrasi stabilitas negatif ditunjukkan seperti pada Gambar 2.6



Gambar 2.6 Ilustrasi Jenis Stabilitas Negatif (Labil)

(Sumber: <https://www.marineinsight.com/naval-architecture/intact-stability-of-surface-ships/>, 2019)

Dalam perhitungan stabilitas pada Tugas Akhir ini, digunakan *rules HSC 2000 Code*. Berdasarkan *Annex 8 Stability of Monohull Craft HSC 2000 Code*, terdapat 6 kriteria *intact stability*. Kriteria tersebut adalah:

1. Kriteria cuaca yang terkandung dalam paragraf 3.2 dari *Intact Stability Code* berlaku nilai tekanan angin P (N/m^2) yaitu $(500 \{V_w / 26\}^2)$, di mana V_w = kecepatan angin (m/s) yang sesuai dengan kondisi yang dimaksudkan terburuk.
2. Luas (A) dibawah kurva lengan pengembali (kurva GZ) sampai $\theta = 30^\circ$ tidak kurang dari 3,151 m.deg
3. Luas dibawah kurva antara $\theta = 30^\circ$ dan $\theta = 40^\circ$ tidak boleh kurang dari 1,719 m.deg

4. Maksimal GZ pada $\theta = 30^\circ$ atau lebih tidak boleh kurang dari 0,2 m
5. GZ maksimal harus terjadi pada sudut minimal 15°
6. Ketinggian metasenter (GM) tidak boleh kurang dari 0,150 m

Selain itu, untuk perhitungan stabilitas juga digunakan persyaratan dari IMO A.749 (18) *Code on Intact Stability* untuk mengetahui stabilitas kapal ketika terjadi *passenger crowding*. Kriteria *passenger crowding* menurut IMO A.749 (18) *Code on Intact Stability* adalah sudut equilibrium tidak boleh lebih besar dari 10° .

2.2. Tinjauan Pustaka

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

2.2.1. Workboat

Workboat adalah kapal yang dapat digunakan dengan tujuan umum yang dapat disesuaikan dengan pekerjaannya seperti *line handling*, *towing*, *oil spill recovery*, *etc* (Lloyd Register, 2016). Tujuan umum yang dimaksud antara lain dapat digunakan sebagai penunjang kegiatan operasional pada pelabuhan ataupun lepas pantai. Untuk menunjang kegiatan operasional pada pelabuhan, kapal kerja dapat digunakan untuk melakukan layanan umum dan menyediakan layanan bantuan berlabuh. Layanan umum pelabuhan meliputi transportasi kru, pemadaman kebakaran, dan pemeliharaan pelabuhan. Sementara untuk bantuan berlabuh mencakup pekerjaan antara lain *towing*, *pushing*, dan *line handling*. Untuk menunjang kegiatan lepas pantai, kapal kerja dapat berfungsi sebagai transportasi kru, pemeliharaan anjungan dan lain-lain. (Anne, 2014). Ilustrasi *workboat* ditunjukkan pada Gambar 2.7



Gambar 2.7 *Workboat*

(Sumber: <https://www.workboatsales.com/vessel/9-5m-harbor-harbour-workboat/>)

Berikut dijelaskan macam-macam jenis *workboat*:

1. *Pilotboat*

Pilotboat adalah kapal yang digunakan untuk melakukan layanan pemanduan (Lloyd Register, 2016). Layanan pemanduan yang dimaksud merupakan bagian dari fungsi

kenavigasian atau penunjang dalam keselamatan pelayaran kapal yang disebabkan oleh karakteristik khas dimiliki pelabuhan tersebut. Pemanduan adalah kegiatan dalam membantu, memberikan saran, informasi kepada nakoda tentang kondisi pelabuhan, perairan, dan alur pelayaran setempat yang penting agar navigasi pelayaran dapat dilaksanakan dengan selamat, tertib, dan lancar demi keselamatan kapal dan lingkungan (Hermansyah, 2017). Ilustrasi *pilotboat* ditunjukkan seperti pada Gambar 2.8



Gambar 2.8 *Pilotboat*

(Sumber: <https://www.metalsharkboats.com/pilot-boats/>)

2. *Fireboat*

Fireboat atau kapal pemadam adalah kapal khusus yang dilengkapi dengan pompa dan nozel yang dirancang untuk memadamkan api kebakaran pada bangunan yang terletak di garis pantai dan kebakaran pada kapal lain (Dishub, 2015). Nozel pada *fireboat* disebut juga *fire fighting monitor* yang merupakan *water jet* berkapasitas tinggi dan dapat dikendalikan untuk memadamkan kebakaran secara otomatis menggunakan remote maupun manual. Kapal pemadam kebakaran sangat efektif digunakan untuk memadamkan api untuk kapal di laut maupun dermaga ataupun bangunan di tepi pantai karena kapal pemadam kebakaran dapat langsung memadamkan api pada daerah tersebut. Kapal pemadam kebakaran memiliki pasokan air yang tidak terbatas, hal ini karena kapal pemadam kebakaran memompa air laut sebagai media pemadam langsung dari bawah lambung kapal (Delgado, 2002). Ilustrasi *fireboat* ditunjukkan seperti pada pada Gambar 2.9



Gambar 2.9 *Fireboat*

(Sumber: grandseaboat.com/productimage/)

Berdasarkan *National Fire Protection Association (NFPA) 1925: Standard of Marine Fire Fighting Vessel*, sistem pemadam kebakaran pada *fireboat* dapat diklasifikasikan dalam beberapa tipe dimana setiap tipe memiliki spesifikasi tersendiri. Klasifikasi tersebut disajikan pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 NFPA Classes for Fireboats

<i>Fi-Fi Class Notation</i>	I	II	III
<i>Number of water monitors</i>	2	3	4
<i>Discharge rate per monitor</i>	1200	1800	2400
<i>Number of pumps</i>	1 to 2	2 to 4	2 to 4
<i>Total capacity (m³/hr)</i>	2400	7200	9600
<i>Monitor range (m)</i>	120	150	150
<i>Pump power (each)(kW)</i>	570	1700	1135 to 2300

(Sumber: NFPA, 2004)

3. Oil Recovery Boat

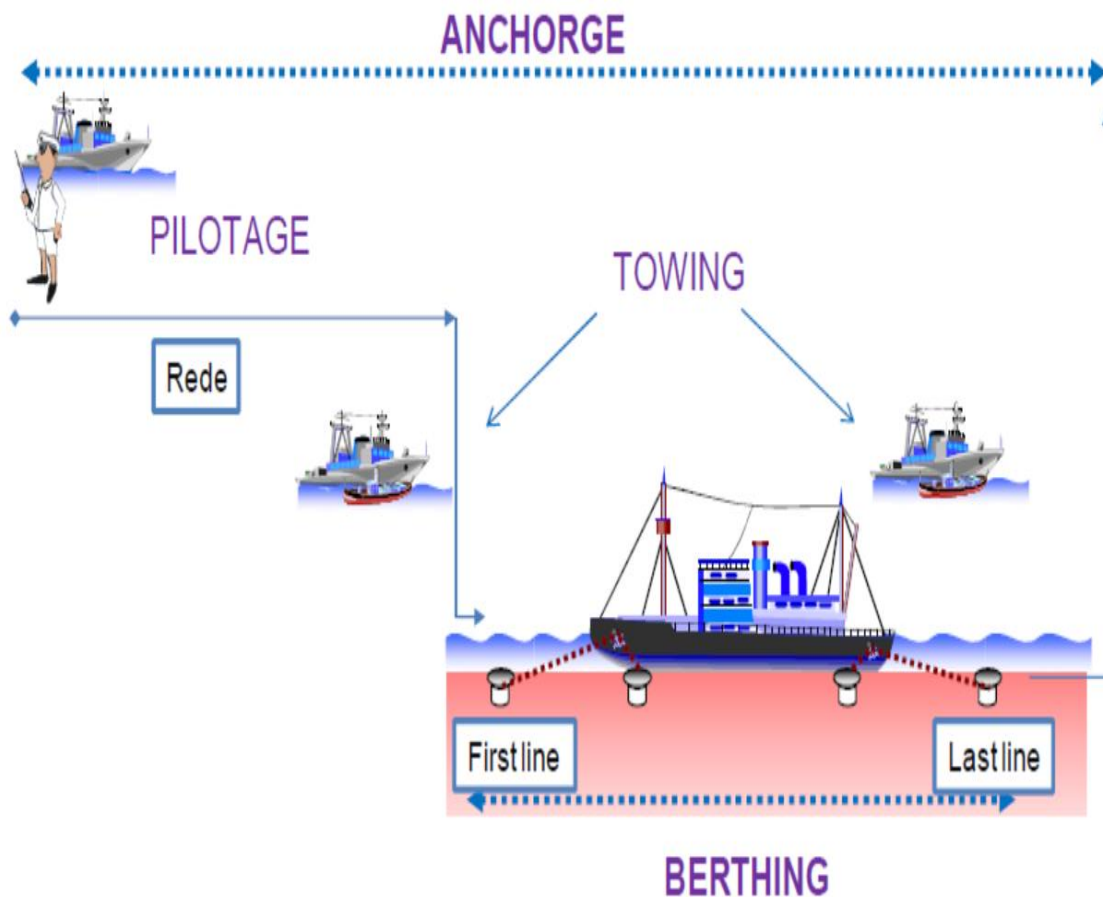
Oil recovery boat adalah setiap kapal yang dilengkapi peralatan untuk mengatasi tumpahan minyak pada kondisi darurat (Lloyd Register, 2016). Salah satu metode untuk mengatasi tumpahan minyak di laut adalah dengan menggunakan *boom* yaitu penghalang mengambang bersifat sementara yang digunakan untuk menahan tumpahan minyak sehingga dapat mengurangi kemungkinan mencemari garis pantai dan sumber daya lainnya serta membantu mempermudah pemulihan. Ilustrasi *oil recovery boat* ditunjukkan seperti pada Gambar 2.10



Gambar 2.10 *Oil Recovery Boat*
(Sumber: <https://www.marines.mil/>)

2.2.2. Pelayanan Kapal di Pelabuhan

Pelayanan kapal mencakup kegiatan mulai dari kapal belum memasuki alur hingga tambat di dermaga sampai dengan kapal keluar meninggalkan alur. Ketika kapal akan memasuki sebuah pelabuhan, kapal tersebut harus berlabuh di luar pelabuhan, lalu syahbandar dan jika kapal asing maka petugas bea cukai juga memeriksa kelengkapan dokumennya. Bila informasi dari dermaga menyatakan terdapat tempat kosong untuk bersandar, maka kapal dapat berangkat menuju pelabuhan. Untuk menjaga keselamatan awak dan keamanan kapal, maka kapal yang akan berlabuh di dermaga dilakukan pemanduan oleh ahli pandu. Ahli pandu merupakan petugas yang mengerti kondisi perairan di sekitar pelabuhan. Untuk menuju ke kapal yang akan dipandu ke dermaga, maka ahli pandu membutuhkan kapal pandu. Setelah memasuki alur pelabuhan dengan pemanduan oleh ahli pandu, kedalaman laut akan semakin berkurang sehingga mesin kapal dimatikan. Kapal berjalan dengan mesin mati yang ditarik maupun didorong oleh kapal tunda dengan arahan ahli pandu menuju ke dermaga (Heru, 2019). Ilustrasi pelayanan kapal di pelabuhan ditunjukkan seperti pada Gambar 2.11



Gambar 2.11 Pelayanan Kapal di Pelabuhan
(Sumber: Heru, 2019)

2.2.3. Tumpahan Minyak

Tumpahan minyak atau *oil spill* adalah perilisan sebuah cairan hidrokarbon ke dalam lingkungan akibat kegiatan manusia dan merupakan suatu bentuk polusi. Tumpahan minyak dapat berasal dari kapal tanker, lepas pantai, rig pengeboran, serta tumpahan produk minyak olahan. Kecepatan dan efektivitas respon awal memiliki peran penting terhadap penanggulangan tumpahan minyak untuk mencegah *area* pencemaran yang lebih luas. (Rahadian, 2014)

2.2.4. Penanganan Tumpahan Minyak

Dalam penanggulangan tumpahan minyak terdapat beberapa metode untuk mengatasinya (Aprilia, 2013).

1. Penyisihan Minyak secara Mekanis

Penyisihan minyak secara mekanis merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengatasi tumpahan minyak. Dalam metode dilakukan pemindahan minyak ke dalam wadah dengan menggunakan peralatan mekanis yaitu *oil skimmer*.

2. Penggunaan *Oil Sorbent*

Penggunaan *oil sorbent* dapat menyisihkan minyak melalui mekanisme adsorpsi (penempelan minyak pada permukaan *sorbent*) dan absorpsi (penyerapan minyak ke dalam *sorbent*). *Sorbent* ini berfungsi mengubah fasa minyak dari cair menjadi padat sehingga mudah dikumpulkan dan disisihkan.

3. Penggunaan *Oil Spill Dispersant*

Penggunaan *oil spill dispersant* yaitu salah satu cara penanggulangan tumpahan minyak yang dilakukan secara kimiawi yaitu dengan memecah lapisan minyak menjadi tetesan kecil (*droplet*). Dispersan kimiawi adalah bahan kimia dengan zat aktif yang disebut surfaktan.

Berdasarkan Peraturan Menteri No. 58 Tahun 2013, dalam menanggulangi tumpahan minyak pada perairan dan pelabuhan sedikitnya terdapat beberapa peralatan penanggulangan tumpahan minyak yang digunakan yaitu berupa *oil skimmer*, *temporary storage tank*, *oil spill dispersant*, dan *oil sorbent*. Tindakan pertama dalam menanggulangi tumpahan minyak adalah melokaliskannya dengan menggunakan *oil boom*. Tipe dan jenis *oil boom* yang digunakan tergantung pada lokasi penggunaan dan terutama kondisi perairan. Tumpahan minyak yang telah dilokalisir oleh *oil boom* kemudian diambil menggunakan *oil skimmer* dan ditampung pada *temporary storage tank* untuk dibawa ke daratan dan diolah selanjutnya. *Oil skimmer* memiliki kemampuan untuk memisahkan minyak dari air, tingkat efektivitas *oil skimmer*

tergantung pada pemilihan tipe yang tepat, kondisi perairan dan jenis minyak. Sisa minyak yang masih terdapat di permukaan air kemudian dapat ditanggulangi dengan menyemprotkan *oil spill dispersant* sehingga sisa tumpahan minyak dapat terdispersi. Kemudian tahap akhir dalam aktivitas penanggulangan tumpahan minyak adalah penyerapan sisa tumpahan minyak yang menyebar pada bibir pantai dengan menggunakan *oil sorbent*. *Sorbent* ini berfungsi mengubah fasa minyak dari cair menjadi padat sehingga mudah dikumpulkan dan disisihkan.

2.2.5. Kebakaran

Kebakaran adalah hasil pembakaran suatu bahan dalam udara dan mengeluarkan energi panas dan nyala api. Terdapat beberapa situasi yang dapat menyebabkan gas, cairan ataupun bahan berbahaya yang dihasilkan, disimpan ataupun diproses dapat menyebabkan kebakaran. Dalam kebakaran, nyala api dapat dibedakan berdasarkan bentuk-bentuknya yaitu (Lanin, 2009):

1. Flash fire

Api jenis ini terjadi jika suatu uap bahan bakar di udara seketika menyala. Api akan menyala sekilas seperti kilat menuju pusat apinya dan berlangsung dalam waktu singkat. Jenis api ini akan mengeluarkan energi panas yang tinggi sehingga dapat menghanguskan benda atau orang yang berada di dekatnya.

2. Fire Ball

Fire ball terjadi akibat gas bertekanan dalam suatu wadah yang seketika bocor akibat pecah. Misalnya tangki LPG yang seketika bocor, mengakibatkan gas mengembang dengan cepat ke udara dan terbakar. *Fire ball* dapat memancarkan panas dalam jumlah sangat besar yang dapat menyebabkan kerusakan material, cedera, atau kematian pada area yang lebih besar dari radius api.

3. Pool Fire

Pool fire terjadi ketika suatu cairan tumpah (*flammable liquid*) dan mengenai suatu tempat atau dalam wadah terbuka seperti tangki timbun. Besarnya api ditentukan oleh jumlah bahan yang terbakar, sifat kimiawi dan fisis bahan, serta kondisi lingkungan misalnya arah angin dan cuaca.

2.2.6. Penanganan Kebakaran

Dalam penanganan kebakaran, terdapat jarak aman antara pusat api dengan objek pemadam tergantung pada bentuk nyala api. Jarak aman penanganan kebakaran disajikan pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Jarak Aman Penanganan Kebakaran

<i>Fire</i>	<i>Flame Diameter (m)</i>	<i>Safe Distance (m)</i>
<i>Pool Fire</i>	9,4	30
<i>Flash Fire</i>	14,2	35
<i>Fireball</i>	133,3	300

(Sumber: Arshad, 2002)

2.3. Tinjauan Wilayah

Lamongan Oil Tank Terminal (LOTT) berlokasi di Jalan Raya Daendels Km.83.2, Desa Sedayulawas, Kecamatan Brondong, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur. LOTT sebagai dermaga khusus dan terminal tangki penyimpanan bahan kimia cair, BBG dan BBM memiliki fasilitas utama yaitu alur masuk khusus ke pelabuhan, kolam labuh, dan *trestle*. Alur masuk ke pelabuhan merupakan akses kapal yang akan berlabuh menuju ke kolam labuh maupun sebagai akses kapal yang akan meninggalkan kolam labuh. Fasilitas utama pelabuhan khusus LOTT disajikan pada Tabel 2.3

Tabel 2.3 Fasilitas Utama di Pelabuhan Khusus LOTT

No.	Fasilitas	P (m)	L (m)	Keterangan
1	Alur masuk	9400	184	Kedalaman 23 m
2	Kolam Labuh	1100	1280	Kedalaman 11 m
3	<i>Trestle</i>	2500	200	Beton; <i>deck on pile</i>

(Sumber: Yuly, 2019)

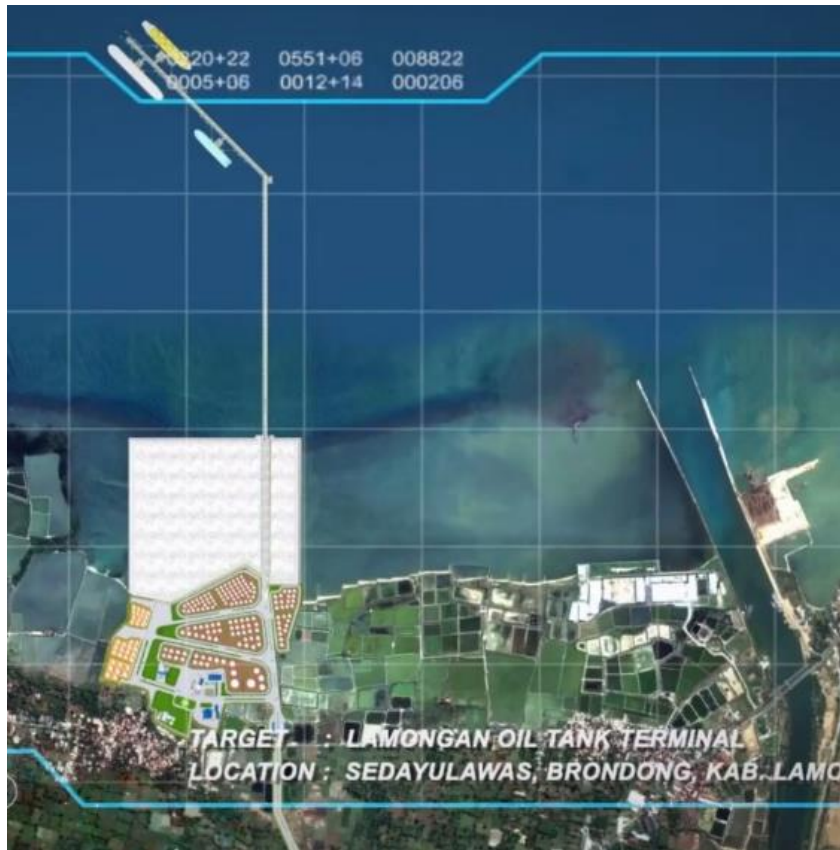
Kolam labuh terdiri dari 3 dermaga yang dibagi berdasarkan fungsi, bobot maximum kapal yang sandar serta dimensinya yaitu dermaga A, dermaga B, dan dermaga C. Informasi dermaga yang terdapat di LOTT beserta fungsi dan bobot kapal yang dapat bersandar disajikan pada Tabel 2.4

Tabel 2.4 Dermaga pada Pelabuhan Khusus LOTT

	Fungsi	Bobot Maximum Kapal (DWT)	Dimensi Kapal		
			L (m)	B (m)	T (m)
Dermaga A	Bongkar BBM	50.000	265	33	13
Dermaga B	Bongkar BBG	30.000	205	28	11
Dermaga C	Bongkar Kimia Cair	10.000	145	20	8

(Sumber: Yuly, 2019)

Tinjauan wilayah Pelabuhan Khusus Lamongan Oil Tank Terminal (LOTT) ditunjukkan seperti pada Gambar 2.12

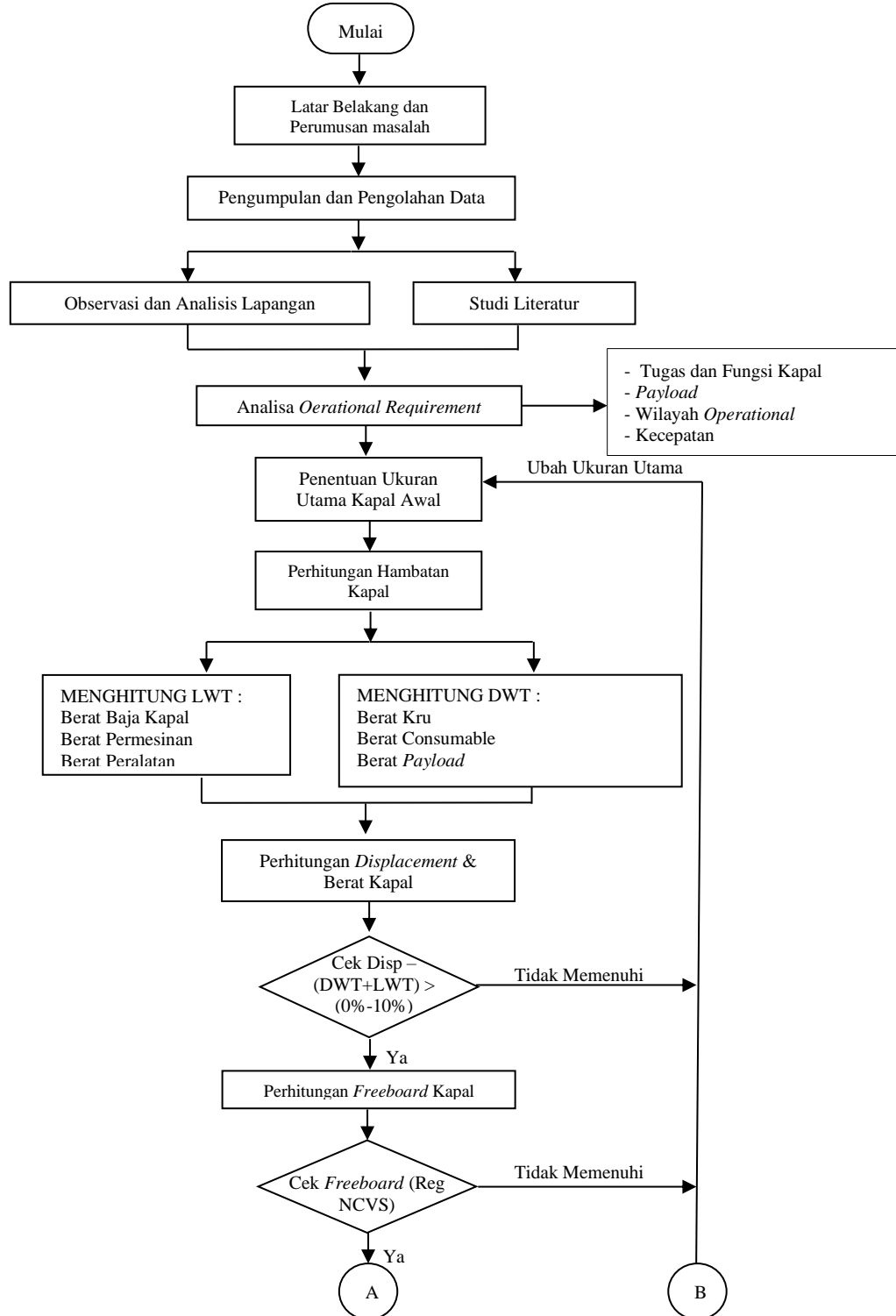


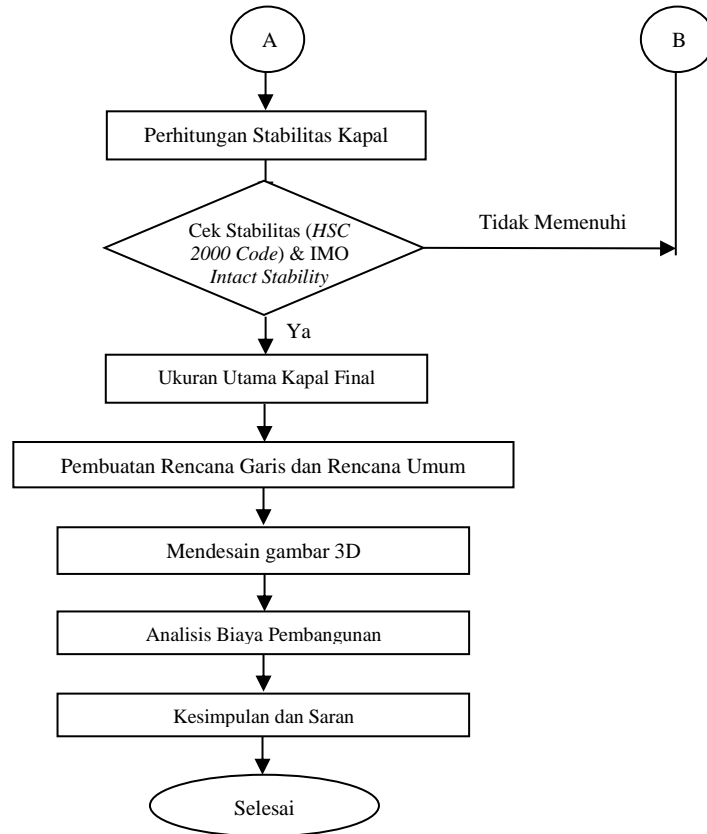
Gambar 2.12 Tinjauan Wilayah Pelabuhan Khusus Lamongan Oil Tank Terminal (LOTT)
(Sumber: Yuly, 2019)

BAB 3 METODOLOGI

3.1. Bagan Alir

Diagram alir pengerjaan Tugas Akhir ditunjukkan seperti pada Gambar 3.1





Gambar 3.1 Diagram Alir Penyusunan Tugas Akhir

3.2. Tahap Pengerjaan

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

3.2.1. Tahap Identifikasi Masalah

Pada tahap awal ini dilakukan identifikasi permasalahan berupa:

1. Kebutuhan akan kapal penunjang kegiatan operasional pada pelabuhan khusus Lamongan Oil Tank Terminal (LOTT).
2. Jenis kapal yang dibutuhkan untuk operasional pelabuhan khusus Lamongan Oil Tank Terminal (LOTT).

3.2.2. Tahap Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan pengetahuan serta teori-teori yang berkaitan dengan Tugas Akhir ini. Studi yang dilakukan sebagai berikut:

1. Macam-macam *workboat* dan fungsinya
2. Pola Pelayanan Kapal di Pelabuhan
3. Penanganan Tumpahan Minyak dan Kebakaran
4. Metode Desain Kapal
5. Tinjauan Teknis Desain Kapal

3.2.3. Tahap Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dalam Tugas Akhir ini adalah metode pengumpulan secara langsung (primer). Pengumpulan data ini dilakukan dengan mengambil data terkait dengan permasalahan dalam Tugas Akhir ini. Adapun data-data yang diperlukan sebagai berikut.

1. Data Tinjauan Wilayah Pelabuhan Lamongan Oil Tank Terminal (LOTT).
2. Data Jenis Kapal yang Dibutuhkan untuk operasional pada Lamongan Oil Tank terminal (LOTT).

3.2.4. Tahap Pengolahan Data

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

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

3.2.5. Tahap Perencanaan

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

1. Desain Rencana Garis

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

2. Desain Rencana Umum

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

3. Pemodelan 3D

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

3.2.6. Tahap Perhitungan Biaya

Perhitungan Biaya Pembangunan Kapal ini dimaksudkan untuk mengetahui estimasi biaya pembangunan kapal. Perhitungan estimasi biaya dilakukan dengan cara menghitung biaya material kapal, *labour cost* dan *overhead cost*.

3.2.7. Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini dirangkum hasil desain yang didapat dan saran untuk pengembangan lebih lanjut. Setelah semua tahapan selesai dilaksanakan, selanjutnya ditarik kesimpulan dari analisis dan perhitungan. Saran dibuat untuk menyempurnakan terhadap beberapa hal yang belum tercakup di dalam proses desain ini.

BAB 4

ANALISIS TEKNIS

4.1. Umum

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

1. Penentuan *operational requirement* yang terdiri dari tugas dan fungsi kapal, penentuan *payload*, wilayah operasional kapal, dan kecepatan.
2. Perhitungan dan pemeriksaan *freeboard* yang mengacu pada NCVS (*Non-Convention Vessel Standards*).
3. Pemeriksaan kondisi keseimbangan kapal dengan *loadcase* yang sudah ditentukan, meliputi kriteria stabilitas berdasarkan *HSC 2000 Code* dan *IMO A.749 (18) Code on Intact Stability*

4.2. Penentuan *Operational Requirement*

Operational requirement pada Tugas Akhir ini meliputi tugas dan fungsi kapal, penentuan *payload*, wilayah operasional, dan kecepatan kapal.

4.2.1. Tugas dan Fungsi

Berdasarkan analisa pelayanan kapal di pelabuhan yang telah dijelaskan pada Subbab 2.2.2 untuk membantu pola operasional di pelabuhan dibutuhkan kapal pandu yang digunakan untuk memandu kapal masuk ke dermaga dengan selamat dan kapal tunda untuk mendorong atau menarik kapal yang akan sandar di pelabuhan. Namun berdasarkan hasil survei yang telah dilakukan, LOTT berencana akan menyewa kapal tunda sehingga hanya diperlukan desain untuk kapal pandu. Selain itu, sebagai pelabuhan khusus penyimpanan bahan kimia cair dan bahan bakar minyak, maka pada LOTT terdapat juga kegiatan operasional lain mengingat bongkar muatan dari kapal menuju ke tangki penyimpanan merupakan kegiatan yang sering dilakukan. Dalam pendistribusian muatan dari kapal menuju ke tangki penyimpanan terdapat resiko yang dapat terjadi salah satunya adalah resiko kebocoran yang dapat menyebabkan terjadinya tumpahan minyak. Sehingga untuk mengatasi terjadinya tumpahan minyak dibutuhkan kapal yang dapat menanggulangi tumpahan minyak. Selain itu, bongkar muatan berupa bahan kimia dan bahan bakar dapat juga terjadi resiko kebakaran. Sehingga dibutuhkan juga kapal yang dapat menanggulangi terjadinya kebakaran. Sehingga berdasarkan analisa dan

survei yang telah dilakukan, maka *workboat* ini berfungsi sebagai *pilotboat* (kapal pandu), *oil spill recovery boat* (kapal penanggulangan tumpahan minyak) dan *fireboat* (kapal pemadam kebakaran).

4.2.2. Penentuan Payload

Payload yang digunakan pada *workboat* ini berdasarkan tugas dan fungsinya yaitu sebagai kapal pandu, kapal penanggulangan tumpahan minyak dan kapal pemadam kebakaran. Untuk menentukan berat *payload* dilakukan dengan mencari berat terbesar diantara 4 skenario yaitu ketika kapal digunakan untuk kegiatan pandu, melokalisasi tumpahan minyak, pembersihan tumpahan minyak dan pemadam kebakaran.

1. Pandu

Sebagai kapal yang berfungsi untuk melakukan kegiatan pemanduan maka dibutuhkan ahli pandu yang bertugas untuk melakukan pemanduan kapal yang akan bersandar di dermaga agar kapal dapat bersandar dengan selamat. Dikarenakan LOTT memiliki 3 dermaga seperti yang telah dijelaskan pada Subbab 2.3, maka diasumsikan terdapat 3 kapal yang secara bersamaan akan masuk ke dermaga sehingga diperlukan 3 ahli pandu sekaligus untuk memandu kapal masuk dan juga selain 3 ahli pandu dibutuhkan juga 3 orang bea cukai serta 3 orang syahbandar sehingga untuk memandu masuk kapal dibutuhkan 9 orang. Berat 1 orang menurut *Intact Stability Code Resolution A.167* adalah 75 kg. Sehingga untuk kegiatan pandu dibutuhkan berat sebesar 675 kg.

2. Penanggulangan Tumpahan Minyak

Untuk menanggulangi tumpahan minyak terlebih dahulu dilakukan lokalisasi tumpahan minyak dengan menggunakan peralatan *oil boom* dan *oil rel* kemudian tumpahan minyak yang telah dilokalisasi dibersihkan secara mekanis dengan *oil skimmer* yang kemudian ditampung pada *temporary storage tank* yang kemudian dibawa ke daratan untuk dikelola lebih lanjut dan juga dibersihkan secara kimiawis dengan *oil spill dispersant* serta digunakan juga *oil sorbent* sebagai tahap pembersihan akhir. Maka *payload* yang digunakan adalah peralatan penanggulangan tumpahan minyak secara umum terbagi dua yaitu ketika kapal digunakan untuk melokalisasi tumpahan minyak dan untuk pembersihan tumpahan minyak yang dijabarkan sebagai berikut.

2.1 Lokalisasi Tumpahan Minyak

Untuk melokalisasi tumpahan minyak diperlukan peralatan yaitu *oil boom* dan *oil rel* dimana kebutuhannya dijabarkan sebagai berikut:

a. *Oil Boom*

Panjang *oil boom* untuk setiap pelabuhan telah diatur dalam Peraturan Menteri Nomor 58 Tahun 2013. Sehingga dengan data yang telah diperoleh dan hitungan matematis sederhana dapat diketahui panjang minimum *oil boom* yang dibutuhkan beserta beratnya seperti yang disajikan pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Perhitungan *Payload Oil Boom*

Panjang minimal <i>oil boom</i> (PM. No 58 tahun 2013) [1]	Panjang kapal terbesar yang berlabuh [2]	Panjang minimal <i>oil boom</i> [3] = [1] x [2]	Berat <i>oil boom</i> (Lampiran E) [4]	Total berat <i>oil boom</i> [5] = [3] x [4]
1,5 kali panjang kapal terbesar yang berlabuh	265 meter	400 meter	3 kg/m	1200 kg

b. *Oil Rel*

Dalam menentukan banyaknya *oil rel* yang dibutuhkan, maka harus disesuaikan antara panjang *oil boom* yang diperlukan dengan kapasitas panjang *oil boom* yang dapat dimuati dalam satu *oil rel*, maka berdasarkan data yang telah diperoleh dan hitungan matematis sederhana dapat diketahui banyaknya *oil rel* yang dibutuhkan serta beratnya seperti yang disajikan pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Perhitungan *Payload Oil Rel*

Panjang minimal <i>oil boom</i> [1]	Kapasitas satu <i>oil rel</i> [2]	Jumlah <i>oil rel</i> yang diperlukan [3] = [1] x [2]	Berat satu <i>oil rel</i> (Lampiran E) [4]	Total berat <i>oil rel</i> [5] = [3] x [4]
400 meter	200 meter	2	314 kg	628 kg

Sehingga untuk melokalisasi tumpahan minyak didapatkan berat total yaitu berat *oil boom* ditambah dengan berat *oil rel* sebesar 1828 kg.

2.2 Pembersihan Tumpahan Minyak

Untuk pembersihan tumpahan minyak diperlukan peralatan yaitu *oil skimmer*, *temporary storage tank*, *oil spill dispersant*, dan *oil sorbent* dimana kebutuhannya disesuaikan dengan kemungkinan volume tumpahan minyak yang dijabarkan sebagai berikut:

a. *Oil Spill Dispersant*

Penentuan kebutuhan *oil spill dispersant* terlebih dahulu dihitung berdasarkan kemungkinan volume tumpahan minyak yang terjadi. Volume tersebut bergantung kepada luas area yang memungkinkan terjadinya tumpahan minyak dikalikan dengan tebal minyak yang tumpah. Luas area tumpahan minyak diasumsikan sama dengan luas lingkaran dengan fungsi keliling panjang *oil boom*. Sedangkan tebal tumpahan minyak diasumsikan memiliki ketebalan sama dengan tebal rata-rata tumpahan minyak yang pernah terjadi di dermaga Pertamina Area 70 Cilacap yaitu setebal 1,35 mm (Wibowo, 2018). Kebutuhan *oil spill dispersant* diatur dalam Peraturan Menteri No. 58 Tahun 2013. Sehingga dengan data yang telah diperoleh dan hitungan matematis sederhana dapat diketahui banyaknya *oil spill dispersant* yang dibutuhkan seperti yang disajikan pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Perhitungan *Payload Oil Spill Dispersant*

Area yang tercemar [1]	Tebal tumpahan minyak [2]	Volume tumpahan minyak [3] = [1] x [2]	<i>Oil dispersant</i> (PM. No 58 thn 2013) [4]	Massa jenis <i>oil dispersant</i> (Lampiran E) [5]	Berat <i>oil dispersant</i> [6] = [3] x [4] x [5]
12732 m ²	1,35 mm	17 m ³	10% volume tumpahan minyak	8300 (kg/m ³)	1400 kg

b. *Oil Sorbent*

Untuk menentukan kebutuhan *oil sorbent*, sama halnya dengan menentukan kebutuhan *oil spill dispersant* yaitu dicari terlebih dahulu volume tumpahan minyak yang terjadi. Kebutuhan *oil sorbent* diatur dalam Peraturan Menteri No. 58 Tahun 2013. Sehingga dengan data yang telah diperoleh dan hitungan matematis sederhana dapat diketahui kebutuhan *oil sorbent* yang dibutuhkan beserta beratnya seperti yang disajikan pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Perhitungan *Payload Oil Sorbent*

Volume tumpahan minyak [1]	Kebutuhan <i>oil sorbent</i> (PM. No 58 Tahun 2013) [2]	Daya serap <i>oil sorbent</i> [3]	Berat <i>oil sorbent</i> [4] = [1]x[2]/[3]
17 m ³	10% volume tumpahan minyak	0,02 m ³ /kg	85 kg

c. *Oil Skimmer*

Penentuan kebutuhan *oil skimmer* didasarkan pada Peraturan Menteri Nomor 58 Tahun 2013 yang disebutkan bahwa untuk mengatasi tumpahan minyak pada pelabuhan dan perairan diperlukan *oil skimmer* paling sedikit memiliki kapasitas 10 liter/jam. Sehingga berdasarkan peraturan didapatkanlah *oil skimmer* dengan spesifikasi yang ditunjukkan pada Tabel 4.5

Tabel 4.5 Spesifikasi *Payload Oil Skimmer*

Spesifikasi <i>Oil Skimmer</i>	
<i>Brand</i>	SSR Trade Skimmer
<i>Material</i>	<i>Stainless Steel</i>
<i>Band length</i>	2000 mm
<i>Capacity</i>	6 liter/jam
<i>Weight</i>	2 x 2 kg = 4 kg

d. *Temporary Storage Tank*

Untuk mengetahui berat *temporary storage tank*, terlebih dahulu dihitung jumlah maximum *temporary storage tank* yang dapat dimuati dengan cara dihitung *workspace* efektif pada *layout* awal *workboat* kemudian dicari spesifikasi *temporary storage tank* yang tersedia. Sehingga dengan data yang telah diperoleh dan hitungan matematis sederhana dapat diketahui jumlah maximum *temporary storage tank* seperti ditunjukkan pada Tabel 4.6

Tabel 4.6 Perhitungan Jumlah *Temporary Storage Tank*

Luas efektif <i>workspace workboat</i> [1]	Luasan <i>temporary storage tank</i> (Lampiran E) [2]	Maximum jumlah <i>temporary storage tank</i> [3] = [1]/[2]
5,2 m ²	1,2 m ²	4

Setelah didapatkan jumlah maximum *temporary storage tank*, selanjutnya selanjutnay dikalikan dengan kapasitas satu *temporary storage tank* dan massa jenis minyak sehingga didapatkan berat *temporary storage tank* seperti ditunjukkan pada Tabel 4.7

Tabel 4.7 Perhitungan *Payload Temporary Storage Tank*

Max. <i>temporary storage tank</i> [1]	Kapasitas volume satu <i>temporary storage tank</i> [2]	Massa jenis minyak [3]	Berat <i>temporary storage tank</i> [4] = [1]x[2] x[3]
4	1 m ³	800 kg/m ³	3200 kg

Sehingga untuk pembersihan tumpahan minyak didapatkan berat total yaitu berat *oil skimmer*, *temporary storage tank*, *oil spill dispersant*, dan *oil sorbent* sebesar 4689 kg.

3. Penanggulangan Kebakaran

Sebagai kapal yang berfungsi untuk menanggulangi kebakaran, maka *payload* yang digunakan adalah peralatan yang digunakan untuk memadamkan api yaitu berupa pompa pemadam kebakaran dan *nozzle*. Seperti yang telah dijelaskan pada Subbab 2.2.6 untuk memadamkan api terdapat jarak aman antara pusat api dengan pemadamnya. Jarak aman tersebut berbeda-beda tergantung dari bentuk kebakarannya. Dikarenakan LOTT ini merupakan pelabuhan khusus minyak, maka ledakan yang terjadi bertipe *pool fire* yaitu ledakan yang diakibatkan oleh tumpahan minyak (*flammable liquid*). Jarak aman kebakaran *pool fire* dengan diameter ledakan 9,4 meter adalah 30 meter, sementara ledakan terbesar yang dapat terjadi di LOTT diasumsikan selebar badan kapal terbesar yang sandar yaitu 33 meter. Maka dengan rumus matematis sederhana dapat dihitung jarak aman untuk memadamkan kebakaran di LOTT adalah sejauh 105 meter dari pusat kebakaran.

Maka berdasarkan NFPA 1925: *Standard of Marine Fire Fighting Vessel*, yang telah dijelaskan pada Subbab 2.2.1, maka sistem pemadam kebakaran yang cocok digunakan pada *workboat* ini menggunakan *Fi-Fi I* dimana jarak penyemprotan yang diisyaratkan yaitu sejauh 120 meter sementara jarak aman penyemprotan berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan adalah 105 meter sehingga kriteria jarak aman untuk penyemprotan telah memenuhi. Maka berdasarkan kajian yang telah dilakukan maka didapatkan spesifikasi pompa dan *nozzle* pemadam kebakaran dalam seperti ditunjukkan pada Tabel 4.8

Tabel 4.8 Spesifikasi Pompa dan *Nozzle*

Spesifikasi <i>Fire Pump</i>	
<i>Brand</i>	SFP HD <i>Fire Pump</i>
<i>Capacity</i>	1365 m ³ /h
<i>Weight</i>	2 x 420 kg = 840 kg
Spesifikasi <i>Nozzle</i>	
<i>Brand</i>	FWM-8-EL
<i>Capacity</i>	20.000 L/min
<i>Weight</i>	2 x 136 kg = 272 kg

Sehingga untuk pemadam kebakaran didapatkan berat total yaitu berat *fire pump* dan *nozzle* sebesar 1112 kg. Setelah dilakukan analisa dan perhitungan *payload* setiap komponen, maka untuk mengetahui berat *payload* diambil yang terbesar diantara 4 skenario yaitu ketika kapal digunakan untuk kegiatan pandu, melokalisasi tumpahan minyak, pembersihan tumpahan minyak dan pemadam kebakaran seperti yang disajikan pada Tabel 4.9

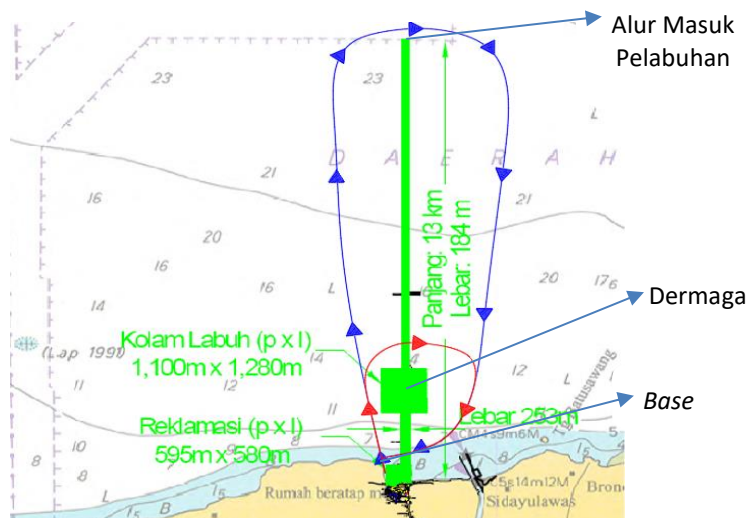
Tabel 4.9 Penentuan *Payload*

1		Pandu	Total Berat
a	Ahli Pandu, Bea Cukai, Syahbandar	675 kg	675 kg
2		Lokalisasi Tumpahan Minyak	
a	<i>Oil Boom</i>	1200 kg	1828 kg
b	<i>Oil Rel</i>	628 kg	
3		Pembersihan Tumpahan Minyak	
a	<i>Oil Skimmer</i>	4 kg	4689 kg
b	<i>Temporary Storage Tank</i>	3200 kg	
c	<i>Oil Spill Dispersant</i>	1400 kg	
d	<i>Oil Sorbent</i>	85 kg	
4		Penanggulangan Kebakaran	
a	<i>Fire Pump</i>	840 kg	1112 kg
b	<i>Nozzle</i>	272 kg	

Dari Tabel 4.9 terlihat bahwa *payload* terbesar terletak pada skenario ketika kapal melakukan kegiatan pembersihan tumpahan minyak sehingga *payload* yang digunakan pada *workboat* ini adalah sebesar 4689 kg.

4.2.3. Wilayah Operasional

Rute pelayaran yang dilakukan oleh *workboat* ini adalah area di sekitar pelabuhan khusus LOTT mulai dari *base* yang berada di pantai hingga ke alur masuk pelabuhan dan kembali lagi ke *base* yang menempuh jarak 26 km (15 nm) dan juga dapat berlayar dari *base* hingga ke dermaga lalu kembali lagi ke *base* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1

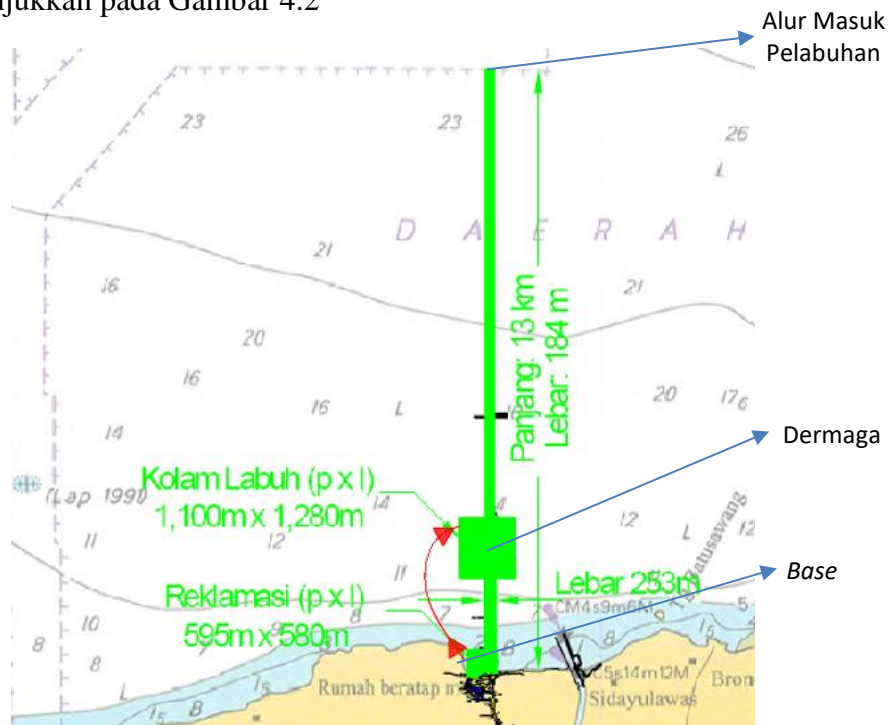


Gambar 4.1 Wilayah *Operational Workboat*

(Sumber: Yuly, 2019)

4.2.4. Penentuan Kecepatan

Penentuan kecepatan *workboat* ini menggunakan analisa *fast response boat* untuk pemadam kebakaran. Berdasarkan NFPA 1925: *Standard of Marine Fire Fighting Vessel*, disebutkan bahwa waktu *response* sejak dilaporkan adanya kebakaran hingga objek pemadam tiba adalah 5 menit. Jarak yang ditempuh *workboat* hingga ke tempat yang memiliki resiko terbesar untuk terjadinya kebakaran yaitu dermaga bongkar minyak adalah sejauh 2500 m seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2



Gambar 4.2 Jarak *Base* ke Dermaga
(Sumber: Yuly, 2019)

Setelah di dapatkan waktu tempuh dan jarak, maka dengan perhitungan matematis sederhana didapatkan kecepatan *workboat* adalah sebesar 30 km/jam atau 17 knot.

4.3. Penentuan Ukuran Utama Awal

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

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

Hasil dari W_2/W_1 yang kemudian disebut *K*.

Desain *workboat* ini disesuaikan dengan komponen LWT dan DWT dari *operational requirement* yang telah dijelaskan di atas. Spesifikasi kapal yang dijadikan acuan untuk menentukan ukuran utama ditunjukkan seperti pada Gambar 4.3



Gambar 4.3 Kapal Acuan
(Sumber: <http://www.seaboats.net>)

<i>Brand</i>	= 15 m <i>Firefighting Boat</i>
<i>Lmoulded</i>	= 15 m
<i>Bmoulded</i>	= 4,92 m
<i>H</i>	= 2,53 m
<i>T</i>	= 0,83 m
<i>Lightship</i>	= 11000 kg
<i>Fully Loaded</i>	= 21000 kg
<i>Speed</i>	= 26 knot

Dari informasi di atas, didapatkan data ukuran utama kapal dan koefisien yang dibutuhkan dalam perhitungan *Geosim Procedure*. Data yang telah didapatkan ditunjukkan pada Tabel 4.10

Tabel 4.10 Data Ukuran Utama Kapal Pembanding

L_{pp} =	15	m
B_{mld} =	4,92	m
T_{mld} =	0,83	m
H_{mld} =	2,53	m
C_B =	0,334	
C_D =	0,4	
W₁ =	10	ton

Sedangkan W_2 didapatkan dengan mengambil *payload* terbesar diantara 4 skenario yaitu ketika kapal digunakan untuk kegiatan pandu, melokalisasi tumpahan minyak, pembersihan tumpahan minyak dan pemadam kebakaran seperti yang telah dijelaskan pada 4.2.2 ditambah dengan margin *deadweight* sebesar 10 %. Maka didapatkan W_2 sebesar 5,158 ton. Setelah itu dihitung ukuran utama awal dengan metode geosim sebagai berikut.

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

$$(L_2/L_1)^3 = 0,802 \quad (\text{Nilai } K).$$

Ukuran utama kapal didapatkan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} L &= L \times K \\ &= 15 \text{ m} \times 0,802 \\ &= 12,000 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B &= B \times K \\ &= 4,92 \text{ m} \times 0,802 \\ &= 4,000 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T &= T \times K \\ &= 0,83 \text{ m} \times 0,802 \\ &= 0,700 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H &= H \times K \\ &= 2,53 \text{ m} \times 0,802 \\ &= 2,100 \text{ m} \end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan, maka dapat diambil ukuran utama awal *workboat* sebagai berikut:

$$\begin{aligned} L &= 12,0 \text{ m} \\ B &= 4,0 \text{ m} \\ T &= 0,7 \text{ m} \\ H &= 2,1 \text{ m} \\ C_B &= 0,334 \\ C_D &= 0,4 \text{ (same as the basic ship)} \end{aligned}$$

4.4. Pemeriksaan Ukuran Utama Kapal

Setelah mendapatkan ukuran utama kapal, kemudian dilakukan pemeriksaan ukuran utama kapal. Rasio ukuran kapal yang telah didapatkan disajikan pada Tabel 4.11

Tabel 4.11 Pemeriksaan Ukuran Utama *Workboat*

$L/B =$	3,000	Savitsky Planing Hull Method	→	$2,52 \leq L/B \leq 18,26$	OK
$B/T =$	5,714	Savitsky Planing Hull Method	→	$1,7 \leq B/T \leq 9,8$	OK
$L/\nabla^{1/3} =$	8,137	Savitsky Planing Hull Method	→	$3,07 \leq L/\nabla^{1/3} \leq 12,4$	OK
$A_P/\nabla^{2/3} =$	8,028	Savitsky Planing Hull Method	→	$4,0 \leq A_P/\nabla^{2/3} \leq 8,5$	OK
$L_P/B_{PX} =$	3,836	Savitsky Planing Hull Method	→	$2,0 \leq L_P/B_{PX} \leq 7,0$	OK
$L_P/B_{PA} =$	3,836	Savitsky Planing Hull Method	→	$2,36 \leq L_P/B_{PA} \leq 8,56$	OK

4.5. Perhitungan Koefisien dan Hambatan Kapal

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

4.5.1. Perhitungan Froude Number

Froude Number merupakan perbandingan antara kecepatan kapal dengan panjang kapal. *Froude Number* dapat dihitung dengan formula sebagai berikut.

$$V_s = 17 \text{ knot} = 8,745 \text{ m/s}$$

$$F_n = \frac{8,745}{\sqrt{9,81 \times 12}}$$
$$= 0,806$$

4.5.2. Perhitungan Koefisien Bentuk Kapal

Koefisien bentuk badan kapal ditentukan setelah proses penentuan ukuran utama awal. Koefisien yang ditentukan meliputi koefisien blok (C_B), koefisien prismatic (C_P), koefisien *midship* (C_M), dan koefisien *waterplan* (C_{WP}). Pada Subbab ini juga dihitung nilai LCB, *displacement*, dan *volume displacement* untuk mengetahui karakteristik kapal. Hasil dari koefisien bentuk badan kapal, LCB, dan *displacement* disajikan pada Tabel 4.12

Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Koefisien Bentuk Kapal

Koefisien Bentuk Badan Kapal, LCB, dan Displacement			
Nama		Nilai	Keterangan
Koefisien Blok	C_B	0,330	
Koefisien Prismatic	C_P	0,666	
Koefisien <i>Midship</i>	C_M	0,500	
Koefisien <i>Waterplan</i>	C_{WP}	0,766	
<i>Longitudinal Center of Bouyancy</i>	LCB	5,351	m dari AP
<i>Volume Displacement</i>		10,285	m ³
<i>Displacement</i>		10,542	ton

4.5.3. Perhitungan Hambatan Kapal

Workboat yang didesain merupakan jenis dari kapal *planning hull*, yaitu kapal dengan jenis lambung kapal yang memungkinkan kapal dapat melaju dengan cepat di permukaan air dimana terdapat perubahan sarat yang signifikan ketika kapal dalam keadaan diam dan kapal dalam keadaan bergerak. Sehingga perhitungan hambatan total dilakukan dengan Metode Savitsky. Hambatan total kapal jenis ini dipengaruhi oleh komponen-komponen hambatan yang termuat dalam rumus pendekatan Savitsky. Perhitungan hambatan kapal *workboat* ini, dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

1. Perhitungan C_v (Koefisien kecepatan)

C_v dihitung menggunakan persamaan 2.1, maka diperoleh nilai C_v sebesar 1,579

2. Perhitungan C_l (Koefisien gaya angkat)

C_l dihitung dengan persamaan 2.2, maka diperoleh nilai C_l sebesar 0,270

3. τ (Sudut trim)

Sebelum menentukan sudut trim, harus ditentukan terlebih dahulu harga λ yaitu pembagian antara panjang kapal dengan lebar *chine*. Dari sini, dapat diproyeksikan nilai C_v dan nilai λ pada Gambar 2.2 sehingga diperoleh informasi nilai $C_l/\tau^{1.1}$, maka dengan penyelesaian matematika sederhana, didapatkan nilai τ (sudut trim) sebesar $3,3^0$.

4. R_n (*Reynold Number*)

Perhitungan *reynold number* menggunakan persamaan 2.3, sehingga diperoleh $R_n = 8,83 \text{ E}+07$

5. C_f (Koefisien tahanan gesek)

Nilai koefisien tahanan gesek ditentukan dengan persamaan 2.4, sehingga dapat diketahui nilai $C_f = 0,002$

6. β (Sudut *Deadrise*)

Sudut *deadrise* desain *workboat* ini adalah 21^0 .

Setelah semua kompoenen didapatkan, maka perhitungan hambatan total dapat dilakukan dengan persamaan 2.5. Dari hasil kalkulasi yang telah dilakukan, didapatkan hambatan total sebesar 1979,381 lbs atau 8,804 kN. Kemudian dari hasil ini ditambahkan dengan *sea margin* sebesar 15%. Sehingga hasil akhir R_T (hambatan total) adalah 10,125 kN. Dari hasil perhitungan hambatan secara numerik ini, dilakukan validasi dengan analisis hambatan dari *software Maxsurf Resistance*. Dari analisis yang telah dilakukan, didapatkan hambatan kapal sebesar 10,300 kN. Sehingga dapat dikatakan, perhitungan numerik telah *valid*, dengan selisih perhitungan dengan analisis menggunakan *software* sebesar 1,70 %.

4.6. Perhitungan Propulsi dan Pemilihan Mesin

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

4.6.1. Perhitungan Daya Main Engine

1. *Effective Horse Power* (EHP)

Effective horse power adalah daya yang dibutuhkan untuk mendorong kapal yang mempunyai tahanan total. Perhitungan EHP diperoleh dengan persamaan 2.6 dan hasilnya disajikan pada Tabel 4.13

Tabel 4.13 Rekapitulasi Perhitungan EHP

Komponen	Nilai	Satuan	Keterangan
R_T	10,300	kN	$R_T + \text{Margin } 15\%$
V_s	8,745	m/s	-
EHP	90,078	kW	-
	120,749	HP	

2. *Delivery Horse Power* (DHP)

Delivery horse power adalah daya yang diberikan kepada baling-baling pada kecepatan dinas yang besarnya telah dikurangi oleh kerugian pada hambatan daya yang dialirkan dari poros ke baling-baling. DHP diperoleh dengan dari persamaan 2.7.

Nilai η_D bernilai 0,98. Sehingga didapatkan nilai DHP yaitu 91,917 kW.

3. *Shaft Horse Power* (SHP)

Shaft horse power adalah daya yang diberikan kepada baling-baling melalui porosnya pada kecepatan pelayaran yang besarnya telah dikurangi oleh kerugian pada *shafting arrangement* (*bearing* dan *stern tube*). SHP diperoleh dari persamaan 2.8.

Nilai $\eta_S \eta_B$ bernilai 0,98. Sehingga didapatkan nilai SHP yaitu 93,793 kW.

4. *Break Horse Power* (BHP)

Break horse power adalah daya yang diberikan kepada baling-baling melalui porosnya pada kecepatan dinas yang besarnya telah dikurangi oleh kerugian pada efisiensi transmisi. BHP diperoleh dari persamaan 2.9.

Nilai η_G adalah 0,98. Sehingga didapatkan nilai BHP yaitu 95,707 kW.

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

Setelah mendapatkan besar daya penggerak kapal yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal sesuai dengan kecepatannya, maka tahap terakhir adalah menghitung kebutuhan BHP *maximum continuous rating*. BHP_{MCR} adalah kebutuhan daya mesin penggerak utama kapal (BHP) yang telah diberikan penambahan dari *voyage margin*, *power design margin*, dan *power service margin*. Besar *engine margin* adalah sebesar 15%. Sehingga dari kalkulasi didapatkan nilai BHP_{MCR} sebesar 112,596 kW atau 150,933 HP. Karena kapal menggunakan 2 *propeller (twin screw)*, maka *power* dibagi 2. Sehingga BHP_{MCR} tiap *engine* adalah 56,298 kW atau 75,467 HP.

Dalam pemilihan *main engine*, daya mesin yang terdapat pada katalog harus lebih besar dari nilai MCR yang telah dihitung. Mesin induk yang direncanakan berjumlah dua, sehingga mesin induk yang dipilih sebagai penggerak kapal disajikan pada Tabel 4.14

Tabel 4.14 Spesifikasi *Main Engine*

Spesifikasi <i>Main Engine</i>	
<i>Brand</i>	<i>Yanmar</i>
<i>Type</i>	<i>6CH-HTE3-M</i>
<i>Output Power</i>	62,5 kW
	85 HP
<i>n</i>	2600 rpm
<i>Length</i>	1258 mm
<i>Height</i>	1022 mm
<i>Width</i>	688 mm
<i>Weight</i>	570 kg
<i>Fuel Consumption</i>	20 L/h

4.6.2. Perhitungan Daya *Auxiliary Engine*

Auxiliary Engine digunakan untuk menyuplai kebutuhan listrik di kapal. Dengan adanya *auxiliary engine (generator)* ini akan menyediakan listrik dalam bentuk arus AC. Perhitungan kebutuhan listrik, dilakukan dengan cara menghitung arus listrik yang dikeluarkan tiap-tiap komponen kelistrikan di kapal yang kemudian dikonversikan kedalam bentuk kW. Daftar komponen kelistrikan di kapal dan arus listrik yang dibutuhkan ditunjukkan pada Tabel 4.15

Tabel 4.15 Daftar Komponen Kelistrikan di Kapal

No	Peralatan Listrik	Arus Listrik (Ampere)
1	<i>Anchor Light</i>	0,9
2	<i>Autopilot</i>	4,0
3	<i>Cabin Lights</i>	1,8
4	<i>Chart Plotter/GPS</i>	0,8
5	<i>Chart Table Light</i>	0,3
6	<i>Cockpit Instruments</i>	0,3
7	<i>Cockpit Light</i>	1,0
8	<i>Compass Light</i>	0,2
9	<i>Deck Lights</i>	1,7
10	<i>Distribution panel & DCM</i>	0,1
11	<i>General Service Pump</i>	4,0
12	<i>Gas Alarm</i>	0,6
13	<i>Masthead Light</i>	0,9
14	<i>Navigation Lights</i>	3,7
15	<i>Navtex</i>	0,4
16	<i>Radar(Stanby)</i>	1,0
17	<i>Radar(Transmit)</i>	2,5
18	<i>SSB (Stanby)</i>	1,0
19	<i>SSB(Tansmit)</i>	25,0
20	<i>Stereo</i>	1,0
21	<i>Ventilation Fans</i>	1,0
22	<i>VHF (Stanby)</i>	0,3
23	<i>VHF (Transmit)</i>	1,2
24	<i>Marine Air Conditioning</i>	26,0
25	<i>Fire Fighting Pump</i>	50,0
26	<i>Anchor Windlass</i>	15,0
Total		144,7

Dari hasil di atas kemudian di konversi, dengan rumus:

$$\text{kVA} = \text{Maximum Total Leg Amps.} \times \text{System Voltage}/1000$$

Sistem Voltase pada kapal adalah 120 V, sehingga didapatkan kebutuhan *power* kapal sebesar 17,364 kVA atau 13,891 kW. *Efficiency factor* dari generator adalah 25%. Sehingga kebutuhan daya generator adalah 17,364 kW atau 23,276 HP.

Dalam pemilihan *auxiliary engine (generator)*, daya mesin yang terdapat pada katalog harus lebih besar dari nilai daya yang telah dihitung. *Auxiliary Engine* yang dipilih disajikan pada Tabel 4.16

Tabel 4.16 Spesifikasi *Auxiliary Engine*

Spesifikasi <i>Auxiliary Engine</i>	
<i>Brand</i>	<i>Caterpillar Marine Power System</i>
<i>Type</i>	<i>C2.2 Generator Set</i>
<i>Output Power</i>	27 kW
<i>Weight</i>	466 kg
<i>Fuel Consumption</i>	8,5 L/h

4.7. Perhitungan Berat dan Titik Berat Kapal

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

4.7.1. Perhitungan Berat dan Titik Berat DWT

Perhitungan DWT meliputi *payload* dan *consumable* yang meliputi *main engine fuel oil*, *generator fuel oil*, *fresh water*, dan *crew*. Berikut merupakan hasil dari perhitungan DWT *workboat*.

1. *Payload*

Pada desain *workboat* ini, *payload* didapatkan dengan mengambil berat terbesar diantara 4 skenario yaitu ketika kapal digunakan untuk kegiatan pandu, melokalisasi tumpahan minyak, pembersihan tumpahan minyak dan pemadam kebakaran seperti yang telah dijelaskan pada 4.2.2 dan didapatkan berat *payload* sebesar 4,689 ton. Dari berat ini, kemudian dihitung titik beratnya secara vertikal (VCG) dan secara memanjang (LCG). Hasil rekapitulasi berat dan titik berat disajikan pada Tabel 4.17

2. *Crew*

Jumlah *crew* pada *workboat* ini adalah 3 orang dengan berat tiap *crew* adalah 75 kg. Penentuan banyaknya kru kapal *workboat* didasarkan pada *Non-Convention Vessel Standard* (NCVS) *Chapter 8* yang menyebutkan bahwa kapal non konvensional memiliki kru kapal yang terdiri dari seorang nahkoda, sejumlah perwira, sejumlah pelaut bawahan, dan sejumlah juru masak (untuk kapal tertentu). Dikarenakan *workboat* ini digunakan hanya pada wilayah pelabuhan khusus LOTT, maka jumlah kru yang digunakan sebanyak 3 orang dengan rincian yaitu seorang nahkoda, seorang perwira, dan seorang pelaut bawahan tanpa juru masak. Kemudian kru yang telah dijabarkan tersebut ditentukan titik berat VCG dan LCG sesuai dengan perencanaan. Hasil rekapitulasi berat dan titik berat disajikan pada Tabel 4.17

3. Consumable

Komponen *consumable* meliputi *main engine fuel oil*, *generator fuel oil*, dan *fresh water*. Untuk kebutuhan *main engine fuel oil* dan *generator fuel oil* dihitung berdasarkan total lama pelayaran dan tingkat konsumsi *main engine* dan *generator*. Sedangkan kebutuhan *fresh water* berdasarkan koefisien pendekatan dari *Ship Design and Construction Ch.11* (Lamb, 2003) yaitu $W_{FW} = 0.17 t/(person \times day)$

Setelah didapatkan berat tiap komponen, kemudian dihitung VCG dan LCG sesuai perencanaan. Hasil rekapitulasi berat dan titik berat disajikan pada Tabel 4.17

Tabel 4.17 Rekapitulasi Perhitungan DWT

No	Komponen DWT	Nilai	Unit	VCG (m)	LCG (m)
1	Berat <i>Payload</i>	4,689	ton	2,097	4,178
2	Berat <i>Crew</i>	0,225	ton	2,950	7,000
3	Berat <i>Consumable</i>	0,077	ton	0,804	3,176
Total		4,991	ton	2,116	4,290

4.7.2. Perhitungan Berat dan Titik Berat LWT

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

1. Material Badan Kapal

Perhitungan berat dan titik berat material badan kapal menggunakan bantuan *software Maxsurf*. Informasi yang didapat dari *software* berupa luasan dan titik berat luasan. Sehingga berat kapal didapatkan dengan cara luasan total kapal dikalikan massa jenis aluminium dan tebal material. Hasil rekapitulasi berat dan titik berat disajikan pada Tabel 4.18

2. Equipment and Outfitting

Berat *equipment and outfitting* didapatkan dari katalog tiap-tiap komponen. Kemudian dari komponen berat ini, dihitung titik berat VCG dan LCG sesuai perencanaan umum kapal. Hasil rekapitulasi berat dan titik berat disajikan pada Tabel 4.18

3. Permesinan

Komponen permesinan meliputi *main engine*, *generator*, *shaft*, *rudder*, *propeller*, dan berat lainnya (*other*) seperti perpipaan, *steering gear*, kabel, tangki, dan lain-lain. Berat

permesinan didapatkan dari katalog tiap-tiap komponen. Kemudian dari komponen berat ini, dihitung titik berat VCG dan LCG sesuai perencanaan umum kapal. Hasil rekapitulasi berat dan titik berat disajikan pada Tabel 4.18

Tabel 4.18 Rekapitulasi Perhitungan LWT

No	Komponen LWT	Nilai	Unit	VCG (m)	LCG (m)
1	Berat Material Badan Kapal	2,889	ton	1,746	6,457
2	Berat <i>Equipment and Outfitting</i>	0,523	ton	1,412	3,332
3	Berat Permesinan	1,745	ton	1,059	3,909
Total		5,157	ton	1,482	5,278

4.7.3. Pengecekan Margin

Pengecekan margin kapal dilakukan dimaksudkan berat komponen kapal yang meliputi DWT dan LWT mendekati *displacement* kapal, agar sarat desain sama dengan sarat sesungguhnya. Hasil pemeriksaan margin *displacement* ditunjukkan pada Tabel 4.19

Tabel 4.19 Pemeriksaan *Margin Displacement*

No	Komponen Berat Kapal	Nilai	Unit
1	<i>Displacement</i> (Pemodelan Maxsurf)	10,542	ton
2	DWT	4,991	ton
3	LWT	5,157	ton
4	DWT + LWT	10,147	ton
Selisih		0,395	ton
		3.89%	(0-10%)

4.8. Perhitungan *Freeboard*

Freeboard atau lambung timbul adalah jarak vertikal yang diukur pada tengah kapal dari sarat air hingga sisi atas garis geladak lambung timbul. Geladak lambung timbul adalah geladak teratas yang menyeluruh dan terbuka secara langsung (*exposed deck*) terhadap cuaca dan air laut dan mempunyai cara penutupan yang tetap dan kedap cuaca untuk bukaan-bukaan di atas geladak dan kedap air untuk bukaan-bukaan dibawah geladak (Kementerian Perhubungan, 2009). Perhitungan *freeboard* untuk *workboat* ini menggunakan *NCVS* (*Non-Convention Vessel Standard*).

4.8.1. Perhitungan Lambung Timbul Awal (Fb_1) untuk kapal Tipe B

Workboat ini termasuk kapal tipe B dan nilai panjang L dibawah 50 m, maka nilai lambung timbul awal (fb_1) adalah sebagai berikut:

$$Fb_1 = 0,8 L \text{ cm}$$

$$Fb_1 = 0,8 (12) \text{ cm}$$

$$Fb_1 = 9,6 \text{ cm}$$

4.8.2. Koreksi Koefisien Blok (C_B)

Apabila C_B lebih besar dari 0,68 maka Fb harus dikali dengan faktor:

$$\frac{0,68 + C_B}{1,36}$$

Karena nilai C_B *workboat* kurang dari 0,68, maka nilai lambung timbul awal (Fb_1) tidak perlu dikoreksi

4.8.3. Koreksi Tinggi (D)

1. Apabila D lebih besar dari seperlimabelas panjang kapal ($L/15$), lambung timbul ditambah dengan:

$$20 (D - L/15) \text{ cm, untuk } L \text{ sampai dengan } 50 \text{ m}$$

$$(0,1 L + 15)(D - L/15) \text{ cm, untuk } L \text{ lebih dari } 50 \text{ m sampai dengan } 100 \text{ m}$$

$$25 (D - L/15) \text{ cm, untuk } L \text{ lebih dari } 100 \text{ m}$$

Dimana,

L adalah panjang kapal dalam meter

D adalah tinggi kapal dalam meter

2. Apabila D lebih kecil dari seperlimabelas panjang kapal ($L/15$), tidak ada koreksi terhadap lambung timbul.

Karena *workboat* ini memiliki nilai $L/15 = 0,800$ m dan nilai $D = 2,100$ m, nilai D lebih besar dari $L/15$, sehingga nilai lambung timbul perlu untuk dilakukan koreksi.

Koreksi lambung timbul:

$$20 (D - L/15) \text{ cm} = 20 (2,1 - 0,8) \text{ cm} = 26 \text{ cm}$$

Maka tinggi *freeboard*:

$$Fb_2 = Fb_1 + \text{koreksi tinggi}$$

$$= 35,6 \text{ cm}$$

4.8.4. Koreksi Bangunan Atas dan *Trunk*

Apabila kapal memiliki bangunan atas dan *trunk* tertutup, lambung timbul dikurangi dengan:

$$\frac{50 \Sigma (ls \times hs)}{L} \text{ cm}$$

Dimana:

L adalah panjang kapal dalam meter

ls adalah jumlah panjang efektif bangunan atas dan *trunk* tertutup dalam meter

hs adalah tinggi standar bangunan atas dan *trunk* tertutup dalam meter

Karena *workboat* ini memiliki bangunan atas, maka perlu dikoreksi.

$$ls = 2,4 \text{ m}$$

$$hs = 2,1 \text{ m}$$

$$\text{Koreksi} = 21 \text{ cm}$$

$$Fb_3 = Fb_2 + \text{koreksi bangunan atas}$$

$$= 35,6 - 21 \text{ cm}$$

$$Fb_3 = 14,6 \text{ cm}$$

4.8.5. Koreksi *Sheer*

Koreksi *sheer* dihitung sebagai berikut:

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

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

Koreksi *sheer* ditetapkan sebagai berikut:

c. A lebih besar dari 0, koreksi ditetapkan = A cm

d. A lebih besar dari 0, dan harga mutlak A lebih besar dari B, koreksi ditetapkan = -B cm

e. A lebih kecil dari 0, dan harga mutlak A lebih kecil dari B, koreksi ditetapkan = A cm

Maka:

$$B = 1,5 \text{ cm}$$

$$A = 17,5 \text{ cm}$$

$$\text{Koreksi} = 17,5 \text{ cm}$$

$$Fb_4 = 32,1 \text{ cm}$$

4.8.6. Lambung Timbul Minimum

Lambung timbul minimum Air Laut (L) untuk kapal tipe B adalah lambung timbul setelah dikoreksi dengan penambahan atau pengurangan. Besarnya lambung timbul tidak boleh kurang dari 15 (lima belas) cm. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan lambung timbul minimum *workboat* adalah sebesar 32,1 cm.

4.8.7. Pengecekan Lambung Timbul

Setelah dilakukan perhitungan lambung timbul maka perlu untuk dilakukan pengecekan terhadap lambung timbul yang telah didesain dengan lambung timbul minimum.

$$Fb \text{ min} = 0,321 \text{ m}$$

$$H-T = 1,4 \text{ m}$$

Karena $H-T > Fb \text{ min}$ maka lambung timbul yang telah didesain memenuhi persyaratan.

4.9. Perhitungan Trim

Batasan *trim* menurut *Non-Convention Vessel Standard (NCVS) 2009 Chapter II*, yang mana batasan *trim*-nya adalah tidak melebihi 0,3 meter untuk ketentuan kapal yang memiliki bentuk hulan lancip dan buritan datar serta memiliki panjang L_{BP} kurang dari 45 meter. Perhitungan dilakukan dengan berbagai kondisi simulasi, yaitu:

1. *Loadcase 1* :Keberangkatan (*Consumable* 100%, Muatan 100%, Kru 3 orang, Ahli Pandu 3 orang, Bea Cukai 3 orang, Syahbandar 3 orang)
2. *Loadcase 2* :Perjalanan (*Consumable* 50%, Muatan 50%, Kru 3 orang, Ahli Pandu 0 orang, Bea Cukai 0 orang, Syahbandar 0 orang)
3. *Loadcase 3* :Kedatangan (*Consumable* 0%, Muatan 0%, Kru 3 orang, Ahli Pandu 0 orang, Bea Cukai 0 orang, Syahbandar 0 orang)

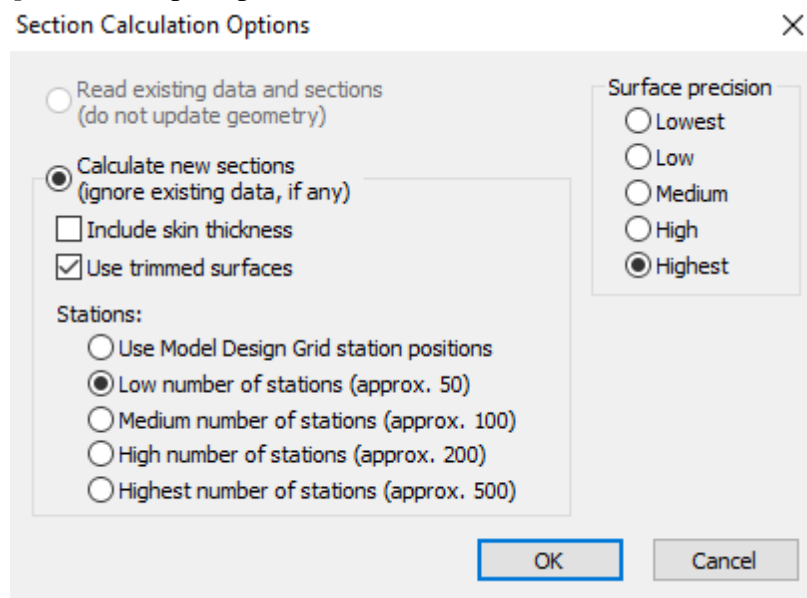
Rekapitulasi kondisi *trim workboat* yang dihitung menggunakan *software Maxsurf Stability* disajikan pada Tabel 4.20

Tabel 4.20 Rekapitulasi *Trim*

No.	Kondisi	Nilai Trim (m)	Trim	Syarat
1	Keberangkatan (<i>Consumable</i> 100%, Muatan 100%, Kru 3 orang, Ahli Pandu 3 orang, Bea Cukai 3 orang, Syahbandar 3 orang)	0,136	Buritan	<i>Pass</i>
2	Perjalanan (<i>Consumable</i> 50%, Muatan 50%, Kru 3 orang, Ahli Pandu 0 orang, Bea Cukai 0 orang, Syahbandar 0 orang)	0,146	Buritan	<i>Pass</i>
3	Kedatangan (<i>Consumable</i> 0%, Muatan 0%, Kru 3 orang, Ahli Pandu 0 orang, Bea Cukai 0 orang, Syahbandar 0 orang)	0,150	Buritan	<i>Pass</i>

4.10. Perhitungan Stabilitas

Pada pengerjaan Tugas Akhir ini perhitungan stabilitas kapal dilakukan dengan *Software Maxsurf Stability*. Kriteria stabilitas yang digunakan dalam perhitungan *Intact Stability* dari *High Speed Craft (HSC Code) 2000* dan *IMO A.749 (18) Code on Intact Stability*. Tahapan dari pengerjaan stabilitas *workboat* dimulai dengan membuka *software Design Modeler* lambung kapal, klik *file – open* dan buka *file* hasil pemodelan lambung kapal yang telah dilakukan sebelumnya. Pada kotak dialog *Section Calculation Options* pilih *Calculate new sections*. Pada pilihan *Stations* pilih *low number of stations (approx. 50)* dan pilih *highest* pada jenis *Surface precision* seperti pada Gambar 4.4



Gambar 4.4 Kotak Dialog *Section Calculation*

Setelah *file* model lambung kapal terbuka, maka dilanjutkan dengan memasukkan desain tangki – tangki yang sudah dibuat pada saat perencanaan tangki. Pada tahap ini yang perlu diperhatikan adalah penentuan massa jenis muatan. Pada *Software Stability Analysis* lambung kapal terdapat analisis massa jenis (*density*) muatan yang berdasarkan massa jenis dari tiap – tiap muatan tangki tersebut seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.5

	Name	Type	Intact Perm. %	Damaged Perm. %	Specific gravity	Fluid type
1	Fuel Oil 1	Tank	100	100	0.9443	Fuel Oil
2	Fuel Oil 2	Tank	100	100	0.9443	Fuel Oil
3	Diesel Oil Tank	Tank	100	100	0.84	Diesel
4	Oil Tank 1	Tank	100	100	0.8	Oil
5	Oil Tank 2	Tank	100	100	0.8	Oil
6	Fresh Water Tank	Tank	100	100	1	Fresh Water

Gambar 4.5 Perencanaan Tangki pada *Maxsurf Stability*

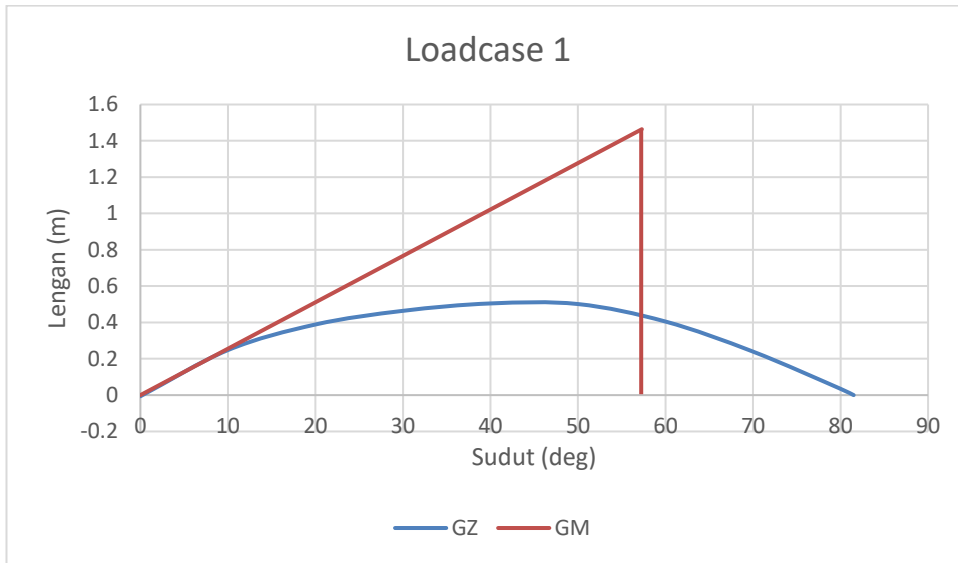
Setelah perencanaan tangki selesai, maka dilakukan input data berat kapal yang lainnya. Pada pengerjaan Tugas Akhir ini data berat kapal yang dimasukkan adalah berat kapal kosong dan LCG kapal. Selanjutnya adalah pemilihan kriteria stabilitas untuk kapal. Pada pengerjaan Tugas Akhir ini kriteria yang digunakan adalah *Intact Stability High – Speed Craft (HSC Code) 2000* sebagai berikut:

- Kriteria cuaca yang terkandung dalam paragraf 3.2 dari *Intact Stability Code* berlaku nilai tekanan angin P (N/m^2) yaitu $(500 \{V_w / 26\}^2)$, di mana V_w = kecepatan angin (m/s) yang sesuai dengan kondisi yang dimaksudkan terburuk.
- Luas (A) dibawah kurva lengan pengembali (kurva GZ) sampai sudut 30 derajat tidak kurang dari 3,151 m.deg
- Luas dibawah kurva antara $\theta = 30^\circ$ dan $\theta = 40^\circ$ tidak boleh kurang dari 1,719 m.deg
- Maksimal GZ pada $\theta = 30^\circ$ atau lebih tidak boleh kurang dari 0,2 m
- GZ maksimal harus terjadi pada sudut minimal 15°
- Ketinggian metasenter (GM) tidak boleh kurang dari 0,150 m

Selain itu, untuk perhitungan stabilitas juga digunakan persyaratan dari IMO A.749 (18) *Code on Intact Stability* untuk mengetahui stabilitas kapal ketika terjadi *passenger crowding*. Kriteria *passanger crowding* menurut IMO A.749 (18) *Code on Intact Stability* adalah sudut equilibrium tidak boleh lebih besar dari 10° . Setelah itu dilakukan analisis stabilitas menggunakan *Software Maxsurf Stability* pada setiap kondisi stabilitas, berikut merupakan grafik GZ pada setiap kondisi *loadcase*.

1. *Loadcase 1*

Pada *loadcase 1* diasumsikan muatan dengan kondisi *consumable* 100%, muatan 100%, kru 3 orang, ahli pandu 3 orang, bea cukai 3 orang, dan syahbandar 3 orang. *Loadcase* tersebut dilakukan analisa stabilitas dengan *software maxsurf stability*. Dari hasil analisa yang dilakukan didapatkan nilai luasan pada sudut 0° sampai 30° adalah sebesar 8,843 m.deg, nilai luasan pada sudut 30° sampai 40° adalah 4,869 m.deg, nilai maximum GZ pada sudut 30° atau lebih adalah 0,512 m, sudut pada GZ maximum adalah sebesar $45,5^\circ$, dan GM awal bernilai 1,464 serta nilai untuk kriteria *passenger crowding* adalah $4,4^\circ$. Nilai-nilai yang telah didapatkan tersebut kemudian dibandingkan dengan kriteria yang disyaratkan oleh HSC 2000 *Code* serta IMO A.749 (18) *Code on Intact Stability* dan didapatkan bahwa nilai tersebut telah sesuai. Adapun grafik stabilitas pada *loadcase 1* ditunjukkan pada Gambar 4.6



Gambar 4.6 Grafik Stabilitas pada *Loadcase 1*

2. *Loadcase 2*

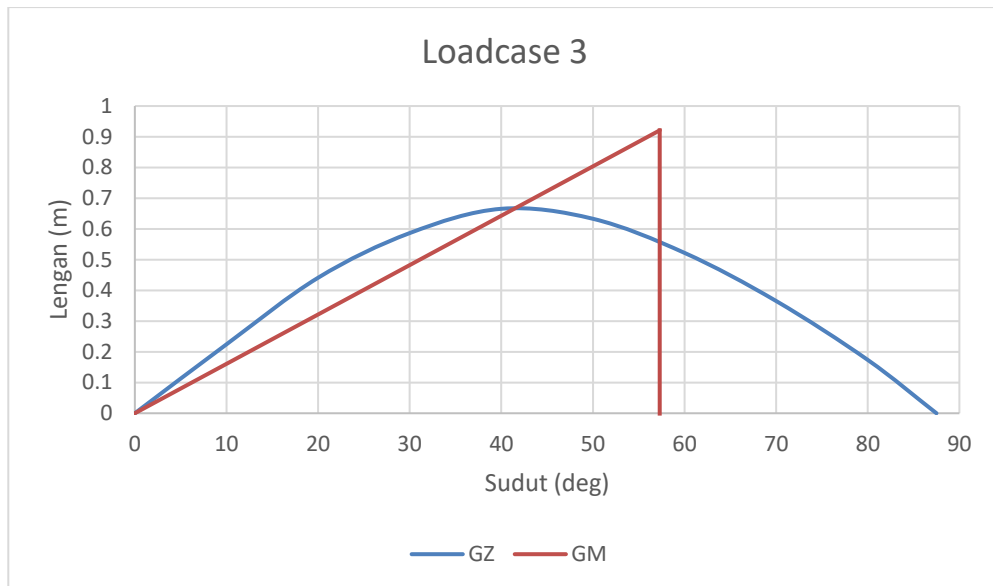
Pada *loadcase 2* diasumsikan muatan dengan kondisi *consumable* 50%, muatan 50%, kru 3 orang, ahli pandu 0 orang, bea cukai 0 orang, dan syahbandar 0 orang . Dari hasil analisa didapatkan nilai luasan pada sudut 0° sampai 30° adalah sebesar 9,235 m.deg, nilai luasan pada sudut 30° sampai 40° adalah 5,464 m.deg, nilai maximum GZ pada sudut 30° atau lebih adalah 0,573 m, sudut pada GZ maximum adalah sebesar 42,7°, dan GM awal bernilai 1,190 m serta nilai *passenger crowding* adalah 5,5°. Nilai-nilai yang telah didapatkan dibandingkan dengan kriteria yang disyaratkan oleh HSC 2000 *Code* serta IMO A.749 (18) *Code* dan didapatkan bahwa nilai telah sesuai. Grafik stabilitas pada *loadcase 2* ditunjukkan pada Gambar 4.7



Gambar 4.7 Grafik Stabilitas pada *Loadcase 2*

3. Loadcase 3

Pada *loadcase 3* diasumsikan muatan dengan kondisi *consumable 0%*, muatan 0% , kru 3 orang, ahli pandu 0 orang, bea cukai 0 orang, dan syahbandar 0 orang. Kemudian *loadcase* tersebut dilakukan analisa stabilitas dengan menggunakan bantuan *software maxsurf stability*. Dari hasil analisa yang dilakukan didapatkan nilai luasan pada sudut 0° sampai 30° adalah sebesar $9,675 \text{ m.deg}$, nilai luasan pada sudut 30° sampai 40° adalah $6,333 \text{ m.deg}$, nilai maximum GZ pada sudut 30° atau lebih adalah $0,668 \text{ m}$, sudut pada GZ maximum adalah sebesar $41,8^\circ$, dan GM awal bernilai $0,921$ serta nilai untuk kriteria *passenger crowding* adalah $7,8^\circ$. Nilai-nilai yang telah didapatkan tersebut kemudian dibandingkan dengan kriteria yang disyaratkan oleh HSC 2000 Code serta IMO A.749 (18) Code on Intact Stability dan didapatkan bahwa nilai tersebut telah sesuai. Adapun grafik stabilitas pada *loadcase 3* ditunjukkan pada Gambar 4.8



Gambar 4.8 Grafik Stabilitas pada *Loadcase 3*

Rekapitulasi hasil pemeriksaan dari tiap kondisi *loadcase* dengan kriteria berdasarkan HSC 2000 Code dan IMO A.749 (18) Code on Intact Stability ditunjukkan pada Tabel 4.21

Tabel 4.21 Rekapitulasi Perhitungan Stabilitas

Code	No	Kriteria	Loadcase 1	Loadcase 2	Loadcase 3	Kriteria	Ket.
HSC 2000 Code for Monohull	1	Weather criterion from IMO A.749(18):					
		Angle of steady heel (deg)	9,8	11,5	13,6	≤ 16	Pass
		Marginline immersion angle (%)	20,42	23,05	25,61	< 80	Pass
		Area1 / Area2 (%)	113,60	110,67	106,07	≥ 100	Pass

<i>Code</i>	<i>No</i>	<i>Kriteria</i>	<i>Loadcase 1</i>	<i>Loadcase 2</i>	<i>Loadcase 3</i>	<i>Kriteria</i>	<i>Ket.</i>
<i>HSC 2000 Code for Monohull</i>	2	<i>Area 0 to 30 (m.deg)</i>	8,843	9,235	9,675	$\geq 3,151$	<i>Pass</i>
	3	<i>Area 30 to 40 (m.deg)</i>	4,869	5,464	6,333	$\geq 1,719$	<i>Pass</i>
	4	<i>Max GZ at 30° or greater (m)</i>	0,512	0,573	0,668	$\geq 0,2$	<i>Pass</i>
	5	<i>Angle of Max. GZ (deg)</i>	45,5	42,7	41,8	≥ 15	<i>Pass</i>
	6	<i>Initial GMt (m)</i>	1,464	1,190	0,921	$\geq 0,15$	<i>Pass</i>
<i>IMO A.749 (18) Code on Intact Stability.</i>	1	<i>Passenger crowding: angle of equilibrium (deg)</i>	4,4	5,5	7,8	< 10	<i>Pass</i>

BAB 5

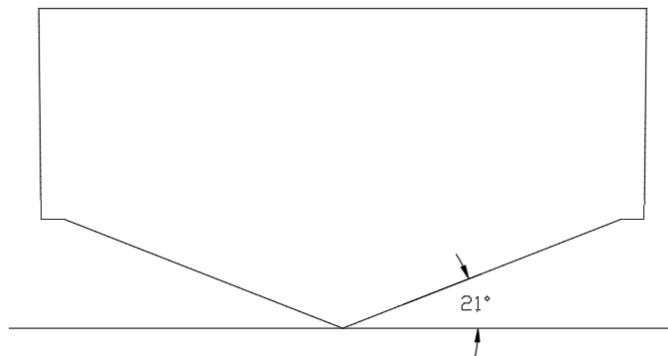
DESAIN *WORKBOAT*

5.1. Desain *Lines Plan*

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

5.1.1. Bentuk *Midship Section*

Dalam pembuatan rencana garis hal yang pertama dilakukan adalah menentukan bentuk *midship* kapal. Tinjauan yang dilakukan pada penentuan *midship section* adalah penentuan bentuk *midship*. Penentuan bentuk *midship* ditinjau berdasarkan nilai F_n kapal. Untuk F_n yang bernilai antara 0,5-0,7 menggunakan bentuk U, sedangkan untuk F_n di antara 0,8-0,9 menggunakan bentuk V (van Oossanen, 2009). Dikarenakan kapal ini memiliki F_n 0,806 maka bentuk *midship* kapal ini menggunakan V dan memiliki *rise of floor*. Bentuk *midship section workboat* ditunjukkan seperti pada Gambar 5.1

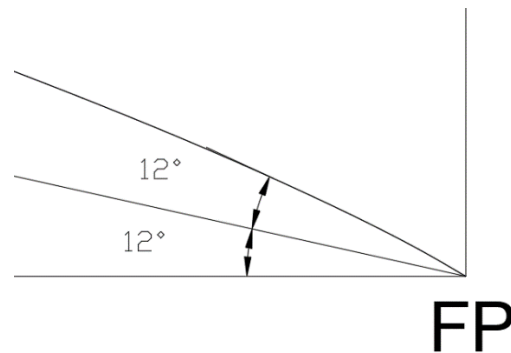


Gambar 5.1 Bentuk *Midship Section Workboat*

5.1.2. Bentuk Haluan

Dalam menentukan bentuk haluan pada kapal, ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan bentuk haluan yaitu *angel of entrance* (AoE). AoE merupakan sudut antara potongan kapal dengan sarat kapal (H. Schneekluth and V. Bertram, 1998). Nilai dari AoE ditinjau berdasarkan tabel i_e yang dihitung berdasarkan nilai C_p .

Workboat ini memiliki nilai C_p sebesar 0,676 maka dilakukan interpolasi sehingga didapatkan nilai i_e sebesar 12 derajat. Bentuk AoE *workboat* ditunjukkan seperti pada Gambar 5.2



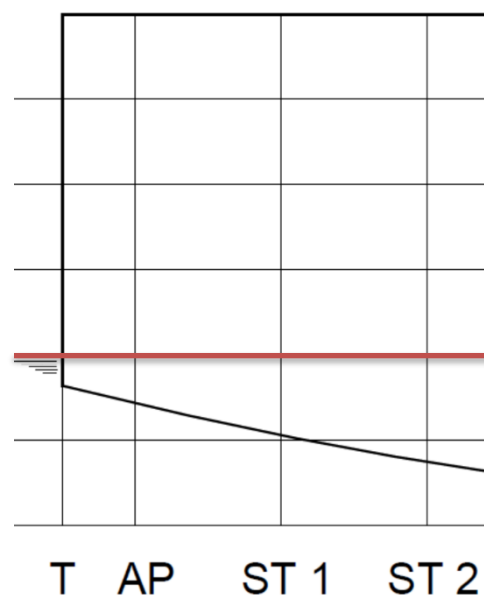
Gambar 5.2 *Angel of Enterance Workboat*

5.1.3. Bentuk Transom Kapal

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

1. $F_n < 0.3$ Transom berada di atas sarat kapal
2. $F_n \approx 0.3$ Transom berada sedikit di bawah sarat kapal
3. $F_n \approx 0.5$ Transom berada lebih jauh dari sarat kapal dengan nilai $t = 10 - 15\%T$
4. $F_n > 0.5$ Transom berada di bawah sarat kapal dengan nilai $t = 15 - 20\%T$

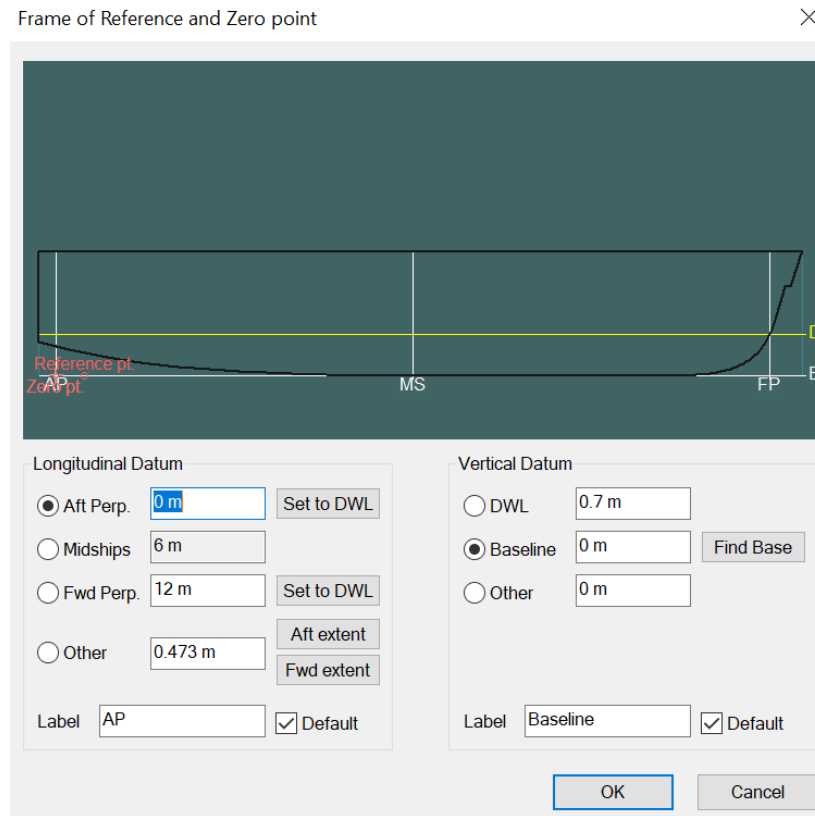
Berdasarkan nilai F_n yang telah dihitung, didapatkan nilai 0,806 maka bentuk transom berada di bawah sarat kapal sehingga bentuk transom *workboat* ditunjukkan seperti pada Gambar 5.3



Gambar 5.3 Bentuk *Transom Workboat*

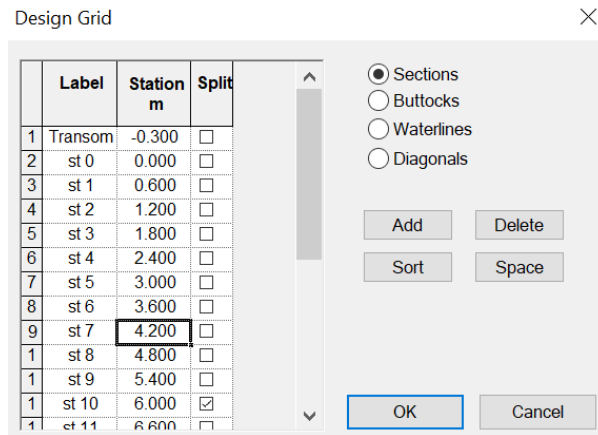
5.1.4. Pembuatan *Lines Plan*

Dalam pembuatan rencana garis ini, digunakan software *Maxsurf Modeler Advanced* dan software *AutoCAD*. Pada program *Maxsurf Modeler Advanced*, desainer membuat rancangan desain 3D lambung kapal dengan mengatur sedemikian rupa sehingga memiliki karakteristik yang sama dengan hasil tertentu (memiliki ukuran utama, *displacement*, CB, CP, dan LCB dengan toleransi tertentu) dan bentuk lambung yang *smooth*. Langkah awal membuat model adalah penentuan *frame of reference* dan *zero point*. Pada perancangan ini *zero point* ditentukan pada *base line* di AP. Selanjutnya *zero point* tersebut diaplikasikan ke desain. Pada proses ini dilakukan juga penentuan sarat dan penentuan panjang *perpendiculars* (LPP) seperti pada Gambar 5.4



Gambar 5.4 Penentuan *Frame of Reference* dan *Zero Point*

Di dalam *Maxsurf Modeler Advanced* telah disediakan pandangan dari beberapa sudut (tampak depan dan atau tampak belakang, tampak samping, tampak atas dan pandangan perspektif) yang mempermudah desainer untuk memperbaiki atau *editing* model lambung kapal. Desain *body plan*, *sheer plan*, dan *half breadth plan* didapatkan dengan cara mengatur jumlah dan spasi *grid* model seperti Gambar 5.5. Jumlah *station* yang ditentukan adalah 21 garis dengan jarak 0,60 m, jumlah *buttocks* 9 garis dengan jarak 0,25 m, dan jumlah *waterlines* 7 garis dengan jarak 0,35 m.



Gambar 5.5 Pengaturan *Design Grid*

Setelah dilakukan langkah-langkah di atas, maka didapatkan tampilan *lines plan* pada *Maxsurf Modeler Advanced*. Kemudian dilakukan pengecekan karakteristik hidrostatik desain lambung untuk memastikan model telah sesuai dengan parameter ukuran utama dan koefisien. Tampilan data hidrostatik kapal ditunjukkan seperti pada Gambar 5.6

	Measurement	Value	Units
1	Displacement	10.54	t
2	Volume (displaced)	10.285	m ³
3	Draft Amidships	0.700	m
4	Immersed depth	0.700	m
5	WL Length	12.301	m
6	Beam max extents on WL	3.623	m
7	Wetted Area	38.816	m ²
8	Max sect. area	1.256	m ²
9	Waterpl. Area	34.139	m ²
1	Prismatic coeff. (Cp)	0.666	
1	Block coeff. (Cb)	0.330	
1	Max Sect. area coeff. (Cm)	0.500	
1	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.766	
1	LCB length	5.351	from zero pt. (+ve f)
1	LCF length	4.774	from zero pt. (+ve f)
1	LCB %	43.498	from zero pt. (+ve f)
1	LCF %	38.807	from zero pt. (+ve f)
1	KB	0.487	m
1	KG fluid	0.000	m
2	BMT	2.950	m
2	BML	31.075	m
2	GMt corrected	3.437	m
2	GML	31.563	m
2	KMt	3.437	m
2	KML	31.563	m
2	Immersion (TPc)	0.350	tonne/cm
2	MTC	0.277	tonne.m
2	RM at 1deg = GMt Disp sin(1)	0.632	tonne.m
2	Length Beam ratio	3.396	
3	Beam Draft ratio	5.175	

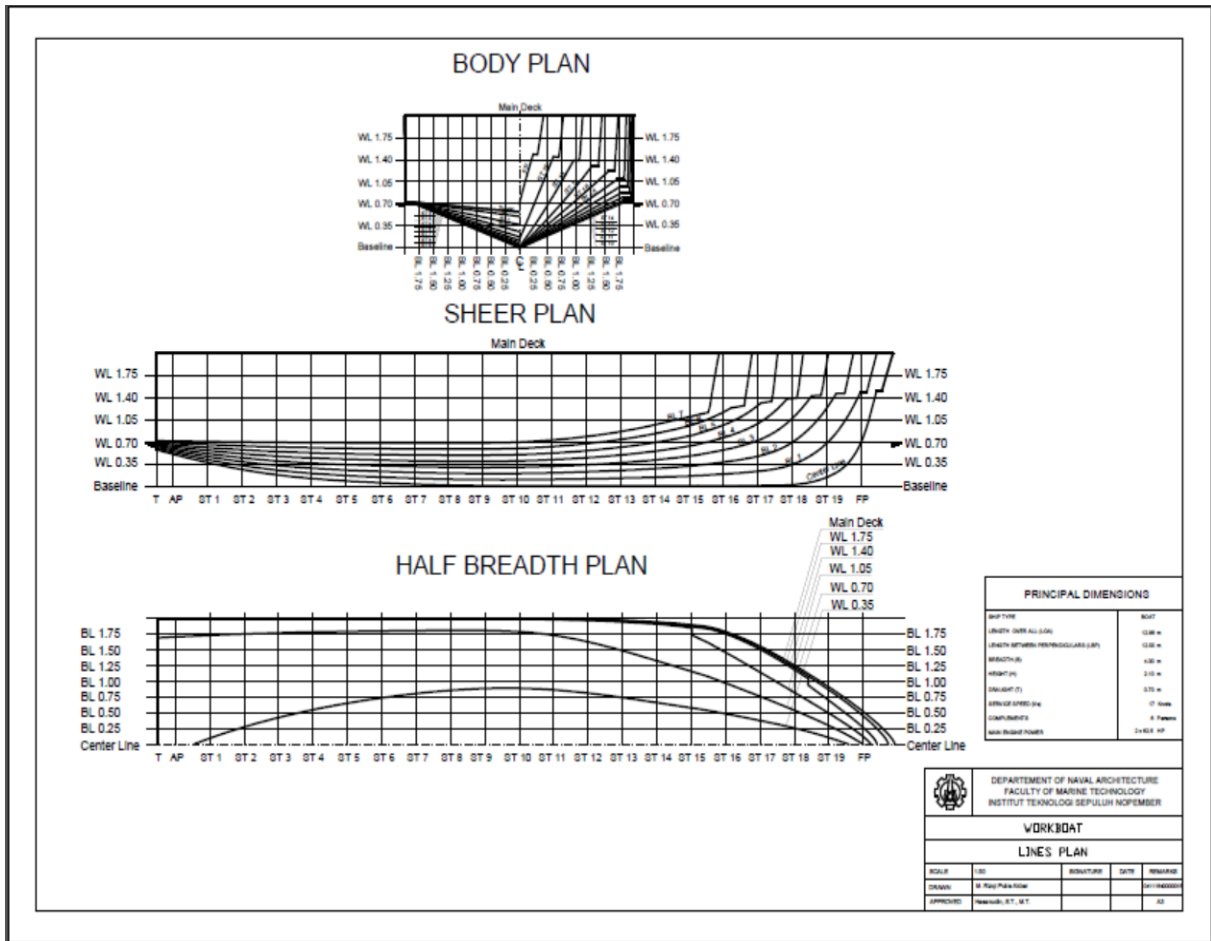
Density (water)

Std. densities

VCG

Gambar 5.6 Data Hidrostatik

Model gambar *body plan*, *sheer plan*, dan *half breadth plan* yang karakteristik hidrostatnya telah sesuai dengan parameter, kemudian diekspor kedalam format .dxf 2D untuk dilakukan *finishing* desain *lines plan* pada *software AutoCAD*. Sehingga didapatkan gambar Rencana Garis seperti pada Gambar 5.7. Untuk lebih jelas, gambar *lines plan* dapat dilihat pada Lampiran B laporan Tugas Akhir ini.



Gambar 5.7 Rencana Garis *Workboat*

5.2. Desain *General Arrangement*

Dari gambar *Lines Plan* yang sudah di buat, maka dapat dibuat gambar *General Arrangement* dari kapal *workboat*. *General Arrangement* didefinisikan sebagai perencanaan ruangan yang dibutuhkan sesuai dengan fungsi dan perlengkapan kapal. Pembuatan *General Arrangement* dilakukan dengan bantuan *software AutoCAD*. Pembuatan *General Arrangement* pada *workboat* ini memerhatikan penentuan peletakan sekat, penjabaran ruangan setiap level, dan perlengkapan keselamatan. Pada desain *workboat* ini, desain *general arrangement* dibuat berdasarkan 4 skenario yang telah ditentukan yaitu pada saat kapal melaksanakan kegiatan pandu, melokalisasi tumpahan minyak, pembersihan tumpahan minyak dan pemadam kebakaran.

5.2.1. Penentuan Sekat

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

1. Sekat Tubrukan

Peletakan sekat tubrukan dilakukan berdasarkan aturan yang ditentukan dalam Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) *Volume II: Rules for Classification and Construction*. Sekat tubrukan diletakan pada jarak 1,2 m atau berjarak 2 jarak gading dari FP.

2. Sekat Depan Kamar Mesin

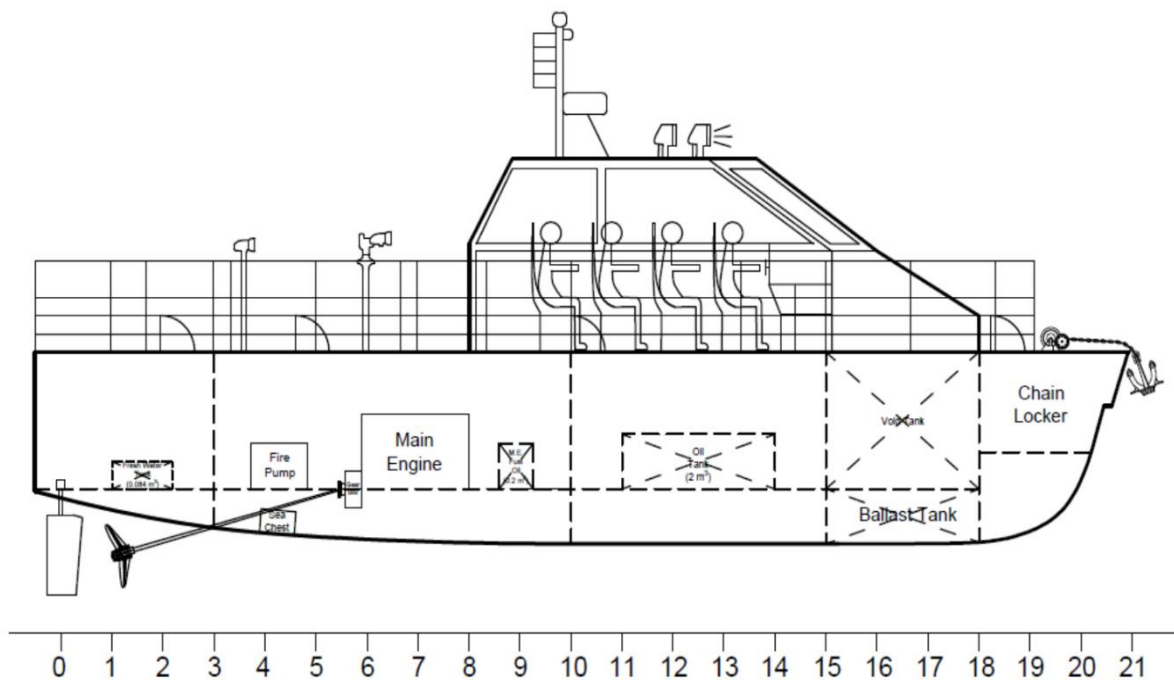
Peletakan sekat depan kamar mesin diletakan pada jarak 6,0 m dari AP atau sebesar 10 jarak gading

3. Sekat Belakang Kamar Mesin

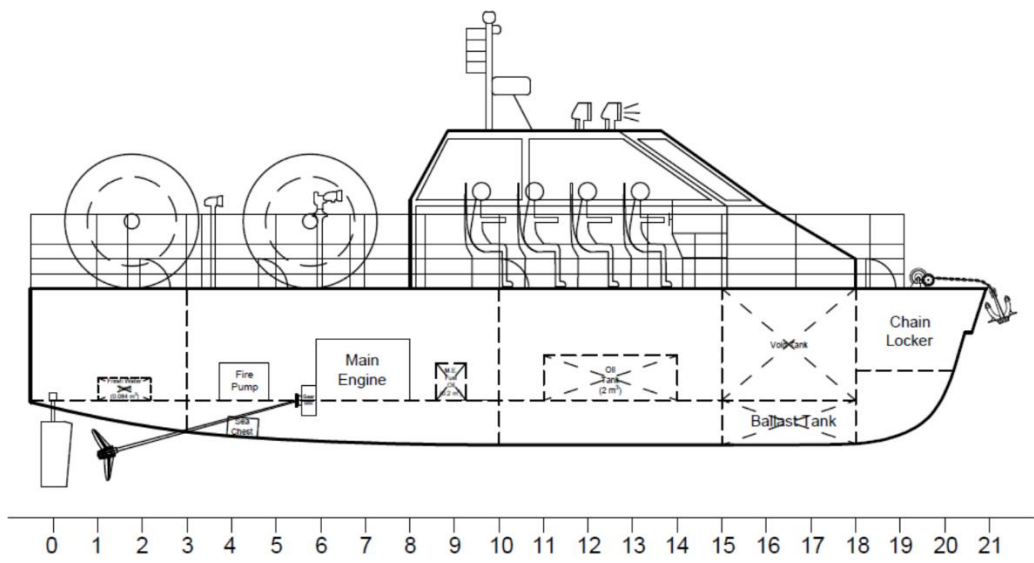
Peletakan sekat belakang kamar mesin diletakan pada jarak 1,8 m dari AP atau sebesar 3 jarak gading.

5.2.2. Side View

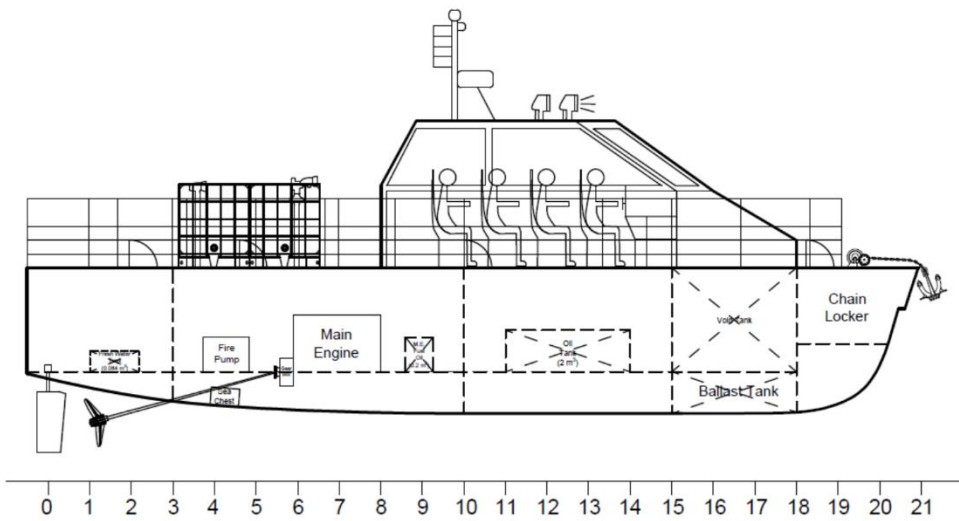
Pada permodelan rencana umum kapal ini dilakukan pemroyeksian *layout* kapal tampak samping. Jarak gading pada kapal ini adalah 600 mm. Detail pemodelan rencana umum *workboat* tampak samping dibuat berdasarkan 4 skenario yang telah ditentukan yaitu pada saat kapal melaksanakan kegiatan pandu seperti ditunjukkan pada Gambar 5.8, melokalisasi tumpahan minyak seperti ditunjukkan pada Gambar 5.9, pembersihan tumpahan minyak seperti ditunjukkan pada Gambar 5.10 dan pemadam kebakaran seperti ditunjukkan Gambar 5.11



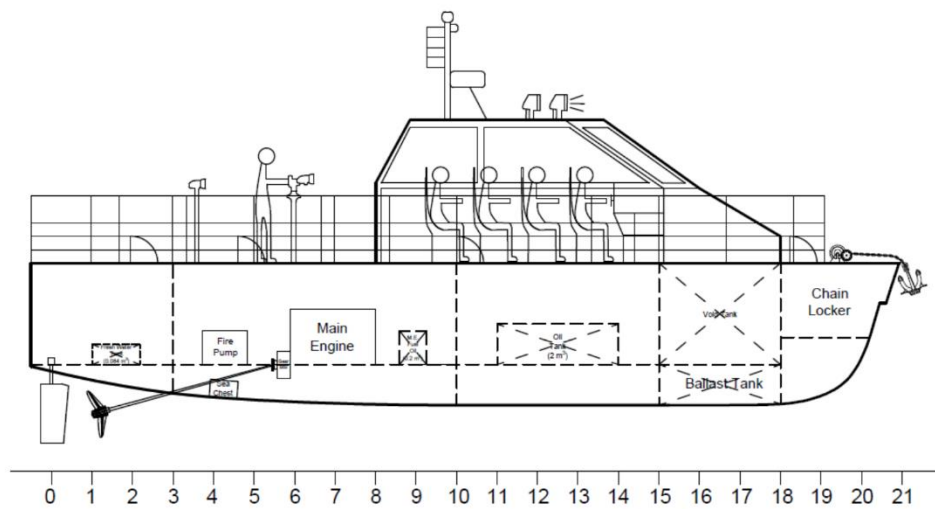
Gambar 5.8 Side View Workboat Sebagai Pandu



Gambar 5.9 Side View Workboat untuk Melokalisasi Tumpahan Minyak



Gambar 5.10 Side View Workboat untuk Membersihkan Tumpahan Minyak



Gambar 5.11 Side View Workboat Sebagai Pemadam Kebakaran

5.2.3. Main Deck

Layout dari *main deck* pada rencana umum diproyeksikan secara tampak atas. *Main deck* memiliki dua bagian utama yaitu *crew room* dan *workspace*.

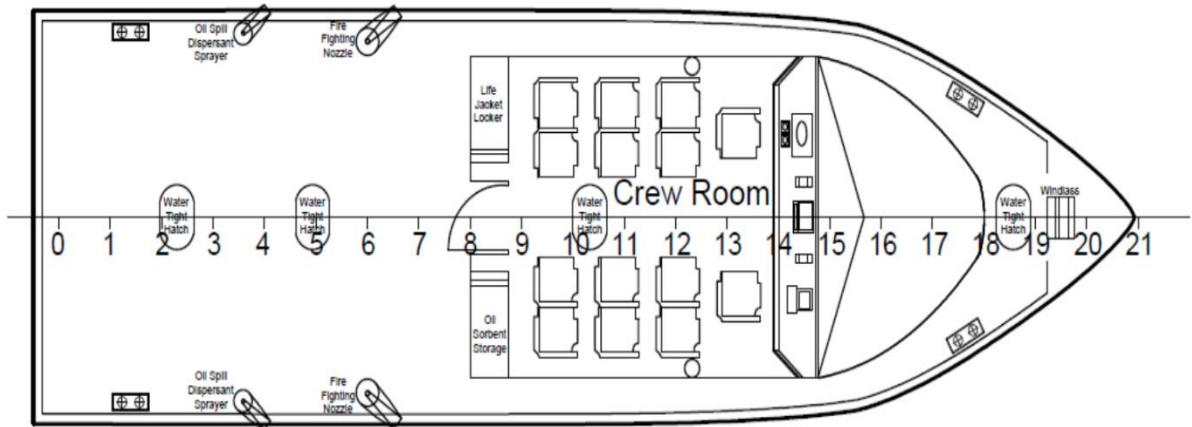
1. Crew room

Crew room berfungsi sebagai ruang utama bagi para kru *workboat* untuk mengoperasikan kapal dan juga ruang bagi ahli pandu, bea cukai dan syahbandar. *Crew room* ini memiliki beberapa fasilitas utama berupa peralatan navigasi (*radar, GPS, auto pilot, compass, electronic chart, speed log, dll*), kursi, *fire extinguisher, life jacket locker*, dan *P3K locker*. Peralatan navigasi berfungsi untuk merencanakan dan menavigasi perjalanan kapal di laut, sehingga kapal dapat berlayar dengan aman. Untuk kursi kapal, dilengkapi sabuk pengaman (*seat belt*) untuk menahan *crew* agar tetap di tempat apabila terjadi guncangan gelombang atau manuver kapal. Kemudian pada dinding bagian kanan dan kiri, dilengkapi dengan alat pemadam kebakaran (*fire extinguisher*). Alat ini berguna sebagai alat proteksi kebakaran aktif yang digunakan untuk memadamkan atau mengendalikan kebakaran kecil di kapal. Pada bagian belakang *crew room* sebelah kiri, terdapat *life jacket locker* yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan *life jacket*. Sedangkan di bagian belakang sebelah kanan, terdapat *oil sorbent storage* yang berfungsi untuk menyimpan peralatan penanggulangan tumpahan minyak berupa *oil sorbent*.

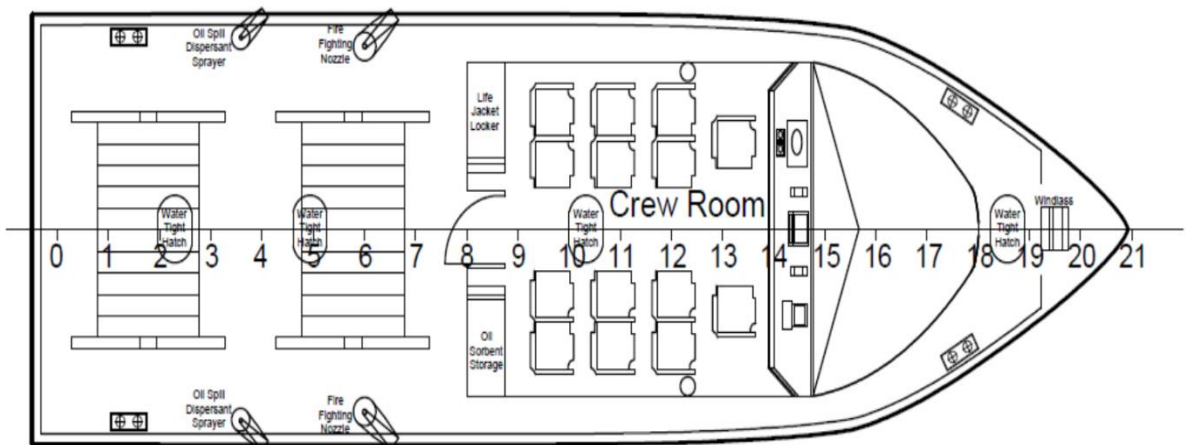
2. Workspace

Workspace adalah bagian dari *main deck* diluar *crew room*. Tepi pada area ini dilengkapi dengan *guard railing* untuk menjaga orang yang berada di atas geladak tersebut tetap aman. Sedangkan pada bagian belakang merupakan *railing* yang dapat dibuka tutup yang merupakan akses untuk keluar masuk kru, alat-alat pekerjaan dan lain-lain. Kemudian, disisi kanan dan kiri terdapat *firefighting nozzle* yang berfungsi untuk memadamkan kapal atau objek lain yang terbakar serta terdapat pula *oil spill dispersant sprayer* yang berfungsi untuk menyemprotkan *oil spill dispersant* ketika terjadi tumpahan minyak. Pada desain *general arrangement workboat* ini, *workspace* dibedakan berdasarkan 4 skenario yang telah ditentukan yaitu pada saat kapal melaksanakan kegiatan pandu, melokalisasi tumpahan minyak, pembersihan tumpahan minyak dan pemadam kebakaran. Ketika kapal melakukan fungsi pandu seperti pada Gambar 5.12 *workspace* tidak digunakan untuk menaruh barang dikarenakan ahli pandu, petugas bea cukai dan syahbandar berada di dalam *crew room*. Ketika kapal melakukan fungsi untuk melokalisir tumpahan minyak seperti pada Gambar 5.13 *workspace* digunakan untuk meletakkan *oil rel* yang berisikan *oil boom*. Ketika kapal melakukan fungsi pembersihan

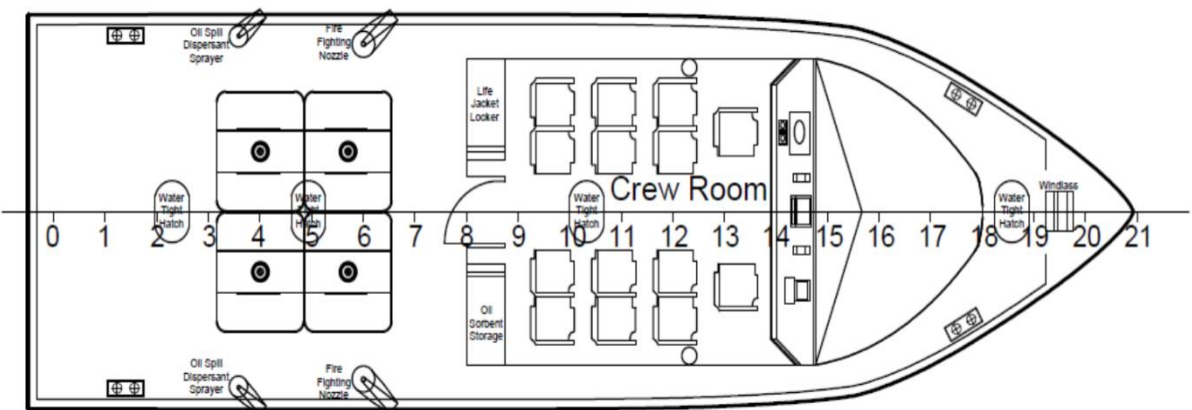
tumpahan minyak seperti pada Gambar 5.14 *workspace* digunakan untuk meletakkan *temporary storage tank* membawa tumpahan minyak ke daratan hasil dari penyaringan oleh *oil skimmer*. Dan ketika kapal melakukan fungsi pemadam kebakaran seperti pada Gambar 5.15 *workspace* digunakan oleh petugas untuk memadamkan api sehingga api tidak meluas.



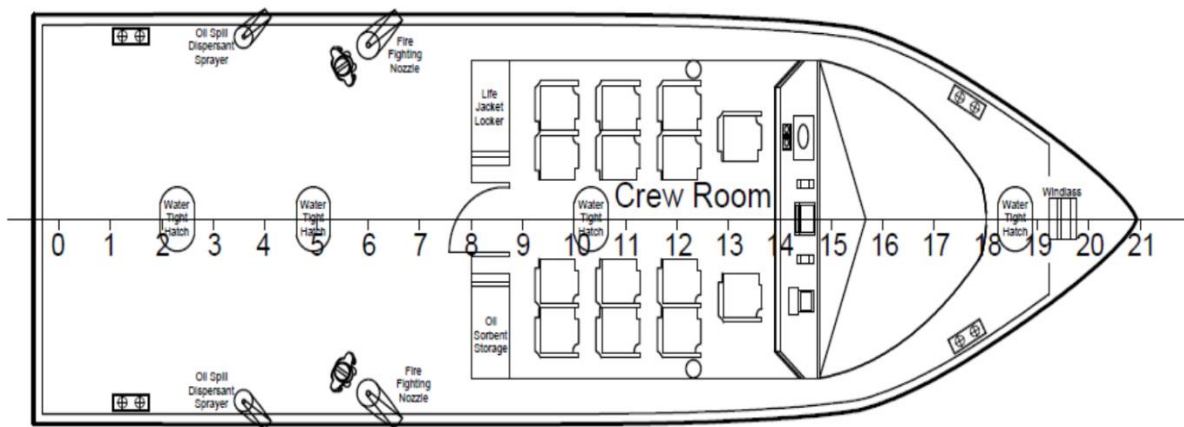
Gambar 5.12 Main Deck View Workboat Sebagai Pandu



Gambar 5.13 Main Deck View Workboat untuk Melokalisasi Tumpahan Minyak



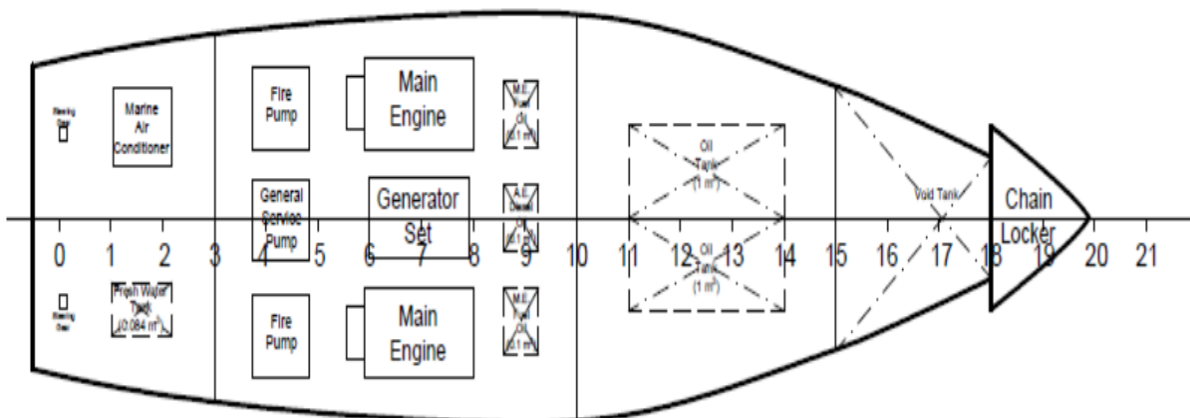
Gambar 5.14 Main Deck View Workboat untuk Membersihkan Tumpahan Minyak



Gambar 5.15 Side View Workboat untuk Pemadam Kebakaran

5.2.4. Lower Deck

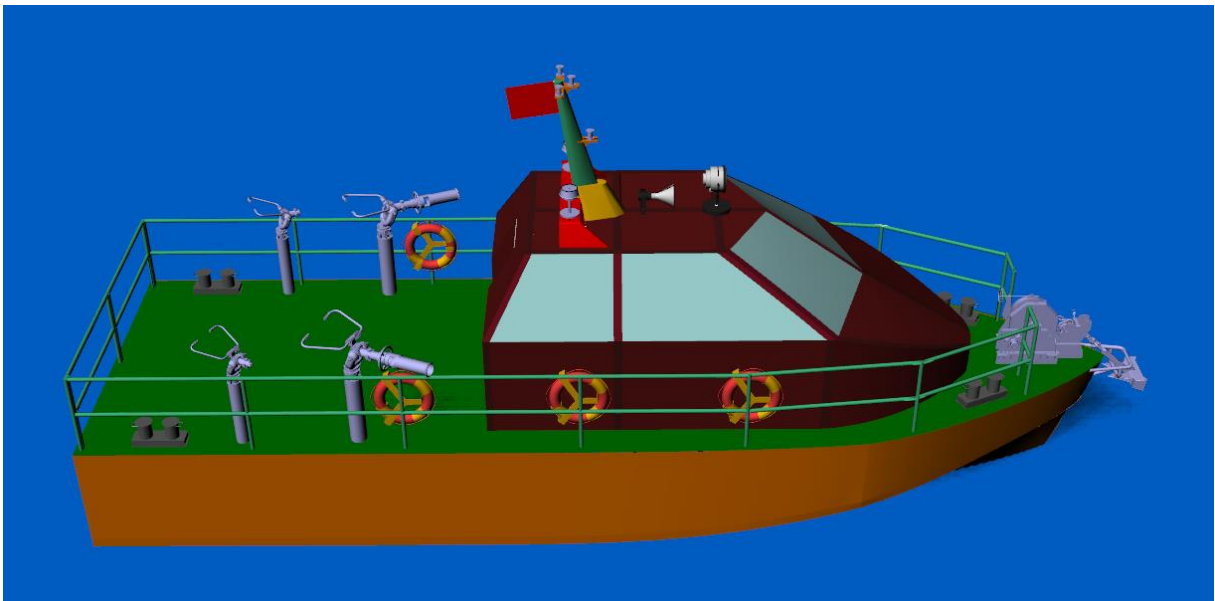
Lower Deck merupakan pandangan yang di proyeksikan tampak atas pada potongan lambung kapal dibawah main deck. Dari potongan ini terlihat tata letak permesinan di ruang mesin, dan tempat penampungan minyak (oil tank). Pada ruang mesin, terdapat sistem permesinan kapal yang terdiri dari main engine sebagai komponen penggerak utama kapal dan generator sebagai penyuplai kelistrikan di kapal. Selain itu, di ruangan ini terdapat instalasi lainnya seperti general service pump, fire fighting pump, dan air conditioning (AC). General service pump sebagai pompa yang dapat dipakai serbaguna. Kemudian fire fighting pump berfungsi untuk memompa air laut dari sea chest ke fire fighting nozzle melalui sistem perpipaan ketika sistem firefighting diaktifkan untuk melakukan proses pemadaman pada musibah kebakaran. Untuk air conditioning (AC) digunakan sebagai penyejuk ruangan di kapal. Oil tank berfungsi sebagai tempat penampungan minyak berupa oil spill dispersant. Penampang lower deck workboat ditunjukkan seperti pada Gambar 5.16



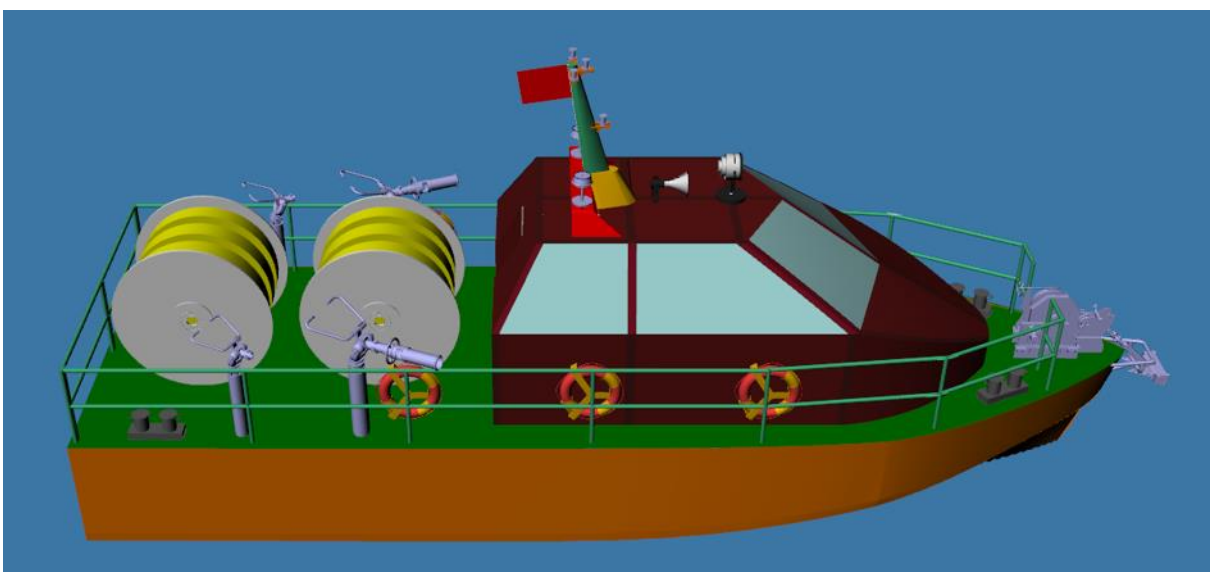
Gambar 5.16 Lower Deck View Workboat

5.3. Desain 3D

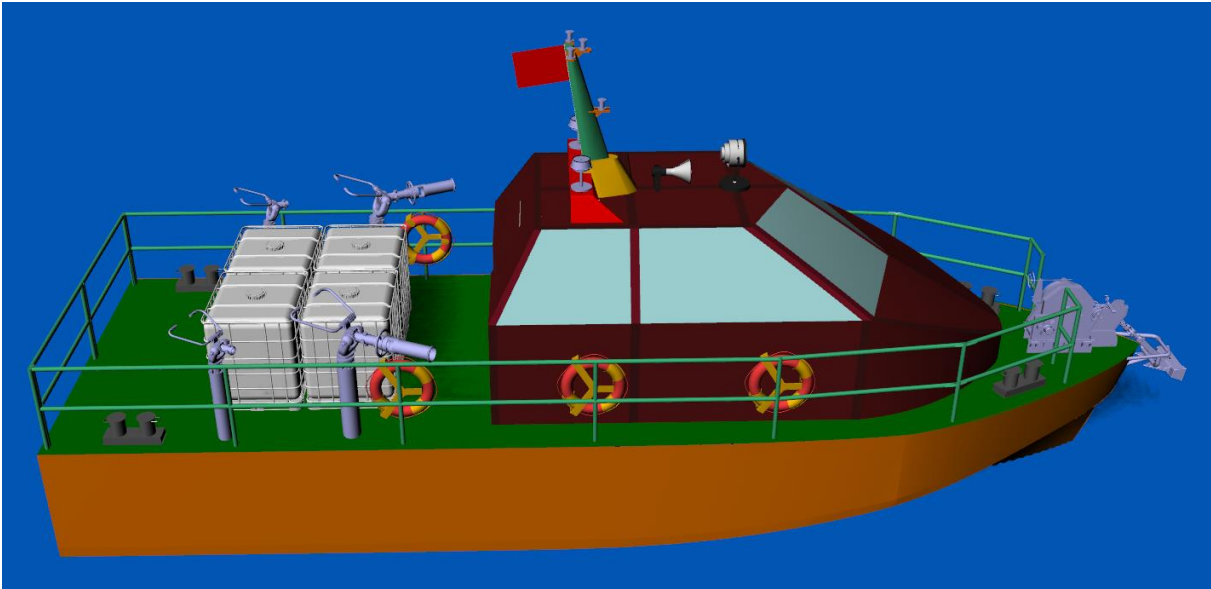
Setelah rencana garis dan rencana umum selesai didesain, maka permodelan 3D akan dibuat dengan mengembangkan bentuk lambung dari *Software Maxsurf Modeler Advanced* yang akan diexport ke ekstensi file 3D pada *Software Rhinoceros*. Permodelan 3D juga dibuat berdasarkan 4 skenario yang telah ditentukan yaitu pada saat kapal melaksanakan kegiatan pandu seperti yang terlihat pada Gambar 5.17, melokalisasi tumpahan minyak seperti yang terlihat pada Gambar 5.18, pembersihan tumpahan minyak seperti terlihat pada Gambar 5.19 dan pemadam kebakaran seperti yang terlihat pada Gambar 5.20



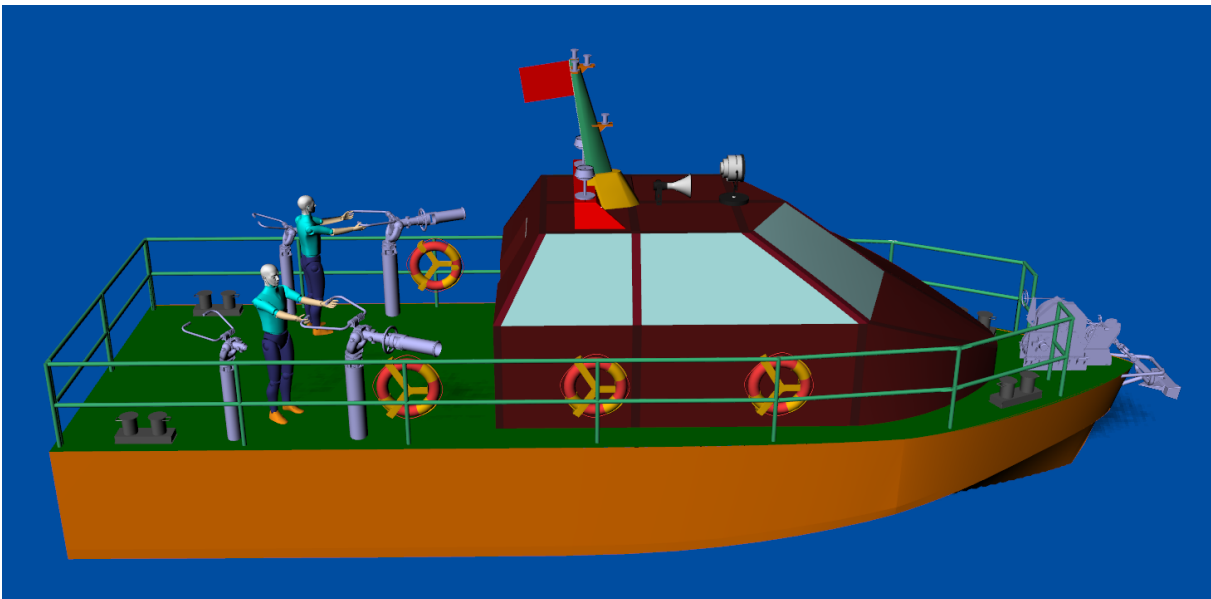
Gambar 5.17 Pemodelan 3D *Workboat* Sebagai Pandu



Gambar 5.18 Pemodelan 3D *Workboat* untuk Melokalisasi Tumpahan Minyak



Gambar 5.19 Pemodelan 3D *Workboat* untuk Membersihkan Tumpahan Minyak



Gambar 5.20 Pemodelan 3D *Workboat* Sebagai Pemadam Kebakaran

BAB 6

PERHITUNGAN BIAYA PEMBANGUNAN KAPAL

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

1. *Material cost*

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

Tabel 6.1 Perhitungan *Material Cost*

No.	Item	Value	Units
1	Lambung Kapal (<i>Hull</i>)		
	<i>(Tebal pelat = 9 mm, jenis material = alumunium)</i>		
	<i>Alibaba.com https://indonesian.alibaba.com/product-gs/aluminium-plate-aluminum-sheet-1800260082.html (per 28 November 2019)</i>		
	Harga	20,000	USD/ton
	Berat Lambung Kapal	1,704	ton
	Harga Lambung Kapal	\$ 34,080.00	USD
2	Geladak Kapal (<i>Deck</i>)		
	<i>(Tebal pelat = 8 mm, jenis material = alumunium)</i>		
	<i>Alibaba.com https://indonesian.alibaba.com/product-gs/aluminium-plate-aluminum-sheet-1800260082.html (per 28 November 2019)</i>		
	Harga	20,000	USD/ton
	Berat Geladak Kapal	0,763	ton
	Harga Geladak Kapal	\$ 15,260.00	USD
3	Bangunan Atas Kapal		
	<i>(Tebal pelat = 5 mm, jenis material = alumunium)</i>		
	<i>Alibaba.com https://indonesian.alibaba.com/product-gs/aluminium-plate-aluminum-sheet-1800260082.html (per 28 November 2019)</i>		
	Harga	20,000	USD/ton

No.	Item	Value	Units
	Berat Bangunan Atas Kapal	0,422	ton
	Harga Bangunan Atas Kapal	\$ 8,440.00	USD
Total Harga Material		\$ 57,780.00	USD
		808.920.000	Rp

2. Labour cost

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

Tabel 6.2 Perhitungan *Labour Cost*

Item	Value	Units
<i>Labour cost (20% dari biaya pembangunan awal)</i>		
Labour cost	161.784.000	Rp

3. Overhead Cost

Overhead cost merupakan biaya tambahan yang dihitung berdasarkan nilai inflasi dan pajak yang dikenakan untuk pembangunan kapal. Mengutip (Habibie, 2019) dalam Tugas Akhir ini *overhead cost* diasumsikan biaya inflasi sebesar 2% dari biaya pembangunan awal dan biaya pajak sebesar 10% dari biaya pembangunan awal. Perhitungan *overhead cost* ditunjukkan pada Tabel 6.3

Tabel 6.3 Perhitungan *Overhead Cost*

No.	Item	Value	Units
1	<i>Biaya Untuk Inflasi (2% dari biaya pembangunan awal)</i>		
	Biaya Inflasi	16.178.400	Rp
2	<i>Biaya Pajak Pemerintah (10% dari biaya pembangunan awal)</i>		
	Biaya Pajak	80.892.000	Rp
Overhead Cost		97.070.400	Rp

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

Tabel 6.4 Total Biaya Pembangunan Kapal

No.	<i>Item</i>	<i>Value</i>	<i>Units</i>
1	<i>Material Cost</i>	808.920.000	Rp
2	<i>Labour Cost</i>	161.784.000	Rp
3	<i>Overhead Cost</i>	97.070.400	Rp
Total Biaya Pembangunan Kapal		1.067.774.400	Rp

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 7

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan analisis, didapatkan kesimpulan Tugas Akhir ini sebagai berikut:

1. Didapatkan *operational requirement* berupa tugas dan fungsi, *payload*, wilayah operasional, serta kecepatan *workboat*. Fungsi dan tujuan desain *workboat* ini adalah sebagai kapal yang memiliki beberapa kegunaan yaitu sebagai kapal pandu, *oil spill recovery boat*, dan *firefighting boat*. Untuk *payload* digunakan yang terbesar diantara kegunaan yang dijalani. Sebagai kapal pandu, *payload* yang digunakan yaitu berupa kru ahli pandu, petugas bea cukai, dan syahbandar; sebagai kapal penanganan tumpahan minyak *payload* yang digunakan yaitu *oil boom*, *oil rel*, *oil skimmer*, *temporary storage tank*, *oil spill dispersant* serta *oil sorbent*; dan sebagai kapal pemadam kebakaran *payload* yang digunakan yaitu pompa dan *firefighting nozzle*. Dari analisis yang telah dilakukan, didapatkan *payload* terbesar pada saat kapal melakukan pembersihan tumpahan minyak yaitu sebesar 4,689 ton. Untuk wilayah operasional, *workboat* ini beroperasi di sekitar *area* pelabuhan khusus LOTT mulai dari *base* yang berada di pantai hingga ke alur masuk pelabuhan dan kembali lagi ke *base* yang menempuh jarak terjauh yaitu 15 nm. Serta kecepatan *workboat* yang digunakan berdasarkan analisa yang telah dilakukan yaitu sebesar 17 knot.
2. Dengan menggunakan Metode *Geosim Procedure*, diperoleh ukuran utama akhir *workboat* sebagai berikut:

$$L_{pp} = 12,00 \text{ m}$$

$$B = 4,00 \text{ m}$$

$$H = 2,10 \text{ m}$$

$$T = 0,70 \text{ m}$$

3. *Workboat* yang didesain telah memenuhi persyaratan teknis perhitungan lambung timbul yang diisyaratkan oleh *Non Convention Vessel Standards* (NCVS) dan stabilitas yang diisyaratkan oleh *High Speed Craft (HSC) 2000 Code* dan *IMO A.749 (18) Code on Intact Stability*.

4. Desain Rencana Garis disajikan pada Lampiran B, Rencana Umum disajikan pada Lampiran C, dan Pemodelan 3D disajikan pada Lampiran D.
5. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, didapatkan estimasi biaya pembangunan *Workboat* sebesar Rp 1.067.774.400

7.2. Saran

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

DAFTAR PUSTAKA

- Alfino, K. (2018). Tugas Akhir. *Desain Konsep Kapal Perang Catamaran Tank Boat Dengan Sistem Penggerak Utama Turbojet Sebagai Kekuatan Pengamanan Wilayah Maritim Indonesia*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Anne, K. (2014). *Workboats, a Thriving and Dynamic Industry*. Retrieved 14 Mei, 2019, from <https://worldmaritimeneeds.com/archives/147206/workboats-a-thriving-and-dynamic-industry/>
- Aprilia. (2013). *Pencemaran Minyak dan Cara Mengatasinya*. Palembang: Universitas Sriwijaya.
- Arshad. (2002). *Mathematical Modelling And Simulation Of Heat Dispersion Due To Fire And Explosion*. Kuala Lumpur: Universiti Teknologi Malaysia.
- Biro Klasifikasi Indonesia. (2014). *Vol. II: Rules for Classification and Construction 2014 Edition*. Jakarta: BKI Publishing.
- Delgado, J. (2002). *Fireboat: National Historic Landmark Study*. Retrieved August 23, 2019, from: <https://www.webcitation.org/>
- Dishub. (2015). *Jenis Kapal Laut Serta Fungsi*. Retrieved August 21, 2019, from: <http://dishub.jabarprov.go.id/>
- Endro W. D. (2014). *High Speed Ship Total Resistance Calculation (An Empirical Study)*. Jurnal Kapal VII, No 1.
- Faltinsen, Odd M. (2005). *Hydrodynamics of High-Speed Marine Vehicles*. New York: Cambridge University Press.
- Ginting, H. (2019). Tugas Akhir. *Desain Dual Fuel Multi-Purpose Research Vessel (MPRV) Untuk Perairan Laut Jawa*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Habibie, Muhammad Sayyid. (2019). Tugas Akhir. *Desain Small-Scale LNG Carrier Dengan Combine Cycle Propulsion Plant (CCPP) Untuk Suplai Gas Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) 'Flores', Labuan Bajo Nusa Tenggara Timur*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Hermansyah, W. (2017). *Pemanduan Kapal*. Retrieved August 19, 2019, from: <https://sites.google.com/site/vioceofearth/Kenavigasian>
- International Code of Safety for High Speed Craft. (2008). *HSC 2000 Code*. London: HSC 2000 Code Publishing.
- International Maritime Organization (IMO). (1993). *Recommendation on Intact Stability for Passenger and Cargo Ship Under 100 meters in Length*. London: IMO Publishing
- Jiwa, Bintang, dan Hesty Anita Kurniawati. (2016). Tugas Akhir. *Desain Self Propelled Car Barge untuk Distribusi Mobil Baru Rute Cikarang Bekasi Laut (CBL) – Tanjung Perak*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Kementrian Perhubungan Republik Indonesia. (2009). *Standar Kapal Non Konvensi Berbendera Indonesia BAB VI Garis Muat*. Kementrian Perhubungan Republik Indonesia.
- Kementrian Perhubungan Republik Indonesia. (2012). *Standar Kapal Non Konvensi Berbendera Indonesia BAB VIII Pengawakan*. Kementrian Perhubungan Republik Indonesia.

- Kementrian Perhubungan Republik Indonesia. (2013). *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 58 tahun 2013 tentang Penanggulangan Pencemaran di Perairan dan Pelabuhan*. Kementrian Perhubungan Republik Indonesia.
- Lamb, T. (2003). *Ship Design and Construction*. USA: United States of America by Sheridan Books.
- Lanin, A.A. (2009). *Penilaian Resiko Bahaya Kebakaran dan Ledakan pada Tangki Timbun Crude Oil*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Lewis, Edward V. (1988). *Principles of Naval Architecture Volume I & III*. Jersey City: The Society of Naval Architects and Marine Engineers.
- Lewis, Edward V., dan Editor. (1988). *Principles of Naval Architecture (Second Revision), Volume II - Resistance, Propulsion and Vibration*. USA : The Society of Naval Architects and Marine Engineers.
- Lloyd Register. (2016). *Vessel/Installation Service Type Definitions*. London: Lloyd Register.
- Manaf, A. (2017). *Ground Breaking Lamongan Oil Tank Terminal (LOTT) Project*. Retrieved August 12, 2019, from: <http://www.bumn.go.id/viramakarya>
- National Fire Protection Association (NFPA) 1925. (2004). *Standard on Marine Fire Fighting Vessel*. USA: NFPA Publishing.
- Nurhanisah, Y. (2019). *Indonesia Sebagai Negara Maritim Dunia*. Retrieved August 12, 2019, from: <http://indonesiabaik.id/infografis>
- Papanikolaou, A. (2014). *Ship Design Methodologies Preliminary Design*. Netherlands: Springer Science Business Media Dordrecht.
- Parsons, M. G. (2001). *Parametric Design*. Univ. of Michigan: Departement of Naval Architecture and Marine Engineering.
- Rahadian, A. (2014). Tugas Akhir. *Pemodelan Tumpahan Minyak Dalam Manajemen Perencanaan Penanggulangan Bencana Tumpahan Minyak*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Schneekluth, H., & Betram, V. (1998). *Ship Design for Efficiency and Economy (second edition)*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Van Oossanen, P. (2009). *Hull Form Design for thr Displacement to Semi Displacement Speed Range*. Greece: Royal Institute of Naval Architects.
- Vossen, C. (2013). *Ship Design and System Integration*. USA: Rolls-Royce Commercial Marine AS.
- Wibowo, M. (2018). *Pemodelan Sebaran Pencemaran Tumpahan Minyak di Perairan Cilacap*. Cilacap: BPPT.

LAMPIRAN

Lampiran A Perhitungan Teknis dan Ekonomis

Lampiran B Desain *Lines Plan*

Lampiran C Desain *General Arrangement*

Lampiran D Desain 3D

Lampiran E Katalog

LAMPIRAN A
PERHITUNGAN TEKNIS DAN EKONOMIS

PERHITUNGAN UKURAN UTAMA AWAL

1. Perhitungan Payload

PERHITUNGAN PAYLOAD			
	Kegiatan	Berat (ton)	Total Berat
1	Pandu		
a	Ahli Pandu, Bea Cukai, Syahbandar	0.675	0.675
2	Lokalisasi Tumpahan Minyak		
a	Oil Boom	1.2	1.828
b	Oil Rel	0.628	
3	Pembersihan Tumpahan Minyak		
a	Oil Skimmer	0.004	4.689
b	Temporary Storage Tank	3.2	
c	Oil Dispersant	1.4	
d	Oil Sorbent	0.085	
4	Pemadam Kebakaran		
a	Pompa	0.84	1.112
b	Nozzle	0.272	
Payload (terbesar) = 4.689 ton			

DWT = 110% Payload
DWT = 5.158 ton

2. Parent Ship Data (Fireboat 15 m)

Lpp = 15 m
B = 4.92 m
H = 2.53 m
T = 0.83 m
Lightship = 11 ton
Fully Loaded = 21 ton
Speed = 20 knots
CB = 0.334
CD = 0.400

3. Perhitungan Geosim

W1= 10.00 ton
W2= 5.158 ton

Penentuan nilai K:

$(L2/L1)^3 = W2/W1$
 $L2/L1 = (W2/W1)^{1/3}$
 $L2/L1 = 0.802$
K = 0.802

4. Ukuran Utama Awal

Lpp = 12.0 m
B = 4.0 m
H = 2.1 m
T = 0.70 m
CB = 0.334
Disp = 11.519 ton
CD = 0.400 same as the basic ship

PERHITUNGAN KOEFISIEN

Input Data:

Lpp =	12.00 m			
Lwl =	12.30 m	L / B =	3.000	
B =	4.00 m	B / T =	5.714	
H =	2.10 m	T / H =	0.333	
T =	0.70 m	ρ =	1025 kg/m ³	
g =	9.81 m/s ²	=	1.025 ton/m ³	
V =	17 knot			
=	8.74548 m/s			

Calculation:

• Froude Number

Speed (knot)	Fr	Fn ∇
17	0.806	1.893

$$Fn\nabla = \frac{V}{\sqrt{g\nabla^{1/3}}}$$

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

• Ratios of Dimensions

L / B =	3.000	→	2.52 ≤ L/B ≤ 18.26	OK
B / T =	5.714	→	1.7 ≤ B/T ≤ 9.8	OK
L / $\nabla^{1/3}$ =	8.137	→	3.07 ≤ L / $\nabla^{1/3}$ ≤ 12.4	OK
L _p / B _{PX} =	3.836	→	2 ≤ L _p / B _{PX} ≤ 7	OK
Ap / $\nabla^{2/3}$ =	8.028	→	4.0 ≤ Ap / $\nabla^{2/3}$ ≤ 8.5	OK
LP / BPA =	3.836	→	2.36 ≤ LP / BPA ≤ 8.56	OK

• Block Coefficient

$$C_B = 0.334$$

= (Pemodelan Maxsurf)

$$= 0.330$$

• Midship Section Coefficient

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

$$= 0.500$$

• Waterplane Coefficient

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

$$= 0.766$$

• Longitudinal Center of Buoyancy (LCB)

a. LCB = (Pemodelan Maxsurf)

$$= 5.351 \text{ m from AP}$$

• Prismatic Coefficient

$$C_P = C_B / C_M$$

$$= 0.666$$

• ∇ (m³)

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

$$= 11.238 \text{ m}^3$$

= (Pemodelan Maxsurf)

$$= 10.285 \text{ m}^3$$

• Δ (ton)

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

$$= 11.519 \text{ ton}$$

= (Pemodelan Maxsurf)

$$= 10.542 \text{ ton}$$

PERHITUNGAN HAMBATAN (SAVITSKY METHOD)

Input Data:

V =	17 knot	b = Bpx = Lebar maks <i>chine beam</i>	
=	8.745 m/s	=	3.128 m
=	28.693 ft/sec	=	10.26246752 ft
		∇ =	10.285 m ³
		Δ =	10.542 ton
		=	10542.125 kg
ρ =	1025 kg/m ³	=	23241.37962 lbs
=	1.025 ton/m ³	WSA =	38.459 m ²
=	1.988828 slugs/cu.ft	λ =	Perb. panjang dgn lebar chine
u =	1.18831E-06	=	3.8
g =	9.81 m/s ²	τ =	3.3 °
LCB/b =	1.747	β =	21 °

Calculation:

1. Perhitungan Koefisien Kecepatan (Cv)

$$Cv = \frac{V}{\sqrt{gb}}$$

$$= 1.579$$

2. Perhitungan Froude Number Volume

$$Fn\bar{V} = \frac{V}{\sqrt{g\bar{V}^{1/3}}}$$

$$= 1.893$$

• Perhitungan Froude Number LWL

$$Fn = \frac{Vs}{\sqrt{g \cdot L}}$$

$$= 0.806$$

3. Perhitungan Koefisien Angkat (Cl)

$$Cl = \frac{\Delta}{\frac{\rho}{2} x V^2 x b^2}$$

$$= 0.270$$

$$Clb = 0.207396933$$

4. Perhitungan Volume Displasemen

$$\bar{V} = L \times B \times T \times C_B$$

$$= 11.238 \quad m^3$$

$$= 10.285 \quad m^3 \quad (\text{Maxsurf})$$

5. Perhitungan Reynold Number (Rn)

$$Rn = \frac{Vx \lambda x b}{v}$$

$$= 88315136.622598500$$

$$= 8.83.E+07$$

6. Perhitungan Koefisien Tahanan Gesek (Cf)

$$Cf = \frac{1}{(3.5 \log Rn - 5.96)^2}$$

$$= 0.002094366$$

7. Perhitungan Hambatan Total (RT)

$$R_T = \Delta \tan \tau + \frac{1/2 \rho V^2 \lambda b^2 C_f}{\cos \tau \cos \beta}$$

$$= 1979.381 \quad \text{lbs}$$

$$= 8.804 \quad \text{kN}$$

$$R_{T+15\%} = 10.1249 \quad \text{kN}$$

PERHITUNGAN HAMBATAN (MAXSURF)

No	Speed (knot)	Fn (L _{wl})	Fn (Vol.)	Savitsky Planing Resist. (kN)	Savitsky Planing Power (kW)
1	12	0.569	1.337	7.3	90.07
2	12.2	0.579	1.359	7.4	93.027
3	12.4	0.588	1.381	7.5	96.044
4	12.6	0.598	1.404	7.6	99.12
5	12.8	0.607	1.426	7.8	102.254
6	13	0.617	1.448	7.9	105.447
7	13.2	0.626	1.47	8	108.699
8	13.4	0.635	1.493	8.1	112.009
9	13.6	0.645	1.515	8.2	115.377
10	13.8	0.654	1.537	8.4	118.801
11	14	0.664	1.56	8.5	122.282
12	14.2	0.673	1.582	8.6	125.819
13	14.4	0.683	1.604	8.7	129.411
14	14.6	0.692	1.626	8.9	133.057
15	14.8	0.702	1.649	9	136.756
16	15	0.711	1.671	9.1	140.507
17	15.2	0.721	1.693	9.2	144.309
18	15.4	0.73	1.716	9.4	148.16
19	15.6	0.74	1.738	9.5	152.059
20	15.8	0.749	1.76	9.6	156.005
21	16	0.759	1.782	9.7	159.996
22	16.2	0.768	1.805	9.8	164.031
23	16.4	0.778	1.827	10	168.107
24	16.6	0.787	1.849	10.1	172.224
25	16.8	0.797	1.871	10.2	176.378
26	17	0.806	1.894	10.3	180.569

PERHITUNGAN PROPULSION & POWER (1)

Input Data:

$R_T =$	10.300 kN	$V_s =$	17 knot
$\rho =$	1025 kg/m ³	$=$	8.745 m/s
$\rho =$	1.025 ton/m ³	$\eta_{Main\ Engine} =$	2
$V =$	17 knot		
$=$	8.74548 m/s		

Calculation:

1. Perhitungan Daya Efektif Kapal (EHP)

$$\begin{aligned} EHP &= R_T \times V && \text{(ref : PNA vol.II, hal.153)} \\ &= 90.078 && \text{KW} && 1 \text{ HP} = 0.746 \text{ kW} \\ &= 120.749 && \text{HP} \end{aligned}$$

2. Perhitungan Power Engine

a. Perhitungan DHP

$$\begin{aligned} DHP &= \frac{EHP}{\eta_D} && \text{(ref : Ship Resistance and Propulsion ch.11 pg:248)} \\ &= && \eta_D = 0.98 \\ &= 91.917 && \text{KW} \end{aligned}$$

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

b. Perhitungan SHP

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

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

$$\begin{aligned} SHP &= DHP/hshb && hshb = \text{Losses letak kamar mesin} \\ &= 93.793 && \text{KW} && = 0.98 \end{aligned}$$

c. Perhitungan BHPscr

digunakan *gearbox* yang berfungsi untuk mengurangi kecepatan putar tetapi terjadi *losses* akibat *gearbox*. ; *Parametric Design, Page 11-33*

$$\begin{aligned} BHPscr &= SHP/h_G && h_G = \text{Losses akibat gearbox} \\ &= 95.707 && \text{KW} && = 0.98 \end{aligned}$$

d. Perhitungan BHPmcr

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

Daya BHPscr diambil 85% untuk efisiensi.

$$\begin{aligned} BHPmcr &= \\ &= 112.596 && \text{KW} \\ &= 150.933 && \text{HP} \end{aligned}$$

PERHITUNGAN PROPULSION & POWER (2)

3. Perhitungan Power Generator

Sistem Kelistrikan Kapal adalah AC

System Voltage 120.0

Daftar komponen kelistrikan kapal

Ref : <https://www.sailboat-cruising.com/boat-electrics.html>

No	Peralatan Listrik	Arus Listrik (Ampere)
1	Anchor Light	0.9
2	Autopilot	4.0
3	Cabin Lights	1.8
4	Chart Plotter/GPS	0.8
5	Chart Table Light	0.3
6	Cockpit Instruments	0.3
7	Cockpit Light	1.0
8	Compass Light	0.2
9	Deck Lights	1.7
10	Distribution panel & DCM	0.1
11	General Service Pump	4.0
12	Gas Alarm	0.6
13	Masthead Light	0.9
14	Navigation Lights	3.7
15	Navtex	0.4
16	Radar(Stanby)	1.0
17	Radar(Transmit)	2.5
18	SSB (Stanby)	1.0
19	SSB(Tansmit)	25.0
20	Stereo	1.0
21	Ventilation Fans	1.0
22	VHF (Stanby)	0.3
23	VHF (Transmit)	1.2
24	Marine Air Conditioning	26.0
25	Fire Fighting Pump	50.0
26	Anchor Windlass	15.0
Total		144.7

1KVA = 0.800 KW
KVA = Maximum Total Leg Amps. x System Voltage/1000
= 17.364
Power = 13.891 KW
Efficiency Factor= 25%
Power = 17.364 KW
= 23.276 HP

PEMILIHAN MAIN ENGINE DAN AUXILIARY ENGINE

1. Pemilihan Main Engine

Brand = Yanmar
Type = 6CH-HTE3-M
Output Power = 62.5 kW
n = 2600 rpm
Length = 1258 mm
Height = 1022 mm
Width = 688 mm
Weight = 570 kg
= 0.57 ton

2. Pemilihan Auxiliary Engine

Brand = Caterpillar Marine Power System
Type = C2.2 Generator Set
n = 1800 rpm
Maximum power = 27 kW
Length = 1170 mm
Height = 775 mm
Width = 608 mm
Weight = 466 kg
= 0.466 ton

PERHITUNGAN BERAT DAN TITIK BERAT PERMESINAN DAN PROPULSI

Input Data:

n =	2600	rpm	DHP = 91.92	kW	(Delivery Horse Power)
z =	2	buah	BHP = 112.60	kW	(Brake Horse Power)
			Power = 17.36	kW	(Generator Set)

Calculation:

1. Main Engine

n=	2		
$W_E =$	1.140	ton	; termasuk berat <i>gearbox</i>
VCG	= 1.111	m	
LCG	= 4.171	m	

2. Propulsion Unit

• **Shafting**

n=	2	
Panjang poros (l):	3	m
$M_s/l =$	$0.081 \left(\frac{P_D}{n} \right)^{\frac{2}{3}}$	
=	0.009	
$M_s =$	$M_s/l \cdot L \cdot n$	
$W_{saft} =$	0.052	ton
VCG	= 0.2793	m
LCG	= 1.9563	m

• **Rudder**

n=	2	
$W_{Rud} =$	Katalog Rudder	
=	47	lbs
=	0.043	ton
VCG	= 0.152	m
LCG	= 0	m

• **Propeller**

n=	2	
$W_{Prop} =$	Katalog propeller	
=	48	lbs
=	0.044	ton
VCG	= 0.105	m
LCG	= 0.425	m

• **Total**

$W_{Total Propulsion} =$	$M_s + W_{rudder} + W_{propeller}$	
=	0.139	ton
VCG	= 0.185331924	m
LCG	= 0.872856175	m

3. Electrical Unit

• $W_{gen} =$	0.466	ton
VCG	= 1.192	m
LCG	= 4.171	m

5. Total

Berat Total	= 1.745	
VCG	= 1.059	m
LCG	= 3.909	m

PERHITUNGAN BERAT DAN TITIK BERAT PERALATAN DAN PERLENGKAPAN (1)

1. Peralatan Keselamatan (Life Jacket, Life Buoy)

· Life Jacket

Jumlah penumpang dan kru kapal	=	12	orang
Life jacket yang dibutuhkan	=	12	buah
Berat 1 unit life jacket	=	0.740	kg
Berat total	=	8.880	kg
	=	0.009	ton
VCG	=	2.862	m
LCG	=	5.090	m

· Life Buoy

Life buoy yang dibutuhkan	=	6	buah
Berat 1 unit life buoy	=	2.5	kg
Berat total	=	15	kg
	=	0.015	ton
VCG	=	2.6	m
LCG	=	5.141	m

2. General Service Pump

Yang dibutuhkan	=	1.0	buah
Berat 1 unit	=	27.0	kg
Berat total	=	27.0	kg
	=	0.027	ton
VCG	=	0.848	m
LCG	=	2.246	m

3. Marine Air Conditioning

Yang dibutuhkan	=	1	buah
Berat 1 unit	=	17.000	kg
Berat total	=	17.000	kg
	=	0.017	ton
VCG	=	0.973	m
LCG	=	1.306	m

4. Fire Extinguisher

Yang dibutuhkan	=	2	buah
Berat 1 unit	=	4.1	kg
Berat total	=	8.2	kg
	=	0.008	ton
VCG	=	2.300	m
LCG	=	7.385	m

5. Windlass

Yang dibutuhkan	=	1	buah
Berat 1 unit	=	16	kg
Berat total	=	16	kg
	=	0.016	ton
VCG	=	2.218	m
LCG	=	11.700	m

PERHITUNGAN BERAT DAN TITIK BERAT PERALATAN DAN PERLENGKAPAN (2)

6. Anchor

Yang dibutuhkan	=	1	buah
Berat 1 unit	=	16	kg
Berat total	=	16	kg
	=	0.016	ton
VCG	=	2.100	m
LCG	=	12.800	m

7. Kaca

Luas	=	7.263	m ²
Tebal	=	0.006	m
p Material Kaca	=	2579	kg/m ³
Berat	=	0.112	ton
VCG	=	3.768	m
LCG	=	6.832	m

8. Railing

Luas	=	7.681	m ²
Tebal	=	0.003	m
p Material Railing	=	2700	kg/m ³
Berat	=	0.062	ton
VCG	=	2.600	m
LCG	=	6.318	m

9. Kursi

Jumlah kursi	=	6	unit
Berat kursi	=	40	kg
Berat Total	=	240	kg
	=	0.240	ton
VCG	=	2.200	m
LCG	=	6.786	m

10. Total

Berat Total	=	0.523	ton
VCG	=	1.412	m
LCG	=	3.332	m

PERHITUNGAN BERAT DAN TITIK BERAT LAMBUNG (1)

Densitas Material Aluminium

$$= 2.7 \text{ g/cm}^3$$

$$= 2700 \text{ kg/m}^3$$

Material Factor (AI-5083)

$$k = \frac{635}{Rp0.2 + Rm}$$

$$k = 1.380$$

Perhitungan Tebal Pelat

Ref : BKI (Rules for Small Vessel up to 24 m) (2013)

1-96/111 F Section 1 - Hull Structures

8.4.2 The centreline girder's scantlings are to match those of the floors in accordance with Table 1.40.

Table 1.39

	Plate thickness [mm]	
	Shell plating for motor craft	Shell plating for sailing craft and motorsailers
Shell bottom	$t = 1,62 \cdot a \cdot F_{VB} \cdot \sqrt{P_{dBm} \cdot k}$	$t = 1,62 \cdot a \cdot \sqrt{P_{dBm} \cdot k}$
Shell side	$t = 1,62 \cdot a \cdot F_{VS} \cdot \sqrt{P_{dBm} \cdot k}$	$t = 1,62 \cdot a \cdot \sqrt{P_{dBm} \cdot k}$
Min. thickness	$t_{min} = 0,9 \cdot \sqrt{L \cdot k}$	

a = frame spacing [m]
 k = material factor in accordance with 3.3
 F_{VB} = see A.1.9.3
 F_{VS} = see A.1.9.3
 P_{dBm} = see A.1.9.2
 P_{dBm} = see A.1.9.2

Shell Bottom

Jarak gading = 600 mm
 = 0.6 m
 L = 12.00 m
 Lwl = 12.30 m
 V = 17 knot

FvB = Correction factors for speed

$$FvB = 0,34 \cdot \sqrt{\frac{v}{\sqrt{L_{WL}}}} + 0,355 \geq 1,0$$

$$= 1.10356$$

PdBM = Hull loadings

$$PdBM = 2,7 \cdot L + 3,29$$

$$= 35.69$$

$$t = 1,62 \cdot a \cdot F_{VB} \cdot \sqrt{P_{dBm} \cdot k}$$

$$= 7.529112 \text{ mm}$$

$$= 8 \text{ mm} \quad \text{Diambil}$$

Shell Side

$$FvS = \left(0,024 \cdot \frac{v}{\sqrt{L_{WL}}} + 0,91 \right) (1,018 - 0.0024 \cdot L) \geq 1,0$$

$$= 1.011698$$

$$t = 1,62 \cdot a \cdot F_{VS} \cdot \sqrt{P_{dBm} \cdot k}$$

$$= 6.90237$$

$$= 7 \text{ mm} \quad \text{Diambil}$$

Min Thicknes

$$t = 0,9 \cdot \sqrt{L \cdot k}$$

$$= 3.663035$$

$$= 4 \text{ mm} \quad \text{Diambil}$$

PERHITUNGAN BERAT DAN TITIK BERAT LAMBUNG (2)

Tebal Pelat Lambung

Tebal pelat lambung diasumsikan sama dengan tebal pelat *bottom*

Diambil= 8 mm

Perhitungan Tebal Pelat Geladak

Tebal pelat geladak diasumsikan sama dengan tebal pelat *side*

Diambil= 7 mm

Perhitungan Tebal Pelat Superstructure

Tebal pelat *superstructure* diasumsikan sama dengan tebal pelat minimum

Diambil= 4 mm

Perhitungan Berat

Perhitungan luasan, dihitung menggunakan *software Maxsurf*

1. Lambung

Luas	=	78.893 m ²
Tebal	=	0.008 m
p Material Alumunium	=	2,700 kg/m ³
Berat	=	1.704 ton
VCG	=	1.280 m
LCG	=	5.411 m

2. Geladak

Luas	=	40.393 m ²
Tebal	=	0.007 m
p Material Fiber	=	2,700 kg/m ³
Berat	=	0.763 ton
VCG	=	2.105 m
LCG	=	8.282 m

3. Super Structure

Luas	=	39.054 m ²
Tebal	=	0.004 m
p Material Fiber	=	2,700 kg/m ³
Berat	=	0.422 ton
VCG	=	3.001 m
LCG	=	7.382 m

4. Total

Berat Total	=	2.889 ton
VCG	=	1.749 m
LCG	=	6.457 m

PERHITUNGAN BERAT DAN TITIK BERAT *PAYLOAD*

1. Oil Skimmer

Jumlah =	2	buah
Berat =	2	kg
Berat Total =	4	kg
=	0.004	ton
VCG=	2.6	m
LCG=	4.2	m

2. Temporary Storage Tank

Jumlah =	4	buah
Berat =	800	kg
Berat Total =	3200	kg
=	3.2	ton
VCG=	2.6	m
LCG=	2.7	m

3. Oil Dispersant

Jumlah =	1	buah
Berat =	1400	kg
Berat Total =	1400	kg
=	1.4	ton
VCG=	0.9	m
LCG=	7.5	m

4. Oil Sorbent

Jumlah =	1	buah
Berat =	85	kg
Berat Total =	85	kg
=	0.085	ton
VCG=	2.862	m
LCG=	5.09	m

Berat Payload =	4.689	ton
VCG =	2.097	m
LCG =	4.178	m

PERHITUNGAN BERAT DAN TITIK BERAT KRU

Crew

Jumlah =	3	orang
Berat =	75	kg
Berat Total =	225	kg
=	0.225	ton
VCG=	2.95	m
LCG=	7	m

PERHITUNGAN BERAT DAN TITIK BERAT CONSUMPTION

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

BHP =	113	kW	
S =	15	nm	(26 km)
V =	17	knots =	9.248 m/s

Voyage data

Voyage radius =	15	nm
Voyage radius =	27780.000	m
Voyage time =	3003.893	s
Voyage time =	0.834	hour

konsumsi=	20	liter/jam	
V_{HFO} =	17.355825	liter	
=	0.0180501	m ³	konsumsi untuk 1 mesin
=	0.04	m ³	konsumsi untuk 2 mesin
ρ_{FO} =	0.9443	ton/m ³	
W_{HFO} =	0.017	ton	konsumsi untuk 1 mesin
W_{HFO} =	0.034	ton	konsumsi untuk 2 mesin
VCG=	0.85	m	
LCG=	5.0936	m	

2. Konsumsi Bahan Bakar Generator (Diesel Oil Consumption)

konsumsi=	8.5	liter/jam	
V_{HFO} =	7.3762255	liter	
=	0.01	m ³	konsumsi untuk 1 mesin
W_{HFO} =	0.01	ton	
W_{HFO} =	0.007	ton	
VCG=	0.85	m	
LCG=	5.0936	m	

3. Fresh Water

ρ_{FW} =	1000	kg/m ³
ρ_{FW} =	1	ton/m ³
V_{FW} =	0.04	m ³
W_{FW} =	0.17	ton/(person x day)
W_{FW} =	0.04	ton
VCG=	0.75	m
LCG=	0.9565	m

4. Total

Berat Total Consumption	=	0.077	ton
VCG	=	0.804	m
LCG	=	3.176	m

REKAPITULASI BERAT DAN TITIK BERAT DAN PENGECEKAN MARGIN

No	Komponen Berat Kapal	Value	Unit	VCG (m)	LCG (m)
1	Berat Kapal Bagian DWT	4.991	ton	2.116	4.290
2	Berat Kapal Bagian LWT	5.157	ton	1.482	5.278
Total		10.147	ton		

Batasan Kapasitas Kapal Sesuai Hukum Archimedes

No	Komponen Berat Kapal	Value	Unit
1	Displacement = Pemodelan Maxsurf	10.542	ton
2	DWT	4.991	ton
3	LWT	5.157	ton
4	Displacement = DWT + LWT	10.147	ton
Selisih		0.395	ton
		3.89%	(0% ~ 10%)

PERHITUNGAN FREEBOARD

Dimensi *workboat* :

L: 12.00 m
 B: 4.00 m
 H: 2.1 m
 T: 0.7 m

Tipe Kapal	
I	(NCVS) Indonesian Flagged - Chapter 6 Section 5.1.2 menyebutkan bahwa : Kapal Tipe A adalah : a. Kapal yang didesain untuk mengangkut kargo curah cair b. Kapal yang memiliki kekokohan tinggi pada geladak terbuka. c. Kapal yang memiliki tingkat keselamatan yang tinggi terhadap banjir. Kapal Tipe B adalah selain kapal Tipe A. Sehingga <i>workboat</i> ini termasuk kapal Tipe B
	Lambung Timbul Awal Kapal Tipe B
II	Fb = 0.8L cm , untuk L sampai dengan 50 m Fb ₁ = 9.6 cm
Block Coefficient Correction (CB)	
III	Apabila CB lebih besar dari 0,68 maka fb harus dikali dengan faktor: $\frac{0,68 + CB}{1,36}$
	C _B = 0.33 Dikarenakan CB lebih kecil dari 0.68, maka freeboard tidak perlu dikoreksi
Depth Correction (D)	
IV	Apabila D lebih besar dari seperlimabelas panjang kapal (L/15), maka lambung timbul ditambah dengan: 20 (D - L/15) cm, untuk L sampai dengan 50 m (0,1 L + 15)(D - L/15) cm, untuk L lebih dari 50 m sampai dengan 100 m 25 (D - L/15) cm, untuk L lebih dari 100 m
	Apabila D lebih kecil dari seperlimabelas panjang kapal (L/15), tidak ada koreksi terhadap lambung timbul. L= 12.0 meter D= 2.1 meter L/15= 0.8 meter D>L/15 Koreksi
Koreksi: 20 (D - L/15) cm = 26 cm Fb ₂ = 35.6 cm	
Koreksi bangunan atas dan trunk	
V	Apabila kapal memiliki bangunan atas dan trunk tertutup, lambung timbul dikurangi dengan: $\frac{50 \sum (ls \times hs)}{L} \text{ cm}$
	Dimana: ls adalah jumlah panjang efektif bangunan atas dan trunk tertutup (meter) hs adalah tinggi standar bangunan atas dan trunk tertutup (meter) ls= 2.4 meter hs= 2.1 meter Koreksi: 21.0 cm Fb ₃ = 14.6 cm
Koreksi Sheer	
VI	Koreksi sheer dihitung sebagai berikut: B= 0.125 L cm A= 1/6[2.5(L+30)-100(Sf+Sa)](0.75-S/2L)] cm
	Koreksi sheer ditetapkan sebagai berikut: a. A lebih besar dari 0, koreksi ditetapkan = A cm b. A lebih besar dari 0, dan harga mutlak A lebih besar dari B, koreksi ditetapkan = -B cm c. A lebih kecil dari 0, dan harga mutlak A lebih kecil dari B, koreksi ditetapkan = A cm Maka: B = 1.5 cm A = 17.5 cm Koreksi = 17.5 cm Fb ₄ = 32.1 cm
Lambung Timbul Minimum	
VI	Lambung Timbul minimum Air Laut (L) untuk kapal type B adalah lambung timbul setelah dikoreksi dengan penambahan atau pengurangan. Besarnya lambung timbul tidak boleh kurang dari 15 (lima belas) cm. Fb ₄ = 32.1 cm Karena Fb>15 cm, maka Fb minimum adalah 32.1 cm Fb min = 32.1 cm = 0.321 m
	Pengecekan
VII	Fb min = 0.321 m H-T = 1.4 m Kondisi: Memenuhi Persyaratan

PERHITUNGAN *TRIM*

Perhitungan trim, dilakukan dengan standard aturan NCVS 2009.

Peraturan ini mensyaratkan batas trim ≤ 0.3 untuk kapal yang memiliki haluan bentuk lancip dan buritan berbentuk datar dan memiliki panjang $L \leq 45$ m

Batas maksimal Trim = 0.300 m

Sumber : (NCVS) Indonesia Chap.II hal. 258

Analisis trim menggunakan *Software Maxsurf Stability*

Loadcase	Kondisi	Nilai Trim (m)	Trim	Syarat
1	Keberangkatan (<i>Consumable</i> 100%, Muatan 100%, Kru 3 orang, Ahli Pandu 3 orang, Bea Cukai 3 orang, Syahbandar 3 orang)	0.136	Buritan	<i>Pass</i>
2	Perjalanan (<i>Consumable</i> 50%, Muatan 50%, Kru 3 orang, Ahli Pandu 0 orang, Bea Cukai 0 orang, Syahbandar 0 orang)	0.146	Buritan	<i>Pass</i>
3	Kedatangan (<i>Consumable</i> 0%, Muatan 0%, Kru 3 orang, Ahli Pandu 0 orang, Bea Cukai 0 orang, Syahbandar 0 orang)	0.150	Buritan	<i>Pass</i>

Perhitungan Stabilitas							
Code	No	Kriteria	Loadcase 1	Loadcase 2	Loadcase 3	Kriteria	Ket.
HSC 2000 Code for Monohull	1	Weather criterion from IMO A.749(18):					
		Angle of steady heel (deg)	9.8	11.5	13.6	≤ 16	Pass
		Marginline immersion angle (%)	20.42	23.05	25.61	< 80	Pass
		Area1 / Area2 (%)	113.6	110.67	106.07	≥ 100	Pass
	2	Area 0 to 30 (m.deg)	8.843	9.235	9.675	≥ 3.151	Pass
	3	Area 30 to 40 (m.deg)	4.869	5.464	6.333	≥ 1.719	Pass
	4	Max GZ at 30o or greater (m)	0.512	0.573	0.668	≥ 0.2	Pass
	5	Angle of Max. GZ (deg)	45.5	42.7	41.8	≥ 15	Pass
	6	Initial GMt (m)	1.464	1.19	0.921	≥ 0.15	Pass
IMO A.749 (18) Code on Intact Stability.	1	Passenger crowding: angel of equilibrium (deg)	4.4	5.5	7.8	< 10	Pass

PERHITUNGAN BIAYA PEMBANGUNAN

1. Material Cost

No	Item	Value	Unit
1	Lambung Kapal (Hull) <i>(Tebal pelat = 9 mm, jenis material = aluminium)</i> <i>Sumber: Alibaba.com https://indonesian.alibaba.com/product-gs/aluminium-plate-aluminum-sheet-1800260082.html (per 28 November 2019)</i>		
	Harga	20,000	USD/ton
	Berat Lambung Kapal	1.704	ton
	Harga Lambung Kapal	\$ 34,080.00	USD
2	Geladak Kapal (Deck) <i>(Tebal pelat = 8 mm, jenis material = aluminium)</i> <i>Sumber: Alibaba.com https://indonesian.alibaba.com/product-gs/aluminium-plate-aluminum-sheet-1800260082.html (per 28 November 2019)</i>		
	Harga	20,000	USD/ton
	Berat Geladak Kapal	0.763	ton
	Harga Geladak Kapal	\$ 15,260.00	USD
3	Bangunan Atas Kapal <i>(Tebal pelat = 5 mm, jenis material = aluminium)</i> <i>Sumber: Alibaba.com https://indonesian.alibaba.com/product-gs/aluminium-plate-aluminum-sheet-1800260082.html (per 28 November 2019)</i>		
	Harga	20,000	USD/ton
	Berat Bangunan Atas Kapal	0.422	ton
	Harga Bangunan Atas Kapal	\$ 8,440.00	USD
Total Harga Material		\$ 57,780.00	USD
		Rp 808,920,000.00	Rp

2. Labour Cost

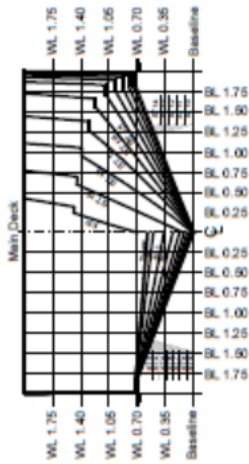
No	Item	Value	Unit
1	Keuntungan Galangan Kapal <i>20% dari biaya pembangunan awal</i>		
	Keuntungan Galangan Kapal	Rp 161,784,000	Rp

3. Overhead Cost

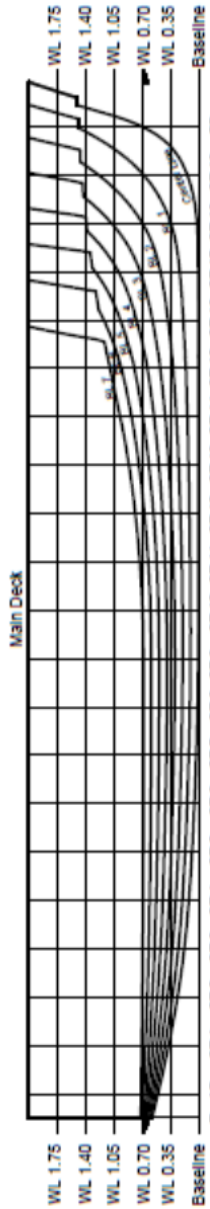
1	Biaya Untuk Inflasi <i>2% dari biaya pembangunan awal</i>		
	Biaya Inflasi	Rp 16,178,400	Rp
2	Biaya Pajak <i>10% PPn (Pajak Pertambahan Nilai)</i>		
	Biaya Pajak Pemerintah	Rp 80,892,000	Rp
Overhead Cost		Rp 97,070,400	Rp
Total Pembangunan Kapal		Rp 1,067,774,400	Rp

LAMPIRAN B
DESAIN *LINES PLAN*

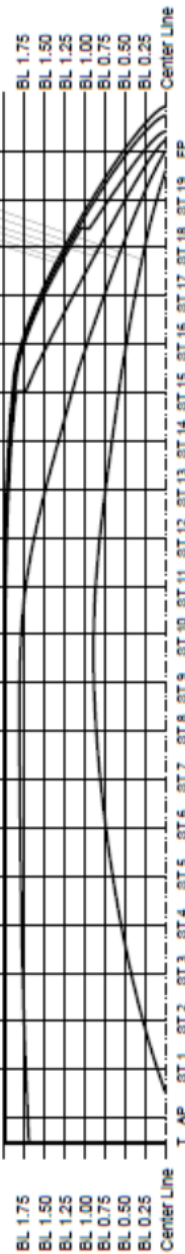
BODY PLAN



SHEER PLAN



HALF BREADTH PLAN



PRINCIPAL DIMENSIONS	
SHIP TYPE	BOAT
LENGTH OVER ALL (LOA)	12.00 M
LENGTH BETWEEN PERPENDICULARS (LBP)	10.00 M
BREADTH (B)	4.00 M
HEIGHT (H)	2.10 M
DRAUGHT (D)	0.70 M
WINDUP ANGLE (α)	0°
DISPLACEMENT	4 Tonnes
DATE	11-05-19

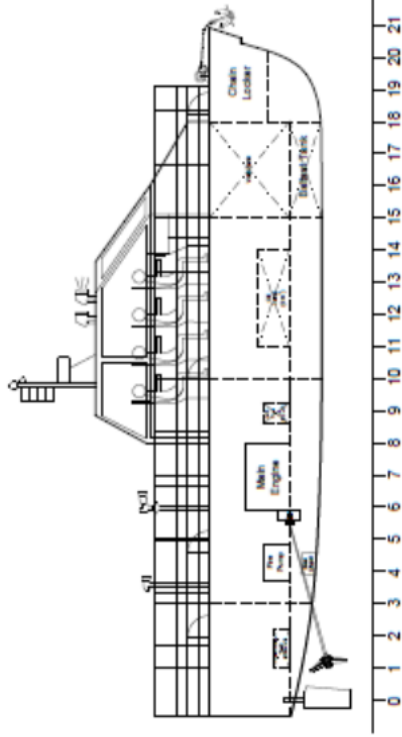


DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

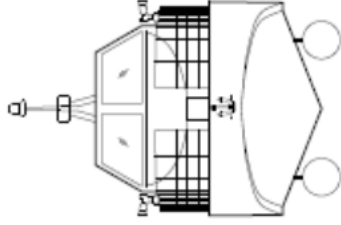
WORKBOAT			
LINES PLAN			
SCALE	NO.	REVISION	DATE
DESIGNER	R. RYU PANG ANIM		
DRAWN	REVISOR		
CHECKED	APPROVED		
			02

LAMPIRAN C
DESAIN *GENERAL ARRANGEMENT*

SIDE VIEW



FRONT VIEW



MAIN DECK



LOWER DECK



PRINCIPAL DIMENSIONS

BOAT TYPE	BOAT
LENGTH OVER ALL (LOA)	12.80 m
LENGTH BETWEEN PERPENDICULARS (LBP)	12.50 m
BREADTH (B)	4.50 m
DEPTH (D)	2.00 m
DEPTH OF LIVED-IN	1.70 m
COMPLIANCE	15 PERSONS
MARKING	BOAT



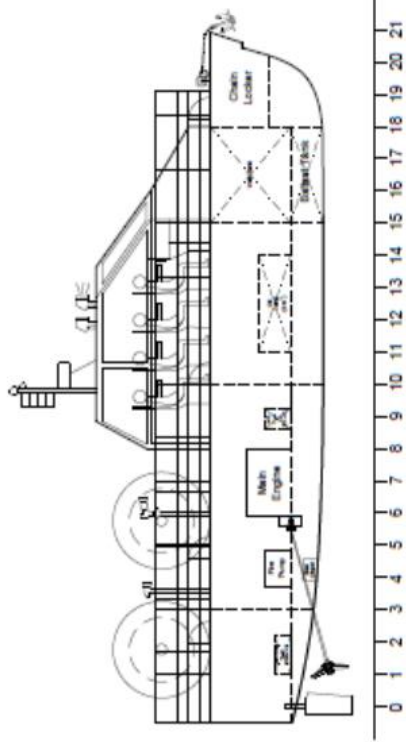
DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

WORK BOAT

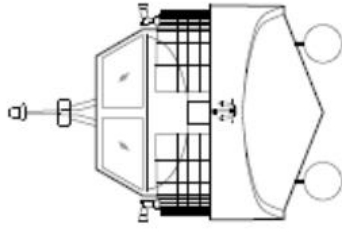
GENERAL ARRANGEMENT

SCALE	1:50	DESIGNER	DATE	REVISION
DESIGNER	E. RIZKI PRATIWI			1/1/2022
APPROVED	Wahana, S.T., M.T.			

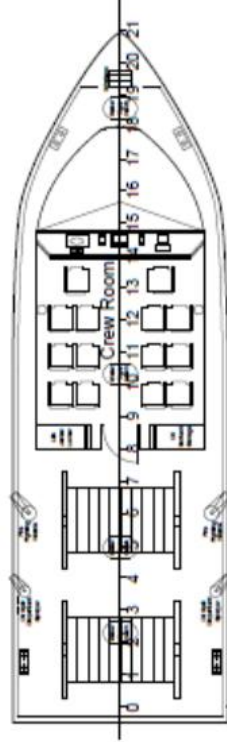
SIDE VIEW



FRONT VIEW



MAIN DECK



LOWER DECK



PRINCIPAL DIMENSIONS

SHIP TYPE	BOAT
DESIGN NUMBER	1000
DESIGN NUMBER PERIODICAL/LAY	1000
REGISTRY NO.	1000
SHIP NO.	1000
CONTRACT NO.	1000
OWNER/OPERATOR	1000
COMPLETION	1000
MISSION	1000



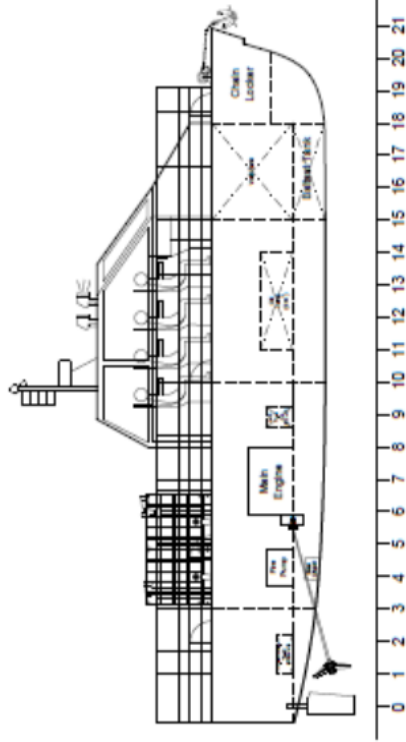
DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

WORKBOAT

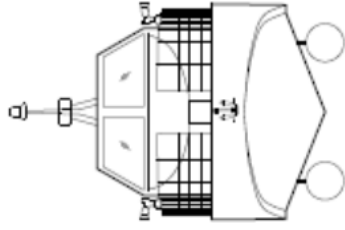
GENERAL ARRANGEMENT

SCALE	1:25	DATE	
DESIGNER	Y. P. N. S. S.	REVISION	
APPROVED		DATE	

SIDE VIEW



FRONT VIEW



MAIN DECK



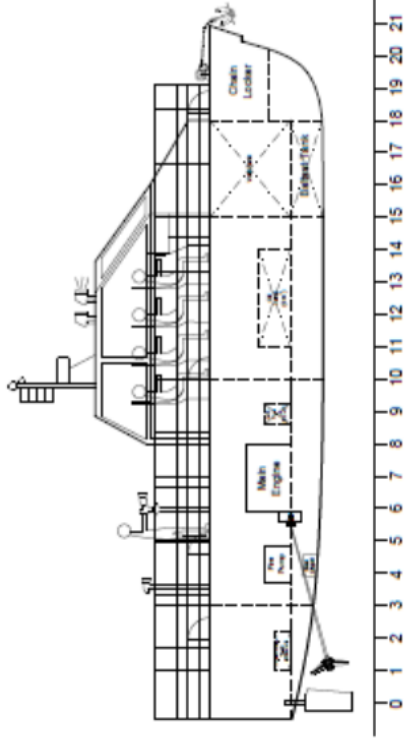
LOWER DECK



PRINCIPAL DIMENSIONS	
SHIP TYPE	BOAT
LENGTH OVER ALL (LOA)	12.00 M
LENGTH BETWEEN PERPENDICULARS	10.00 M
BREADTH	3.00 M
DEPTH (D)	0.75 M
DRAUGHT (T)	0.75 M
DISPLACEMENT	14 TONS
POWER	14 TONS
CLASSIFICATION	CLASSIFIED BY ABS

GENERAL ARRANGEMENT	
SCALE	1:75
DESIGNED	B. PAUL PAPA RUM
APPROVED	PAULUS, S.T., S.T.
DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE	
FACULTY OF NAVAL ARCHITECTURE	
INSTITUTE TECHNOLOGI SEPULUH NOFEMBER	
SIGNATURE	DATE
REVISION	
NO.	43

SIDE VIEW



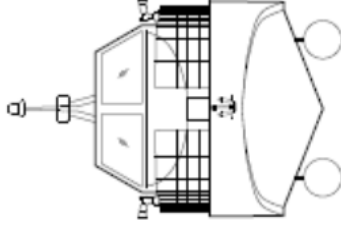
MAIN DECK



LOWER DECK



FRONT VIEW



PRINCIPAL DIMENSIONS

SHIP TYPE	BOAT
LENGTH OVER ALL (LOA)	12.50 M
LENGTH BETWEEN PERPENDICULARS (LBP)	12.50 M
BREADTH (B)	4.50 M
HEIGHT (H)	3.10 M
DECK AREA (A)	57.0 M ²
DISPLACEMENT (D)	17 TONS
LOAD CAPACITY (LC)	14 TONS
CONSTRUCTION	ALUMINUM
YEAR BUILT	2018



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

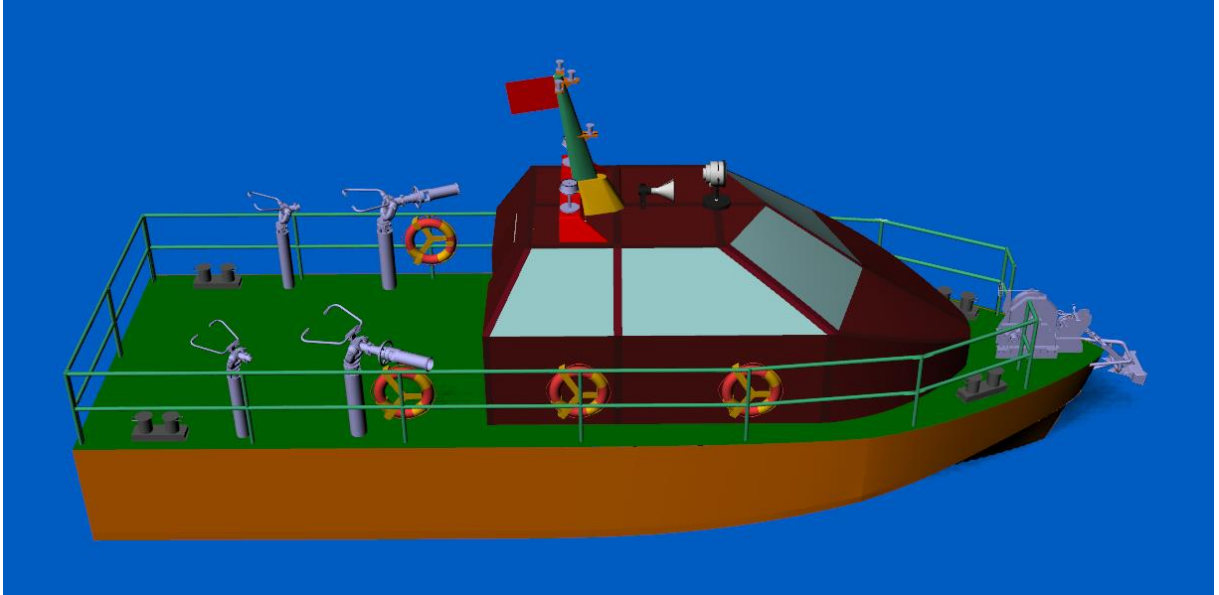
WORKBOAT

GENERAL ARRANGEMENT			
SCALE	1:10	REVISION	DATE
DESIGNER	R. PUTRI ARIANINGRAT	APPROVED	
APPROVED	IR. HANUWATI, S.T., M.T.		

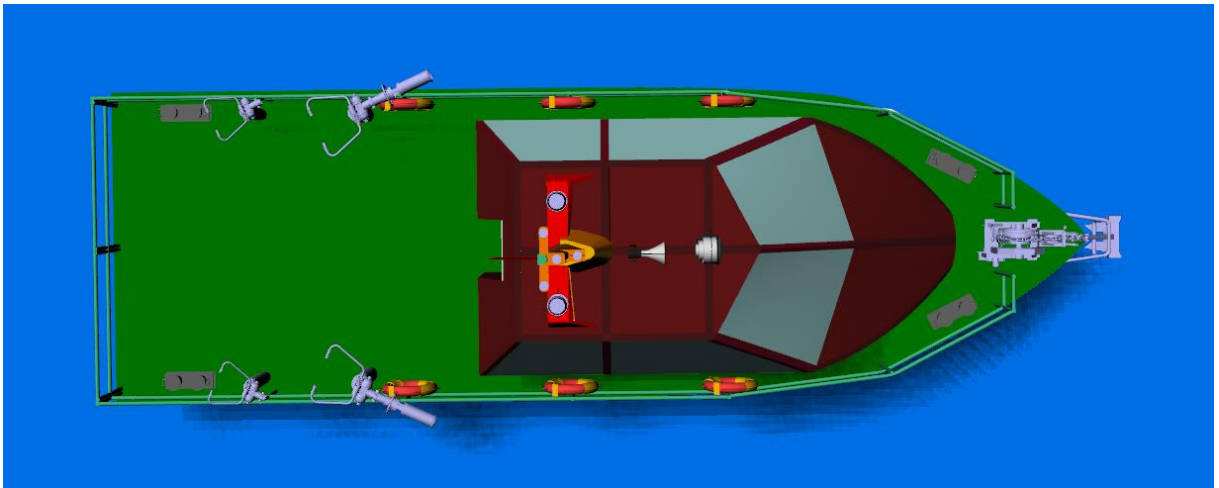
LAMPIRAN D
DESAIN 3D

Fungsi dan Tujuan: Pandu

Profile View



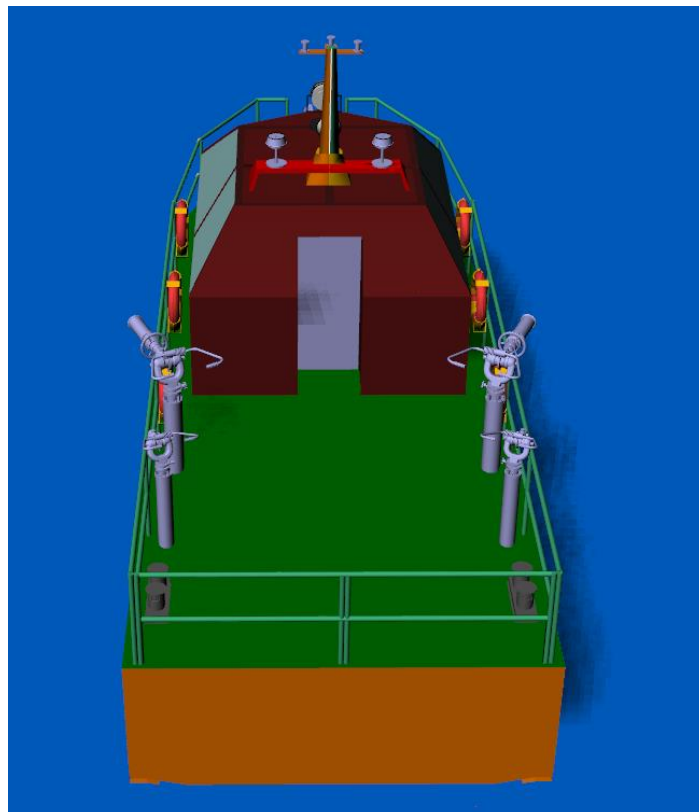
Top View



Front View

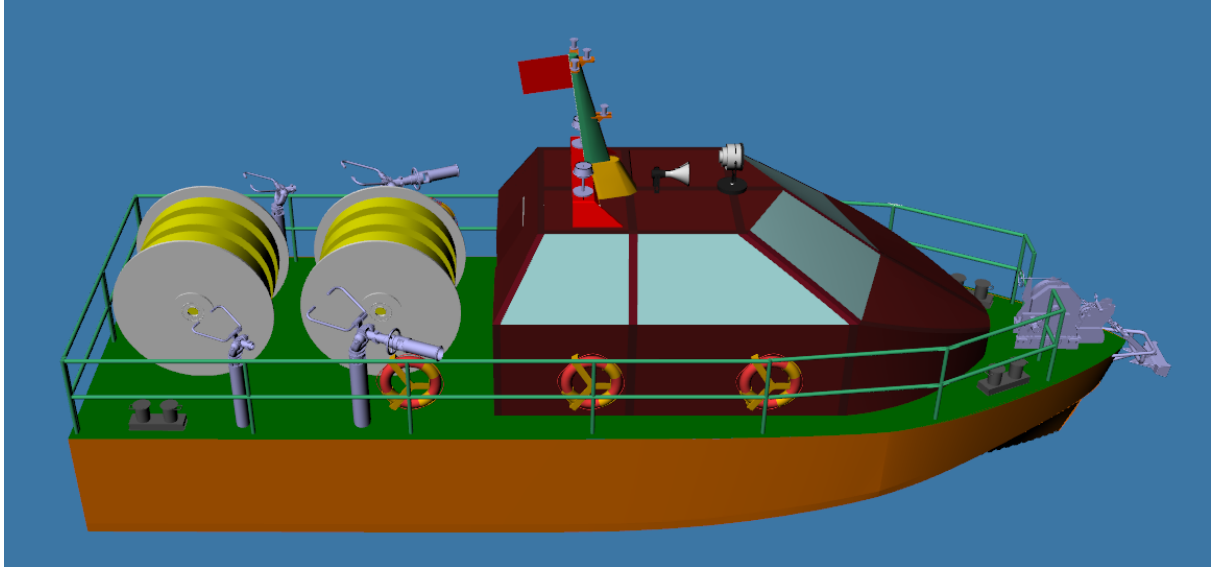


Back View

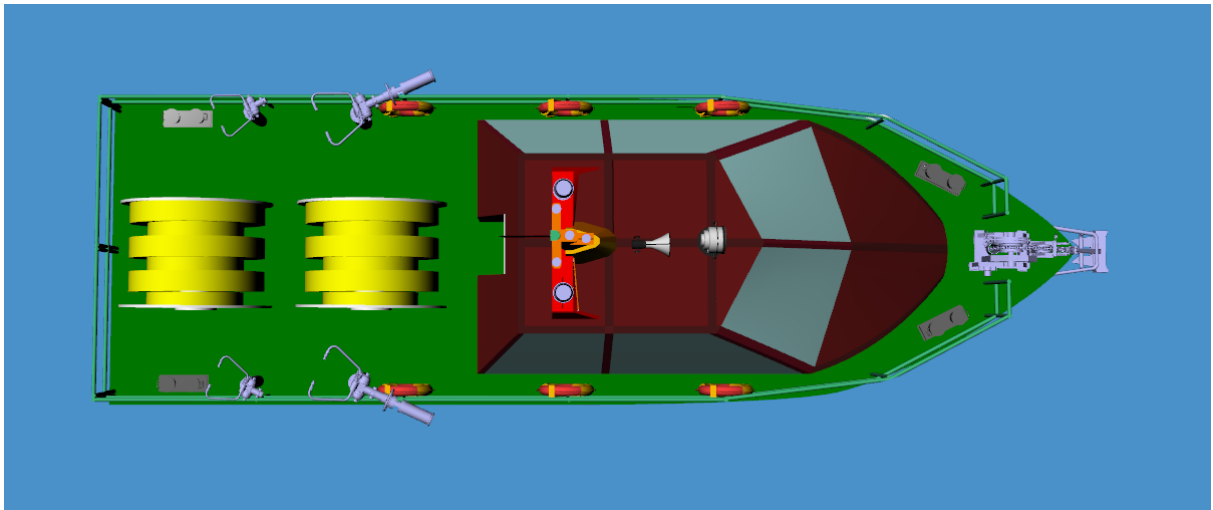


Fungsi dan Tujuan: Lokalisasi Tumpahan Minyak

Profile View



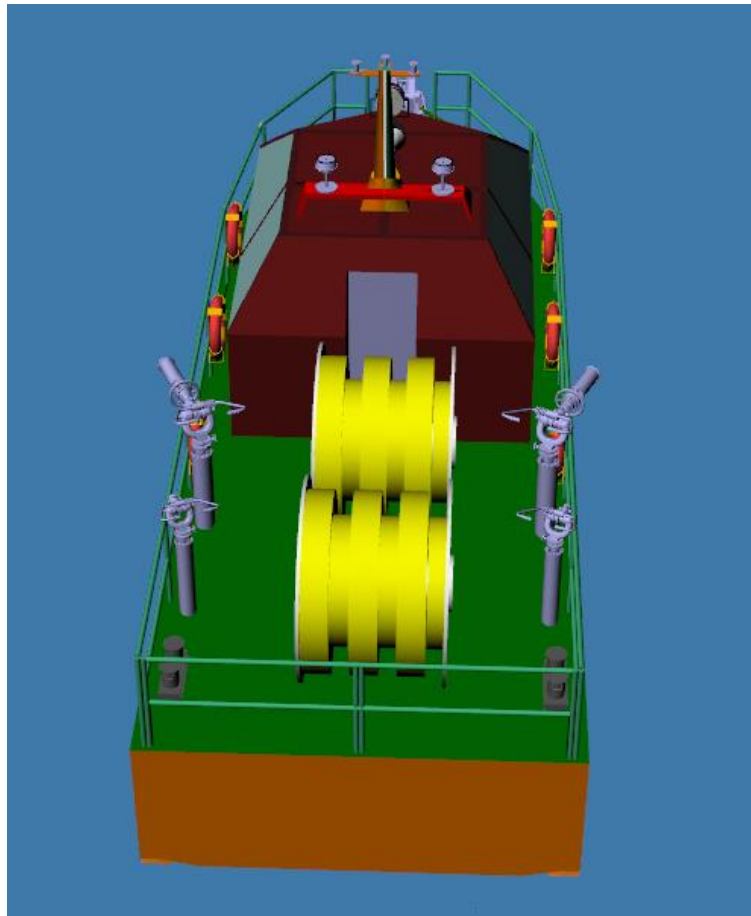
Top View



Front View

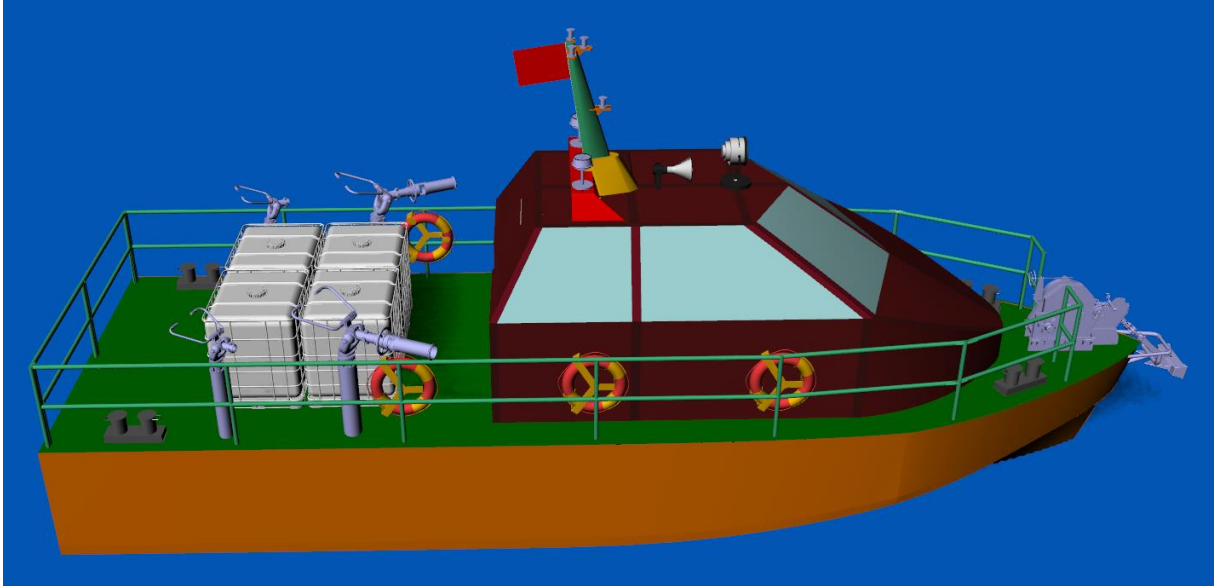


Back View

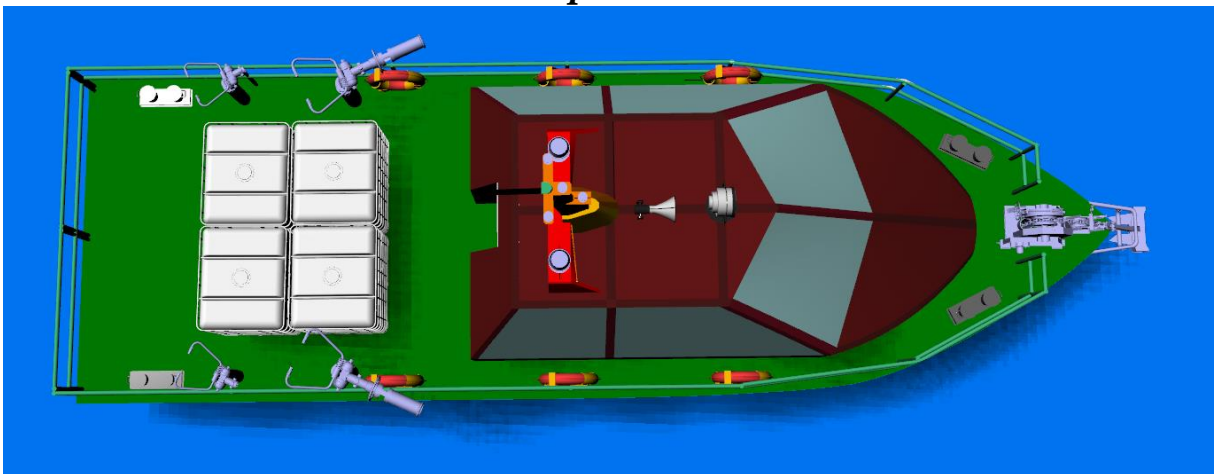


Fungsi dan Tujuan: Pembersihan Tumpahan Minyak

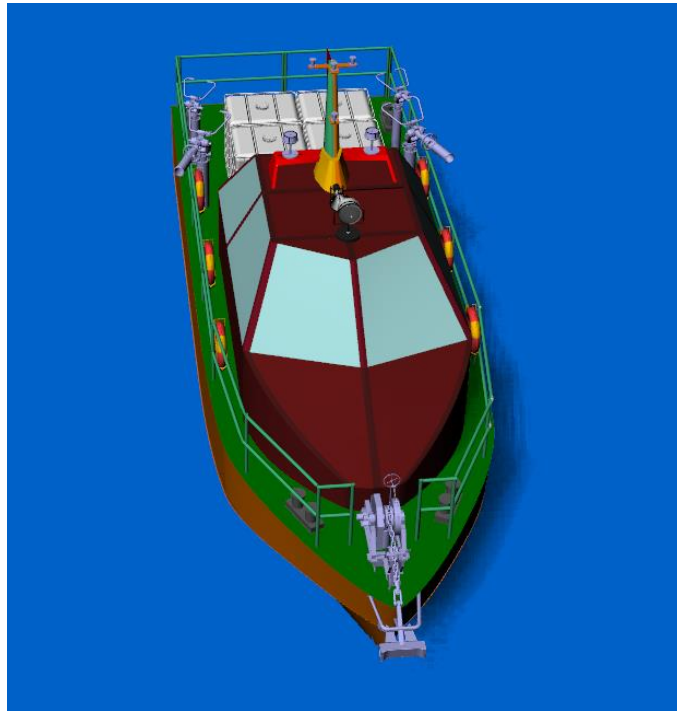
Profile View



Top View



Front View

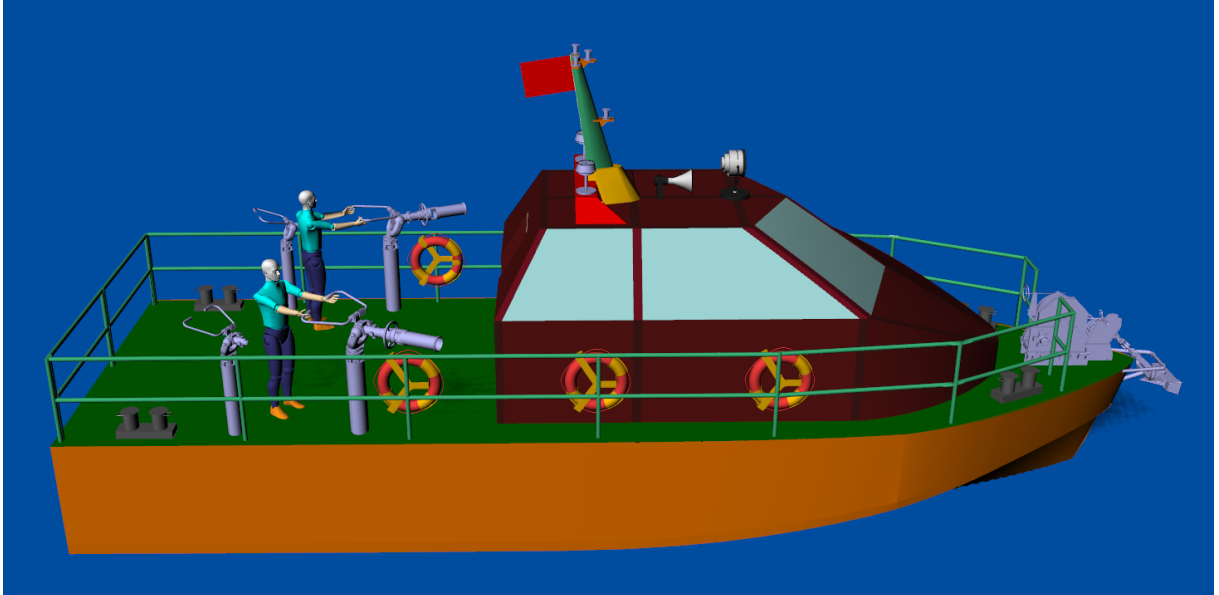


Back View

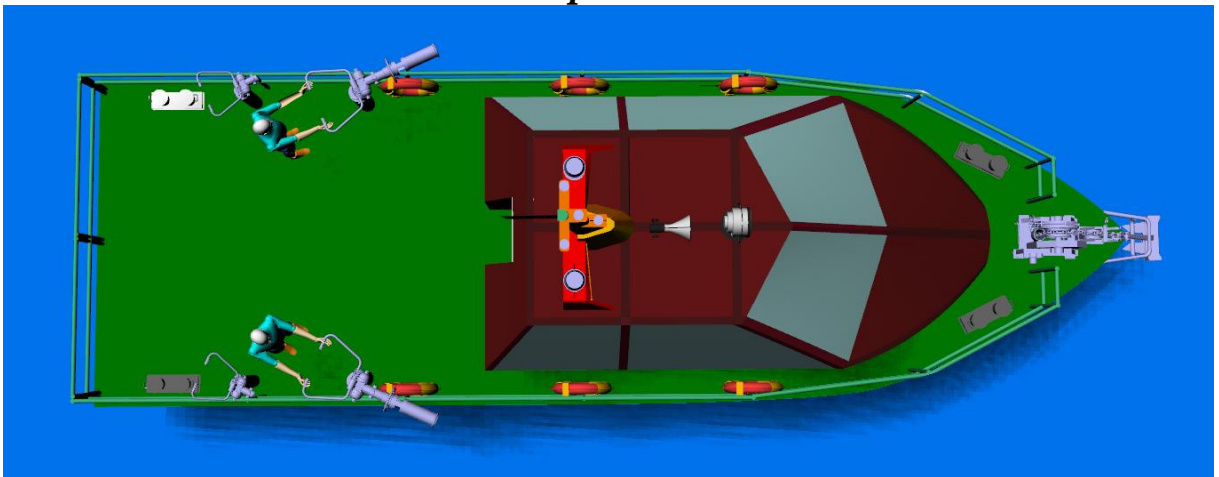


Fungsi dan Tujuan: Pemadam Kebakaran

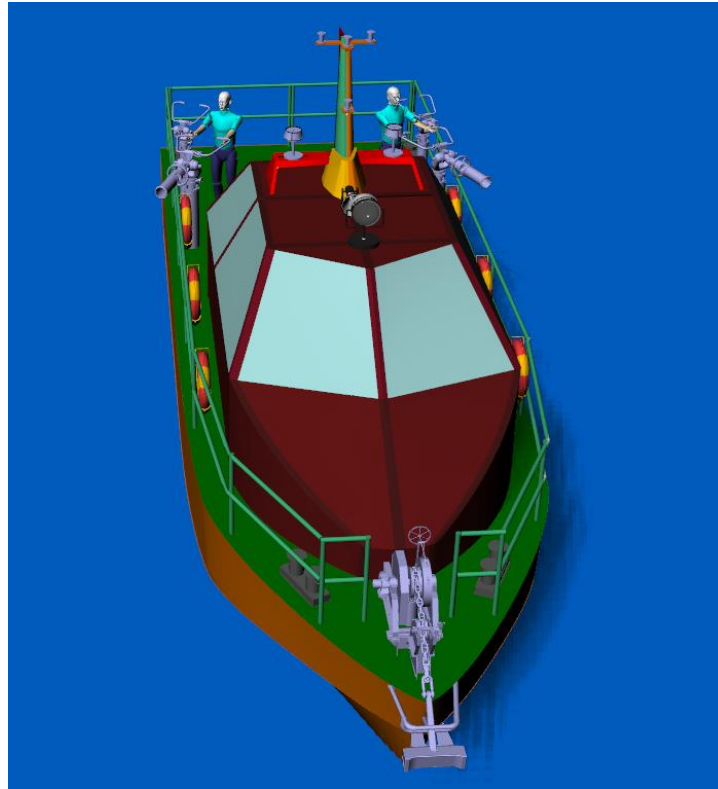
Profile View



Top View



Front View



Back View



LAMPIRAN E
KATALOG

Oil Boom



MFP- Solid Flotation Oil Boom



Technical Specifications

Section Length	15m/20m/25m/30m
Height	350, 600, 900, 1000mm
Weight	3.0kg/m
Ballast Weight	1.7kg/m
Temperature Resistance	-15 to +70°C
Fabric Tensile Strength	2800N/5cm
Boom Tear Strength	500N

Detailed Product Description

1. Excellent oil capturing ability and wave response.
2. Easy to deploy, clean, and store.
3. High strength due to improved load distribution.
4. Top tension cable adds additional strength to the boom.
5. Long service life.
6. Custom sizes available upon request.

MFP Oil Boom is a general purpose yellow PVC oil boom suitable for coastal and shoreline oil spill control. It is especially suitable for long term deployment and it is widely used in ponds, lakes, rivers, harbors and near-shore petroleum platforms. MFP oil boom is a light-weight boom making it easy to deploy and it is designed to capture and contain floating oil and debris.

Oil Rel



Boom Reel



MLR

Technical Specification

	MLR	MHR
Length	2205mm	3654mm
Width	1810mm	1814mm
Height	2075mm	2123mm
Weight	314kg	820kg
Reel inner width	1700mm	3000mm
Reel diameter	1800mm	
Reel material	Aluminium	
Frame material	Steel	
Forklift channels	Yes	
4-point lifting rings	Yes	
Hydraulic flow	10L/min	20L/min
Hydraulic pressure	200bar	
Power req.	3kw	7kw

The Megator Hydraulic operated Storage Reel Light (MLR) is designed to store between 200-300m length, 350-1500mm height, inflatable light oil boom (MAP). The light weight reel frame is manufactured in steel and the spool is manufactured in marine grade aluminum. The reel frame comprises fork lift channels and 4-point lifting points as standard for easy handling both on and offshore. Marine twist locks and container corner guides can be fitted as desired.

The MLR is driven by 1 hydraulic motor, requiring a power-pack such as the 3kw and allowing for easy deployment and recovery using minimal manpower.

A MLR cover can also be supplied ensuring maximum protection for the stored boom. Also it can driven 2 hydraulic motors requiring a power-pack capable of 6-7 kW .

Oil Skimmer

Skim Universal

High quality professional all-round oil skimmer for removing surface and leakage oils. Max. bath. temp. 90°C (194°F) – Oil Skimmer is made in stainless steel.

SSR TRADE
High quality, low costs

Telephone: +0045 29 92 29 65
E-mail: info@ssr-trade.com
Website: www.ssr-trade.com
VAT no.: DK29026610



Technical Features (Band width 60 mm)

Power Supply: 230 VAC · 50 Hz · 6W/24VAC
Capacity: Max. 6 litres/oil pr. hour
Max temp.: 90°C / 194°F (bath temperature)
Dimensions & weight: 110 x 180 x 85 mm · 1,15 kg.
Band lengths (mm.): 400 – 2000 mm (100 mm interval). For special band length requests, please contact your distributor.

- *Avoid infections from dirty tramp oils*
- *Oil/grease removal in tanks, chemical/ultrasonic baths and parts washers, cnc & tool machinery coolant tanks, sumps or any place where oil must be removed.*
- *Longer lasting tools/filters*
- *Cost saving equipment*
- *Safe voltage equipment. If an accident should happen, no one gets hurt*
- *Tests have proven our oil skimmers are capable of removing more than 99% of the surface oil!*

Skim Universal is a fully professional band oil skimmer, made in stainless steel (electro polished). The skimmer is not only a beautiful piece of design - inside the skimmer, there is a powerful motor and gear, giving the Oil Skimmer enough power for many years reliable operation.

Skim Universal is as its name reveals an universal Oil Skimmer. It is used for efficient removal of surface oils in process baths, in waterbased cleaning machines, ultra sound/ultrasonic baths, in condensate from pneumatic systems and many more. To make it brief, this is the oil skimmer you need if you wish to remove surface oils in a efficient and reliable way, from any place where undesired oils may be.

The bands for this skimmer are broad and has a unique capacity for retaining oils and solvents.

Skim Universal can also be used in machine tool sumps when very large quantities of tramp oil have to be removed.

If you are looking for an efficient and reliable way to remove undesired surface oils, with out spending a lot of money, Skim Universal is probably the best choice you could make.

Do not use this skimmer in strong acid or alcalics (keep in between 5 - 10 pH)

For this skimmer there are two kind of bands. One for cold baths (max temp. 50°C/122°F – quote C) and one for hot baths (max. temp. 90°C/194°F – quote H)

Oil Spill Dispersant

PRODUCT INFORMATION

Norchem[®]

IMPROVED FORMULATION FOR OPTIMUM RESULTS

OSD 570 - OIL SPILL DISPERSANT

GENERAL DESCRIPTION

Norchem OSD 570 is a "Low-Toxic" oil spill dispersant and emulsifier formulated to combat heavy crude oil slicks and other light petroleum products at sea as well as other areas where oil spillage is present.

ADVANTAGES

- Fast action-Contains effective active agents and emulsifiers
- High flash point - Eliminates fire hazard, handling and storage problems
- Economical - Can be diluted with water
- Safe on marine lives
- No toxic fumes or objectionable odour
- Biodegradable

WHERE TO USE

Norchem OSD 570 are used practically anywhere. Whether it is on land or at sea as long as there is an oil spillage problem - e.g. over contaminated sea surfaces, on decks, engine rooms, platforms, on board vessels or offshore rigs, refineries, oil terminals, loading bays, harbours and beaches.

USE DIRECTIONS

Oil slick at sea

The slick or oil contamination is preferably contained by means of oil boom. OSD 570 should be applied by a sprayer in the form of fine droplets, which are spread over the contaminated sea surface. Agitate sprayed areas with high-pressure stream of water or a long pole. Alternatively, the treated surface can be run over by a motorboat.

On large slicks at sea, OSD 570 should be applied from work boats equipped with spray nozzles mounted on booms externally from either side of boat. The nozzles should be mounted in such away that the spray hits sea at a straight angle, with an overlap of 15-20 cm of adjacent spray patterns. The flow should be provided by low pressure, using low volume pumps with a working pressure of 0.7-1.4 bars and a capacity in the order of 20-80 ltrs per minute.

The propeller movement and the wake will provide the necessary agitation for the dispersant to emulsify the oil within 30 minutes.

Consumption of dispersant may depend on the thickness of the oil slick, boom length of the workboat, speed of the workboat and pumping capacity. For lighter spill such as petrol or light crude, OSD 570 may be diluted 1:10 or 1:5 respectively with water.

Spillage on hard surfaces

Use neat or dilute with 1 to 2 parts of fresh or seawater. Spray spill thoroughly. Depending upon thickness of oil, allow up to 20 minutes saturation time before pressure rinse with water. Treated spill on platforms, boats, rigs and barges may be flushed overboard without causing a slick.

CHEMICAL PROPERTIES

Surfactants and dispersing agents in a base of non-aromatic organic solvents. Miscible with water. Aromatic content less than 0.5% Karl-Butanol value.

PHYSICAL PROPERTIES

Appearance : Yellowish liquid
Flash point : Above 78°C.
Density : 0.84 ± 0.01 @ 25°C
Stability : 3 years under normal storage

HANDLING PRECAUTIONS

Avoided prolong contact with skin. Flush with plenty of water if liquid gets into eyes or skin. Keep away from open flames.

PACKAGE

Supplied In 25 and 200 litres container

Oil Sorbent

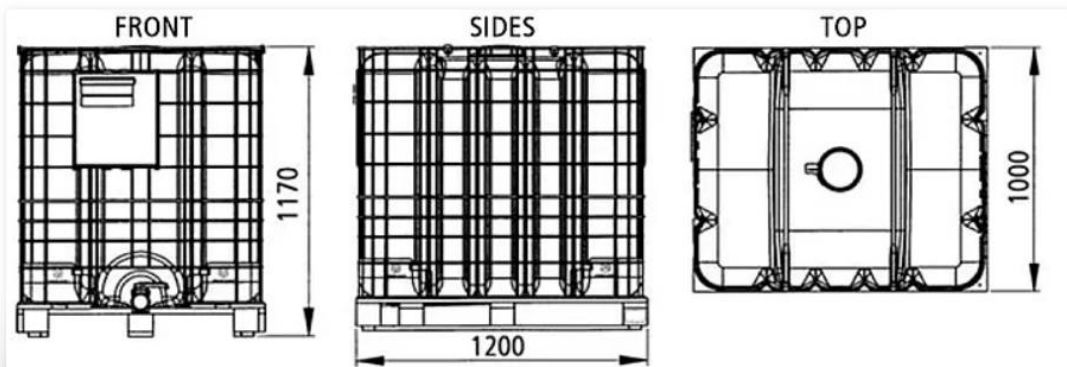
Product Name	OIL SORBENT PAD WHITE P80 100EA 79980
SKU	2MG36
Brand	SWIPE-ALL
Netto Weight	7 KG
Manufacturing Number	79980
Dimension Unit	50 X 40 X 20 CM
Type	Industrial Cleaning Wipe
Benefit	<ul style="list-style-type: none">• Can absorb up to 144 Liter per box• Capable to absorb spilled oil on water surface• Effective in absorbing petrol, oil, diesel fuel and other oils
Features	<ul style="list-style-type: none">• Easy to dispose and environment friendly• More economical compared to similar product of famous brands with similar absorption capabilities
Specification	<ul style="list-style-type: none">• Color: White• Consists of: 100 EA/BOX• Sheet Size: 40 X 50 CM• Material: 100% PP

Temporary Storage Tank

What can be carried with an IBC :

IBCs (Intermediate Bulk Containers) are capable for foodstuffs and chemicals (hazardous and non hazardous).

Dimensions




Weights (kg) depend, of the pallet			Dimensions (+/- 10 mm)		
Metal (+/-2kg)	Plastic (+/-2kg)	Wooden (+/-4kg)	Length	Width	Height
64	69	62	1200	1000	1170

■ Delivered quantity by transport :

Transport	120 m ³ truck	100m ³ truck	70m ³ truck	40" container	20" container
Quantity	60 IBC's	52 IBC's	32 IBC's	42 IBC's	18 IBC's

Fire Pump

	DATA SHEETS FIRE PUMPS	Date:	30.10.2008
		Prep. By:	BSI
		Sheet no.:	2

ITEM NO. 06 SFP	Stbd & Port
-----------------	-------------

General information

Quantity	2
Pump series	SFP
Model	SFP 250x350 HD
Manufacturer	FFS/Scanpump
Design	Centrifugal
Execution	Horizontal
Casing	Radial split
Suction	Single

Design Criteria

Fluid	Sea water
Suction flange	DIN 350
Discharge flange	DIN 250
Pressure class, suction	PN16
Pressure class, discharge	PN25

Technical data

Direction of rotation seen from input shaft	C.W.	
Capacity	1365	m ³ /h
Head	117	m/c
Speed	1800	rpm
Power	566	kW
NPSH (R)	7,3	meter
Impeller diameter	519	millimeter
Hydraulic efficiency	79,1	%
Weight	420 kg	kg
Shaft seal	Gland packing	

Fire Fighting Nozzle



InnoVfoam B.V.

FiFi-1 remotely operated fire water monitor

MODEL	CAPACITY [L/min]	INLET CONN.	OUTLET CONN.	WEIGHT [kg]
FWM-8-EL	20.000	8" or 200 DIN	8" flange	136
The monitor can be equipped with nozzle type FJN				
FJN - 20.000	Up to 20.000	grooved	-	-

CHARACTERISTICS FIFI FWM-8 EL MONITOR

The capacity of the monitor with water branchpipe meets the requirements up to 20.000 lpm for FiFi-1 classification.

Design pressure: 16 bar

Max. working pressure: 16 bar

Test pressure: 24 bar

Rotation: approx. 300°

Elevation: + 70°/-50°

Body material: Carbon steel, Branchpipe stainless steel

Finish: Primer and red epoxy paint (RAL 3000)

Ballbearings for rotation and elevation.

Electric motors El./Rot.: 24 VDC (optional 230 VAC/400 VAC), IP65

Endswitches: Magnetic limit switches, horizontal adjustable

Main Engine



4CHE3 / 6CHE3

M · L-rating 57.4~95.6kW (78~130mph)



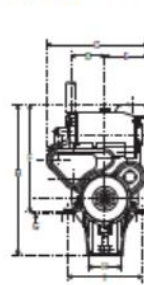
- Direct injection, heat exchanger cooling.
- Natural aspirated 4- and 6-cylinder.
- Durable hydraulic marine gear.

Specifications

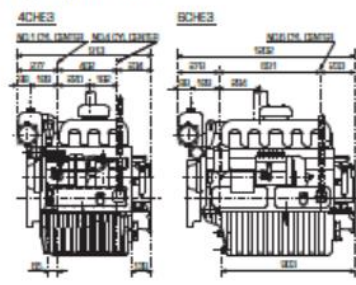
Model	4CHE3	6CHE3
Number of cylinders	4 in-line	6 in-line
Bore × stroke	mm 105 × 125	
Displacement	L 4.330	
Rated output	kW/hp	
	M : 57.4(78)/2550	M : 84.6(115)/2550
	L : 62.5(85)/2600	L : 95.6(130)/2600
Combustion system	Direct injection	
Aspiration	Natural aspirated	
Starting system	Electric starting 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 570	700
Dimensions (L×W×H)	mm 1258×688×1022 with YX30	1496×680×1018 with YX30

Dimensions Unit:mm

Engine only / Front view



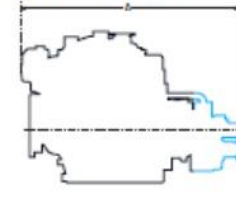
Engine only / Left side view



With gearbox / Rear view



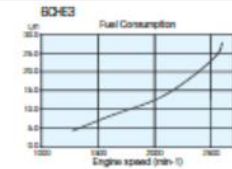
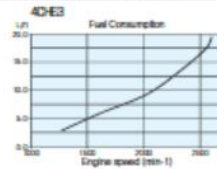
With gearbox / Left side view



Model	A	B	C	D	E	F	G	H	I
4CHE3 × YX-30-2	1258	1022	688	232	252	735	9	232	510
6CHE3 × YX-30-2	1496	1018	690	233	300	737	9	233	500

— Marine gear

Performance curves



Auxiliary Engine

C2.2

GENERATOR SET



Mechanical
Control
System

RATINGS AND FUEL CONSUMPTION

Generator Set						
	ekW @ .8pf	kV•A	rpm	U.S. g/h	l/h	EPA - IMO - EU
Maximum Continuous Rating						
60 Hertz	21.0	26.5	1800	1.98	7.5	T3C - NST - IW
50 Hertz	17.5	22.0	1500	1.66	6.3	T3C - NST - IW
60 Hertz	30.0	37.5	1800	2.48	9.4	T3C - NST - IW
50 Hertz	24.5	30.5	1500	2.09	7.9	T3C - NST - IW
Continuous Rating						
60 Hertz	19.5	24.0	1800	1.63	6.2	T3C - NST - IW
50 Hertz	16.0	20.0	1500	1.37	5.2	T3C - NST - IW
60 Hertz	27.0	34.0	1800	2.24	8.5	T3C - NST - IW
50 Hertz	22.5	28.0	1500	1.88	7.1	T3C - NST - IW

Generator Set – Single Phase						
	ekW @ 1.0pf	kV•A	rpm	U.S. g/h	l/h	EPA - IMO - EU
Maximum Continuous Rating						
60 Hertz	21.5	21.5	1800	1.98	7.5	T3C - NST - IW
50 Hertz	18.0	18.0	1500	1.66	6.3	T3C - NST - IW
60 Hertz	29.5	29.5	1800	2.48	9.4	T3C - NST - IW
50 Hertz	24.5	24.5	1500	2.09	7.9	T3C - NST - IW
Continuous Rating						
60 Hertz	19.0	19.0	1800	1.63	6.2	T3C - NST - IW
50 Hertz	16.0	16.0	1500	1.37	5.2	T3C - NST - IW
60 Hertz	27.0	27.0	1800	2.24	8.5	T3C - NST - IW
50 Hertz	22.5	22.5	1500	1.88	7.1	T3C - NST - IW

Maximum Continuous Power: Power available at variable load with the average not exceeding 50%. No overload is permitted.

Continuous Power: Overload of 10% is permitted for one hour in twelve hours operational. The remaining operational time should be at varying loads with the average not exceeding 80% of continuous power in one day.

	L	H	WE
Open Set	45 in/1147 mm	32 in/825 mm	20.5 in/521 mm
Enclosed Set	46 in/1170 mm	31 in/775 mm	24 in/608 mm

In-line 4, 4-Stroke-Cycle Diesel

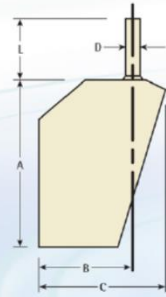
Aspiration	NA, T	
Bore x Stroke	3.31 x 3.94 in	84 x 100 mm
Displacement	135 cu in	2.2 liter
Rotation (from flywheel end)	Counterclockwise	
Generator set weight (approx)	857/1027 lb	389/466 kg

Rudder

Stock AQ-22 Rudder Specifications

Rudder Model	Diameter inch (D)	Length inch (L)	Wt. Stock Per Ft. lb./ft.	Rudder Wt. Less Stock lb.	Rudder Length inch (A)	Stock Location inch (B)	Rudder Width inch (C)	Estimated* Rudder Torque 40 Knots inch/lb.
I	1½	15	4.17	19	13½	6¾	9¾	4,400
II	1½	18	6.01	30	16½	8¾	12	8,100
III	1¾	21	8.18	47	19	9¾	13¾	12,200
IV	2¾	24	13.52	82	23¾	11¾	17	22,300
V	2¾	30	20.19	125	27	13¾	19½	34,300
VI	4	34	42.71	200	31	15¾	22¾	52,200
VII	4¾	38	54.05	275	34¾	17	25	71,900

* Rudder torque has been increased 25% to allow for bearing friction.



Propeller

DJ355 & DQ469 SPECIFICATIONS									DJ355 - 0.55 E.A.R.				DQ469 - 0.69 E.A.R.			
DIAMETER		HUB DIMENSIONS (INCHES)			STANDARD TAPER BORE (INCHES)			MAXIMUM BLADE WIDTH (INCHES)	EXPANDED AREA PER BLADE (SQ. IN)	APPROX. NET WEIGHT (LBS.)	*WR ² (LBS.-IN ²)	MAXIMUM BLADE WIDTH (INCHES)	EXPANDED AREA PER BLADE (SQ. IN)	APPROX. NET WEIGHT (LBS.)	*WR ² (LBS.-IN ²)	
INCHES	MM	AFT END	FORWARD END	LENGTH	MINIMUM BORE	MAXIMUM BORE	PILOT BORE									
9	229	1-3/8	1-1/2	2-1/8	3/4	7/8	3/4	4-1/16	11.7	2.5	7	-	-	-	-	
10	254	1-1/2	1-5/8	2-1/4	3/4	1	3/4	4-1/2	14.4	3	12	-	-	-	-	
11	279	1-1/2	1-5/8	2-1/4	3/4	1	3/4	4-15/16	17.4	4	19	-	-	-	-	
12	305	1-5/8	1-3/4	2-3/8	7/8	1-1/8	7/8	5-3/8	20.7	5	31	-	-	-	-	
13	330	1-5/8	1-13/16	2-3/4	1	1-1/8	1	5-7/8	24.3	6	45	-	-	-	-	
14	356	1-7/8	2	2-3/4	1	1-1/4	1	6-5/16	28.2	8	65	-	-	-	-	
15	381	1-7/8	2	2-3/4	1	1-1/4	1	6-3/4	32.4	9	91	-	-	-	-	
16	406	2-1/8	2-3/8	3-1/4	1-1/8	1-3/8	1-1/8	7-1/4	36.9	11	127	-	-	-	-	
17	432	2-3/8	2-5/8	3-3/4	1-1/4	1-1/2	1-1/4	7-5/8	41.6	14	173	7-5/16	39.1	17	226	
18	457	2-3/8	2-5/8	3-3/4	1-1/4	1-1/2	1-1/4	8-1/8	46.7	16	227	7-3/4	43.9	20	300	
19	483	2-3/8	2-5/8	3-3/4	1-1/4	1-1/2	1-1/4	8-1/2	52.0	19	314	8-3/16	48.9	22	394	
20	508	2-3/8	2-5/8	3-3/4	1-1/4	1-1/2	1-1/4	9	57.6	21	403	8-5/8	54.2	25	505	
21	533	2-3/4	3	4-1/8	1-3/8	1-3/4	1-3/8	9-7/16	63.5	26	514	9	59.7	30	643	
22	559	2-3/4	3	4-1/8	1-3/8	1-3/4	1-3/8	9-7/8	69.7	29	647	9-7/16	65.5	34	811	
23	584	3	3-1/4	4-1/2	1-1/2	2	1-1/2	10-3/8	76.2	34	808	9-7/8	71.6	40	1,010	
24	610	3	3-1/4	4-1/2	1-1/2	2	1-1/2	10-5/8	82.9	37	1,004	10-5/16	78.0	45	1,250	
26	660	3-3/8	3-3/4	4-7/8	1-3/4	2-1/4	1-3/4	11-3/4	97.3	48	1,480	11-3/16	91.5	57	1,850	
28	711	3-3/4	4-1/8	5-3/4	2	2-1/2	2	12-5/8	112.9	62	2,150	12	106.2	73	2,680	
30	762	4-1/4	4-5/8	6	2	3	2	13-1/2	129.6	79	3,020	12-7/8	121.9	92	3,770	
32	813	4-1/4	4-5/8	6	2	3	2	14-3/8	147.4	90	4,140	13-3/4	138.7	107	5,180	
34	864	4-1/4	4-5/8	6-1/2	2-1/4	3	2-1/4	15-5/16	166.5	105	5,610	14-5/8	156.6	125	7,020	
36	914	4-5/8	5-1/8	8	2-3/4	3-1/2	2-3/4	16-3/16	186.6	130	7,420	15-7/16	175.5	153	9,260	
38	965	4-5/8	5-1/8	8	2-3/4	3-1/2	2-3/4	17-1/16	207.9	147	9,670	16-5/16	195.6	174	12,080	
40	1,016	5	5-1/2	9	3	3-3/4	3	18	230.4	183	13,150	17-3/16	216.7	215	16,440	
42	1,067	5-3/8	6	10-7/16	3	4	3	-	-	-	-	18	239.0	263	21,070	

Fire Extinguisher



Code	CO2 kg	Class of fires	Ø mm	Kg full~	H mm~	Jet mt~	Time sec~	Pallets 80x120	
								Q.ty	kgs
13410	1	5A 34B	85	2	335	2	10	576	1.150
13420	2	70B	130	4.1	425	5	14	576	1.150
13440	4	13A 113B	140	6.8	485	3	25	132	910
13461	6	113B	160	9.7	530	5	24	132	910

Marine Air Conditioning

M16 16,500 BTU

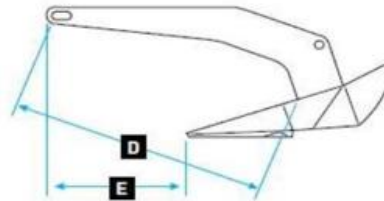
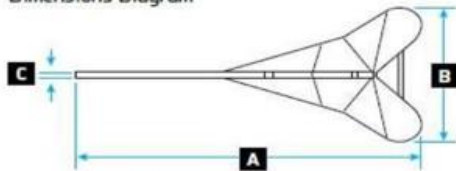


Dimensions:
L-19.75", W-13.5", H-14.25"
Weight : 68 Lbs
Amp: 12 Cool, 13.5 Rev/Cycle Heat
Electric heat not available
**Available in 110V OR 220V

Blower CFM: 485
Cooling Capacity: 1,400 Cubic Ft.
Designed to cool up to a 40' cruiser or a 45' sailboat.
(Left Discharge Shown Above)

Anchor

Dimensions Diagram



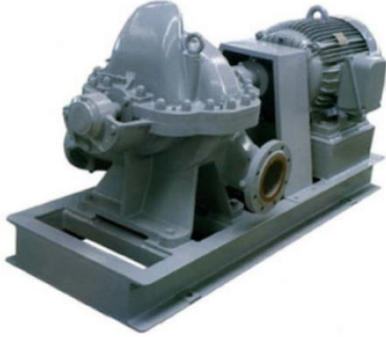
Delta® Anchor Stainless and Galvanised Specifications

GALVANIZED Part No.	STAINLESS Part No.	ANCHOR WEIGHT		RECOMMENDED CHAIN SIZE		A		B		C		D		E	
		kg	lb	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in
0057404		4	9	6-7	1/4	514	20 1/4	228	9	8	5/16	387	15 1/4	210	8 1/4
0057406	0057306	6	14	6-7	1/4	595	23 3/4	253	10 3/4	10	3/8	450	17 3/4	241	9 1/2
0057410	0057310	10	22	8	5/16	695	27 3/4	308	12 1/4	12	1/2	526	20 3/4	283	11 1/4
0057416	0057316	16	35	8	5/16	812	32	360	14 1/4	12	1/2	614	24 1/4	334	13
0057420	0057320	20	44	10	3/8	877	34 1/2	389	15 1/4	16	5/8	663	26 1/4	361	14 1/4

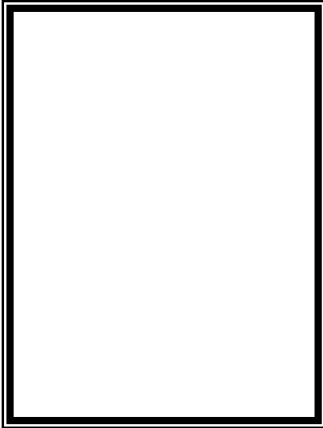
General Service Pump

LANGE
MARINE INDUSTRY

Design and make the best equipment
for the global shipyards and shipowners

Cooling Water Pump/Bilge& Ballast Pump/Fire & General Service Pump		
	MPUS110 Series	
	Type	Two-stage Single-suction Split-casing Type Centrifugal Pump
	Capacity(m3/h)	42-130
	Total Head(m)	74-230
	Typical Applications	Cooling Water Bilge& Ballast Fire& General Service Sea Water

BIODATA PENULIS



Muhammad Rizqi Putra Akbar, itulah nama lengkap penulis. Dilahirkan di Jakarta pada 22 April 1998 silam. Penulis merupakan anak pertama dari dua saudara. Penulis menempuh pendidikan formal tingkat dasar pada TK Al-Qomar, kemudian melanjutkan ke SDN 12 Lubang Buaya, SMPN 49 Jakarta dan SMAN 48 Jakarta. Setelah lulus SMA, Penulis diterima di Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS pada tahun 2016 melalui jalur SNMPTN. Di Departemen Teknik Perkapalan Penulis mengambil Bidang Studi

Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal. Selama masa studi di ITS, selain kuliah Penulis mengikuti beberapa kegiatan organisasi seperti menjadi bagian dari staff Departemen Kemahasiswaan Himatekpal 2017/2018 dan juga sebagai Kepala Departemen Kemahasiswaan Himatekpal 2018/2019.

Email: rizqi.putrakbar@gmail.com