

**DESAIN KAPAL PENGANGKUT TANDAN BUAH SEGAR
KELAPA SAWIT BERKAPASITAS 3,5 TON DENGAN
SISTEM KONVEYOR DI SUNGAI KAMPAR KIRI
TENGAH**



Oleh:

HARDESTYO DWI SAPUTRA

NIM: 1103230025

**PROGRAM STUDI D-III TEKNIK PERKAPALAN
JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS
AGUSTUS 2026**

TUGAS AKHIR

DESAIN KAPAL PENGANGKUT TANDAN BUAH SEGAR KELAPA SAWIT BERKAPASITAS 3,5 TON DENGAN SISTEM KONVEYOR DI SUNGAI KAMPAR KIRI TENGAH

Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi

Diploma III Jurusan Teknik Perkapalan



Oleh:

HARDESTYO DWI SAPUTRA

NIM: 1103230025

**PROGRAM STUDI D-III TEKNIK PERKAPALAN
JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS
AGUSTUS 2026**

HALAMAN PENGESAHAN

DESAIN KAPAL PENGANGKUT TANDAN BUAH SEGAR KELAPA SAWIT BERKAPASITAS 3,5 TON DENGAN SISTEM KONVEYOR DI SUNGAI KAMPAR KIRI TENGAH

*Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Program Studi Diploma III Jurusan Teknik Perkapalan*

Oleh :

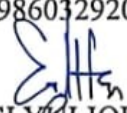
HARDESTYO DWI SAPUTRA
NIM.1103230025

Disetujui oleh Tim Penguji Skripsi/TA :

Tanggal Ujian : 6 Agustus 2026
Periode Wisuda : 2026


Budhi Santoso, S.T., M.T.
NIP.198603292015041002

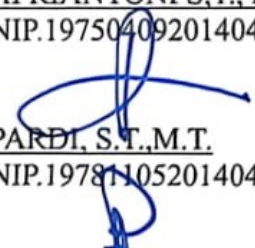
(Pembimbing 1)


Dr. EGI YULIORA, S.Si., M.Si
NIP.198807312025062001

(Pembimbing 2)


AFRIANTONI S.T., M.T.
NIP.197504092014041001

(Penguji 1)


PARDI, S.T., M.T.
NIP.197811052014041002

(Penguji 2)


JUPRI, MT
NIP.198707012025211080

(Penguji 3)

Bengkalis, 6 Agustus 2026
Ketua Program Studi D III Teknik Perkapalan



NIP.198707012025211080

LEMBAR PENGESAHAN

Kami dengan sebenarnya menyatakan bahwa, kami telah membaca keseluruhan dari Skripsi/TA ini, dan kami berpendapat bahwa Tugas Akhir ini layak dan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya.

Tanda Tangan : 

Nama Penguji 1 : AFRIANTONI, S.T., M.T.

Tanggal Pengujian : 6 Agustus 2026

Tanda Tangan : 

Nama Penguji 2 : PARDI, S.T., M.T.

Tanggal Pengujian : 6 Agustus 2026

Tanda Tangan : 

Nama Penguji 3 : JUPRI, MT

Tanggal Pengujian : 6 Agustus 2026

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini adalah asli hasil karya saya dan tidak terdapat karya yang pernah dilakukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya dalam naskah dan dalam daftar pustaka.

Bengkalis, 6 Agustus 2026



HARDESTYO DWISAPUTRA
1103230025

ABSTRAK

DESAIN KAPAL PENGANGKUT TANDAN BUAH SEGAR KELAPA SAWIT BERKAPASITAS 3,5 TON DENGAN SISTEM KONVEYOR DI SUNGAI KAMPAR KIRI TENGAH

Nama Mahasiswa : HARDESTYO DWI SAPUTRA

NIM : 1103230025

Dosen Pembimbing I : Budhi Santoso, S.T., M.T

Dosen Pembimbing II : Dr.Egi Yuliora, S.Si, M.Si

Transportasi Tandan Buah Segar (TBS) kelapa sawit di Desa Simalinyang, Kecamatan Kampar Kiri Tengah, Kabupaten Kampar masih menggunakan perahu motor berkapasitas kurang dari 2,5 ton sehingga memerlukan beberapa kali perjalanan dan menyebabkan proses distribusi menjadi kurang efisien. Penelitian ini bertujuan merancang kapal angkutan TBS yang sesuai dengan karakteristik Sungai Kampar Kiri Tengah sehingga mampu meningkatkan kapasitas angkut, efisiensi operasional, dan keselamatan pelayaran. Metode yang digunakan meliputi survei lapangan, studi literatur, analisis kebutuhan kapasitas angkut, penentuan ukuran utama menggunakan metode regresi linier berdasarkan kapal pembanding, pemodelan tiga dimensi menggunakan *Maxsurf* Modeler, serta analisis hidrostatik, stabilitas, dan kebutuhan daya penggerak menggunakan perangkat lunak *Maxsurf*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kapasitas angkut optimum yang dibutuhkan adalah 3,5 ton per perjalanan. Berdasarkan hasil regresi dan proses iterasi diperoleh ukuran utama kapal yaitu panjang keseluruhan (LOA) 9,10 m, LPP 8,9 m, lebar (B) 2,50 m, tinggi (H) 1,40 m, dan sarat (T) 0,45 m. Hasil analisis hidrostatik menunjukkan kapal memiliki daya apung yang memadai, sedangkan analisis stabilitas memenuhi kriteria IMO Intact Stability Code (MSC.267(85)) sehingga kapal dinyatakan aman pada kondisi pembebanan yang direncanakan. Analisis hambatan dan daya menunjukkan kebutuhan daya penggerak sebesar 53 HP untuk mencapai kecepatan operasi 7 *knot*. Dengan demikian, desain kapal yang dihasilkan dinilai layak digunakan sebagai sarana transportasi TBS di Sungai Kampar Kiri Tengah karena mampu meningkatkan kapasitas angkut, efisiensi distribusi, serta mendukung keselamatan operasional.

Kata Kunci : kapal angkutan TBS, Sungai Kampar Kiri Tengah, regresi linier, stabilitas kapal, *Maxsurf*.

ABSTRACT

DESIGN OF AN OIL PALM FRESH FRUIT BUNCH (FFB) TRANSPORT VESSEL TO SUPPORT THE MOBILITY OF FRESH FRUIT BUNCHES ON THE KAMPAR KIRI TENGAH RIVER

Student Name : HARDESTYO DWI SAPUTRA

Student ID Number : 1103230025

Supervisor I : Budhi Santoso, S.T., M.T

Supervisor II : Dr.Egi Yuliora, S.Si, M.Si

The transportation of Fresh Fruit Bunches (FFB) of oil palm in Simalinyang Village, Kampar Kiri Tengah District, Kampar Regency is currently carried out using small motorized boats with capacities below 2.5 tons, requiring multiple trips and reducing transportation efficiency. This study aims to design an FFB transport vessel suitable for the operating conditions of the Kampar Kiri Tengah River to improve carrying capacity, operational efficiency, and navigational safety. The research methods included field surveys, literature review, transportation capacity analysis, determination of the principal dimensions using a linear regression approach based on comparable vessels, three-dimensional modeling with Maxsurf Modeler, and hydrostatic, stability, and propulsion power analyses using Maxsurf software. The results indicate that the required payload capacity is 3.5 tons per trip. The final principal dimensions obtained through regression and design iteration are 9.10 m length overall (LOA), 2.50 m LPP, 8.9 m, breadth (B), 1.40 m depth (H), and 0.45 m draft (T). Hydrostatic analysis confirmed adequate buoyancy, while stability analysis satisfied the IMO Intact Stability Code (MSC.267(85)) requirements, indicating that the vessel is safe under the planned loading conditions. Resistance and propulsion analysis showed that an engine power of 53 HP is required to achieve the service speed of 7 knots. Therefore, the proposed vessel design is considered feasible for transporting oil palm FFB on the Kampar Kiri Tengah River by increasing payload capacity, improving transportation efficiency, and supporting safe vessel operations.

Keywords: oil palm fresh fruit bunches, river transport vessel, linear regression, ship stability, Maxsurf.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb

Segala puji hanya milik Allah SWT. Shalawat dan salam selalu tercurahkan kepada Rasulullah SWT. Berkat limpahan dan Rahmat-Nya penyusun mampu menyelesaikan Tugas Akhir tepat pada waktunya. Pada penyusunan laporan ini banyak pihak yang telah memberikan bantuan materi maupun spiritual. Untuk itu saya ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ir Johny Custer, S.T., M.T. selaku Direktur utama, Politeknik Negeri Bengkalis.
2. Bapak Ikhsan, ST., MT selaku Ketua Jurusan Program Studi Teknik Perkapalan, Politeknik Negeri Bengkalis.
3. Bapak Jupri MT selaku Ketua Program Studi D-III Teknik Perkapalan, Politeknik Negeri Bengkalis
4. Bapak Budhi Santoso, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing I
Terima kasih atas bimbingan masukan beserta ide-ide yang telah diberikan.
5. Ibu Dr.Egi Yuliora, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing II.
Terima kasih atas bimbingan masukan beserta ide-ide yang telah diberikan.
6. Bapak AFRIANTONI, S.T., M.T. Selaku dosen penguji 1
7. Bapak PARDI, S.T., M.T. Selaku dosen penguji 2
8. Bapak JUPRI, MT Selaku dosen pengiji 3
9. Kedua orang tua saya Bapak Harsoyo dan Ibu Hariani terima kasih atas doa, dukungan moril dan materil selama pengerjaan Tugas Akhir saya.
10. Teruntuk Eria Dwi Marsely yang sudah mendukung dan membantu

dalam penyusunan power point dan laporan.

11. Teruntuk Pemilik Sampan, terima kasih telah mendampingi saya selama ini, serta memberi dukungan dan masukan dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.
12. Teruntuk Pemilik kebun kelapa sawit telah memberikan informasi yang di butuhkan untuk mengerjakan tugas akhir
13. Teruntuk rencang rencang kos saya terimakasih atas dukungan dalam melaksanakan tugas akhir ini

Penulis mohon maaf karena dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan dan masih banyak kekurangan. Atas perhatian dan waktunya saya ucapkan terima kasih.

Sekian dan terimakasih.

Bengkalis, 4 Agustus 2026

Penulis



Hardestyo Dwi Saputra

1103230025

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iv
ABSTRAK.....	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN.....	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Batasan Masalah.....	6
1.4 Tujuan	7
1.5 Manfaat	7
1.6 Sistematika Penulisan	8
BAB 2 LANDASAN TEORI.....	9
2.1 Sungai Kampar Kiri	9
2.2 Pengertian kapal pengangkut TBS kelapa Sawit	11
2.3 Metode Menentukan Data Utama Kapal	11
2.4 Desain Lambung Kapal	12
2.5 Jenis Lambung Bentuk Flat	13
2.6 Hidrostatik Kapal	14
2.7 Teori Desain Kapal	18
2.7.1 Fase <i>Concept Design</i>	18
2.7.2 Fase <i>Preliminary Design</i>	19
2.7.3 Fase <i>Contract Design</i>	19
2.7.4 Fase <i>Detail Design</i>	19
2.7.5 <i>Parametric Design Approach</i>	20

2.7.6	<i>Optimation Design Approach</i>	20
2.8	Lines Plan Kapal	20
2.9	Metode Desain Kapal.....	21
2.9.1	<i>Parent Design Approach</i>	21
2.9.2	<i>Trend Curve Approach</i>	21
2.9.3	<i>Iteratif Design Approach</i>	21
2.10	Rencana Umum (General Arrangement Plan)	22
2.10.1	Pembagian Ruangan-Ruangan Utama (<i>Main-Spaces</i>).....	23
2.11	Stabilitas kapal	25
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....		30
3.1	Diagram Alir (<i>Flowchart</i>).....	30
3.2	Tahapan Penelitian.....	31
3.2.1	Identifikasi Masalah.....	31
3.2.2	<i>Study Literature</i>	31
3.2.3	Pengumpulan Data	32
3.2.4	Penentuan Ukuran Utama Kapal	32
3.2.5	Merencanakan <i>Lines Plan</i>	32
3.2.6	Membuat Rencana Umum <i>General arrangement</i>	32
3.2.8	Perhitungan Kebutuhan Daya Penggerak.....	33
3.2.7	Stabilitas kapal.....	33
3.2.9	Pembuatan Miniatur	34
3.2.10	Penyusunan Laporan	34
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		35
4.1	Analisis Data Survey	35
4.2	Data Kapal Pembanding	38
4.3	Penentuan Ukuran Utama Kapal.....	41
4.4	Perencanaan <i>Lines Plan</i>	42
4.5	Kurva Hidrostatik	43
4.6	Gambar Rencana Umum.....	48
4.6.1	Penentuan Jarak Gading (Frame).....	48
4.6.2	Perhitungan tangki-tangki.....	49
4.6.3	Perencanaan Ruang Muat	51
4.6.4	Perencanaan Bongkar Muat	51
4.7	Perhitungan Berat Kapal	54
4.7.1	Perhitungan DWT Kapal	54
4.7.2	Perhitungan LWT Kapal.....	56
4.8	Stabilitas Kapal	58
4.8.1	Kondisi Kapal Penuh	59
4.8.2	Kondisi Kapal Setengah Muatan	61

4.8.3	Kondisi muatan bergeser	63
4.8.4	Kondisi Kapal Kosong.....	66
4.9	Menentukan hambatan dan <i>Engine Power</i>	69
4.9.1	Menentukan Hambatan Kapal	69
4.9.2	<i>Engine Power</i>	75
4.10	Pembuatan Miniatur.....	76
4.10.1	<i>Marking dan cutting</i>	77
4.10.2	Proses <i>Fit Up</i>	77
4.10.3	Proses Pendempulan	78
4.10.4	Proses Painting.....	78
4.10.5	<i>Finishing</i>	79
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		80
5.1	Kesimpulan	80
5.2	Saran	81
DAFTAR PUSTAKA.....		82
LAMPIRAN		84

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik hidro-oseanograf 1	9
Tabel 4. 1 Data eksisting kapal	36
Tabel 4. 2 kebutuhan kapasitas angkut	36
Tabel 4. 3 Data perhitungan menunjukkan kapasitas angkut.....	38
Tabel 4. 4 Data Utama Kapal	41
Tabel 4. 5 Data hidroststik kapal.....	44
Tabel 4. 6 Data Spek Conveyor	54
Tabel 4. 7 Data LWT Kapal	58
Tabel 4. 8 Data Loadcase Kapal Penuh	59
Tabel 4. 9 Data Criteria Loadcase 1.....	59
Tabel 4. 10 Data Loadcase 2	61
Tabel 4. 11 Data Criteria Loadcase 2.....	61
Tabel 4. 12 Data Loadcase 3	63
Tabel 4. 13 Data Criteria Loadcase 3.....	64
Tabel 4. 14 Data Loadcase 4.....	66
Tabel 4. 15 Data Criteria Loadcase 4.....	66
Tabel 4. 16 Data Kapal pada Software Maxsurf Resistance	70
Tabel 4. 17 Data Resistance (KR Barge)	71
Tabel 4. 18 Data Spesifikasi Mesin Tempel 60 EFI	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 peta dan aliran sungai desa simalinyang Kab. Kampar kiri tengah	1
Gambar 1. 2 Dermaga Simalinyang	2
Gambar 1. 3 Rute Pelayaran.....	3
Gambar 1. 4 Wawancara dengan Petani Sawit	3
Gambar 1. 5 Rute melewati jalur jalur darat	4
Gambar 1. 6 Kondisi kebun saat banjir.....	5
Gambar 1. 7 Rute melewati Sungai.....	5
Gambar 2. 1 Sampan yang di gunakan unruk nengangkut TBS kelapa sawit	11
Gambar 2. 2 Bentuk Lambung Flat.....	14
Gambar 2. 3 Coefficient of Waterline.....	15
Gambar 2. 4 Midship Coefficient	16
Gambar 2. 5 Prismatic Coefficient.....	17
Gambar 2. 6 Diagram Desain Spiral	18
Gambar 3. 1 Flowchart.....	30
Gambar 3. 2 Perahu sampan pengangkut Tandan Buah Segar kelapa sawit	31
Gambar 4. 1 Grafik regresi LOA	39
Gambar 4. 2 Grafik regresi lebar.....	40
Gambar 4. 3 Grafik regresi tinggi	40
Gambar 4. 4 Grafik regresi sarat	41
Gambar 4. 5 Body Plan	43
Gambar 4. 6 Buttock Line	43
Gambar 4. 7 Half Breadth plan	43
Gambar 4. 8 Kurva Hidrostatik	45
Gambar 4. 9 Grafik GZ loadcase 1	60
Gambar 4. 10 Grafik GZ loadcase 2	63
Gambar 4. 11 Grafik GZ loadcase 3	65
Gambar 4. 12 Grafik GZ loadcase 4	68
Gambar 4. 13 Grafik Resistance vs Speed	72
Gambar 4. 14 Grafik Power vs Speed.....	73
Gambar 4. 15 Proses Cutting PVC.....	77

Gambar 4. 16 Miniatur yang sudah diFit Up	78
Gambar 4. 17 Bodi Miniatur yang sudah di Dempul	78
Gambar 4. 18 Proses Painting	79
Gambar 4. 19 Miniatur yang sudah di Finishing.....	79

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Regresi	84
Lampiran 2 Lines plan Kapal	86
Lampiran 3 General Arragment Kapal.....	87
Lampiran 4 Katalog Mesin.....	88
Lampiran 5 Katalog Conveyor.....	89
Lampiran 6 Surat izin penelitian	90
Lampiran 7 Surat izin dari desa	91
Lampiran 8 Dermaga Deesa Simalinyang.....	92
Lampiran 9 Kondisi Sungai Pasang	93
Lampiran 10 Kondisi Sungai Surut.....	94
Lampiran 11 Mengikuti Petani untuk Wawancara.....	95

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

Simbol	Keterangan	Satuan
L	Panjang kapal	m
LPP	Length Between Perpendiculars	m
LOA	Length Overall	m
B	Lebar kapal (Breadth)	m
H	Tinggi kapal (Depth)	m
T	Sarat kapal (Draft)	m
V	Kecepatan kapal	knot
Cb	Block Coefficient	—
Cm	Midship Coefficient	—
Cp	Prismatic Coefficient	—
Cw	Coefficient of Waterline	—
WPA	Water Plan Area	m ²
MSA	Midship Sectional Area	m ²
WSA	Wetted Surface Area	m ²
TPC	Ton Per Centimetre Immersion	ton/cm
MTC	Moment to Change Trim One Centimeter	ton·m
DDT	Displacement Due to One Centimeter of Trim	ton/cm
TBM	Transverse Metacentric Radius	m
LBM	Longitudinal Metacentric Radius	m
LKM	Longitudinal Keel to Metacenter	m
TKM	Transverse Keel to Metacenter	m
LCB	Longitudinal Center of Buoyancy	m
LCF	Longitudinal Center of Floatation	m
KB	Keel to Centre of Buoyancy	m
LCG	Longitudinal Center of Gravity	m
TCG	Transverse Center of Gravity	m
VCG	Vertical Center of Gravity	m
GM	Metacentric Height	m
GZ	Righting Arm	m
RT	Total Resistance	N
EHP	Effective Horse Power	kW

DHP	Delivered Horse Power	kW
SHP	Shaft Horse Power	kW
BHP	Brake Horse Power	HP
η_D	Efisiensi propulsi	—
η_S	Efisiensi poros	—
R^2	Koefisien determinasi	—
Δ	Displacement / perpindahan kapal	ton

Singkatan

Kepanjangan

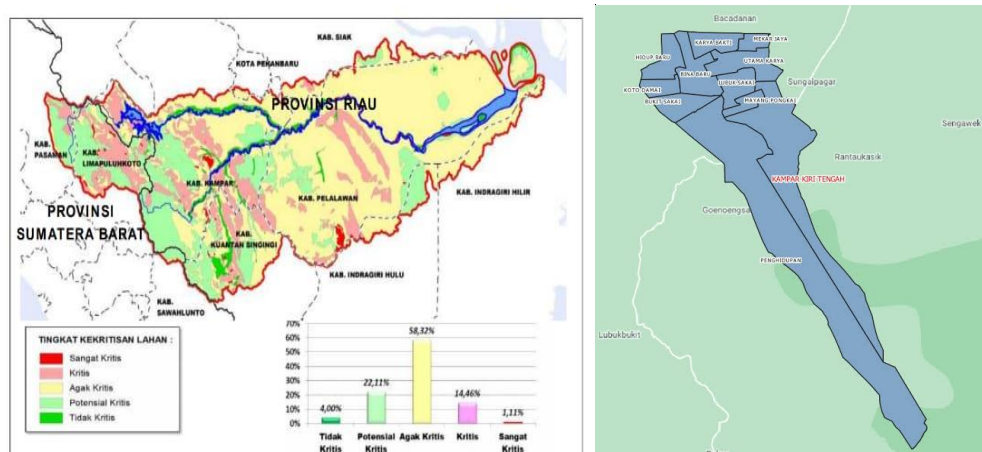
TBS	Tandan Buah Segar
LOA	Length Overall
LPP	Length Between Perpendiculars
DWT	Deadweight Tonnage
LWT	Light Weight Tonnage
GA	General Arrangement
LCT	Landing Craft Tank
EHP	Effective Horse Power
DHP	Delivered Horse Power
SHP	Shaft Horse Power
BHP	Brake Horse Power
HP	Horse Power
BBM	Bahan Bakar Minyak
FSM	Free Surface Moment
IMO	International Maritime Organization
MSC	Maritime Safety Committee
MCR	Maximum Continuous Rating
FFB	Fresh Fruit Bunches
KR	Korean Register
WL	Water Line
BL	Buttock Line

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Desa Simalinyang merupakan salah satu desa yang terletak di Kecamatan Kampar Kiri Tengah, Kabupaten Kampar, Provinsi Riau. Berdasarkan peta lokasi, jarak tempuh dari pusat Kota Pekanbaru menuju Desa Simalinyang sekitar 41,1 km dengan waktu perjalanan kurang lebih 1 jam 5 menit. Desa ini berfungsi sebagai salah satu pusat aktivitas masyarakat di wilayah kecamatan, baik dalam bidang pemerintahan, sosial, maupun ekonomi. Secara geografis, Desa Simalinyang dilalui oleh Sungai Kampar Kiri, sehingga sejak lama kehidupan masyarakat setempat sangat bergantung pada sungai, baik sebagai sarana transportasi, sumber air, maupun penunjang berbagai aktivitas sehari-hari



Gambar 1. 1 peta dan aliran sungai desa simalinyang Kab. Kampar kiri tengah

Sumber: Ifish Project

Seiring berkembangnya sektor perkebunan di Riau, wilayah Kampar Kiri Tengah turut mengalami peningkatan aktivitas perkebunan kelapa sawit, baik yang dikelola masyarakat maupun perusahaan. Banyak kebun sawit berada di sepanjang aliran Sungai Kampar Kiri Tengah, karena daerah tersebut menyediakan lahan yang luas dan subur serta akses air yang memadai untuk operasional perkebunan.

Keberadaan sungai memiliki peran langsung dalam kegiatan perkebunan sawit. Saat akses jalan darat sulit dilalui, terutama pada musim hujan, Sungai Kampar Kiri Tengah menjadi jalur alternatif utama untuk pengangkutan hasil panen (TBS), sehingga menjadi bagian penting dalam rantai distribusi dari kebun ke tempat pengumpulan.

Menurut Hudori, (2015). Dalam Hasibuan. (2024) TBS tidak boleh disimpan terlalu lama karena dapat mengalami penurunan berat janjang dan peningkatan kadar asam lemak bebas saat pengolahan, yang berdampak pada penurunan mutu. Keterlambatan pengangkutan akibat berbagai faktor tersebut menjadi penyebab utama menurunnya kualitas TBS.

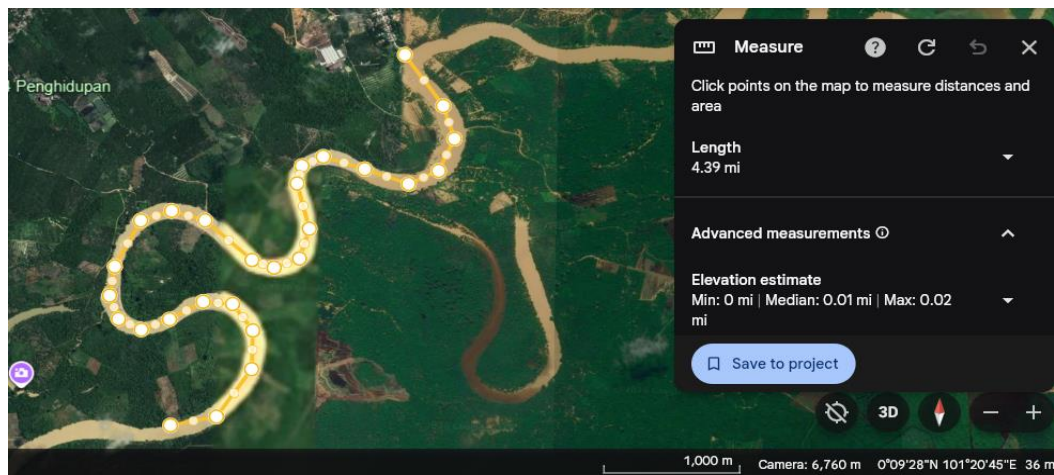
Kondisi tersebut menyebabkan proses distribusi hasil panen kurang optimal, terutama ketika volume panen meningkat. Kapasitas angkut yang kecil mengharuskan kapal melakukan perjalanan lebih sering, sehingga waktu operasional dan biaya pengangkutan. menjadi lebih besar. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan kapal angkutan TBS dengan kapasitas yang lebih besar serta dilengkapi sistem bongkar muat yang lebih efisien untuk meningkatkan produktivitas pengangkutan di Sungai Kampar Kiri Tengah.



Gambar 1. 2 Dermaga Simalinyang

Rute pelayaran kapal pengangkut Tandan Buah Segar (TBS) kelapa sawit di Sungai Kampar memiliki jarak tempuh sekitar 4,39 mil, dari Dermaga Simalinyang menuju perkebunan warga dan sebaliknya. Rute ini melintasi beberapa kawasan

perkebunan milik warga Yang berada di sisi dermaga mau pun di seberang sungai. yang dapat di lihat pada gambar berikut.



Gambar 1. 3 Rute Pelayaran

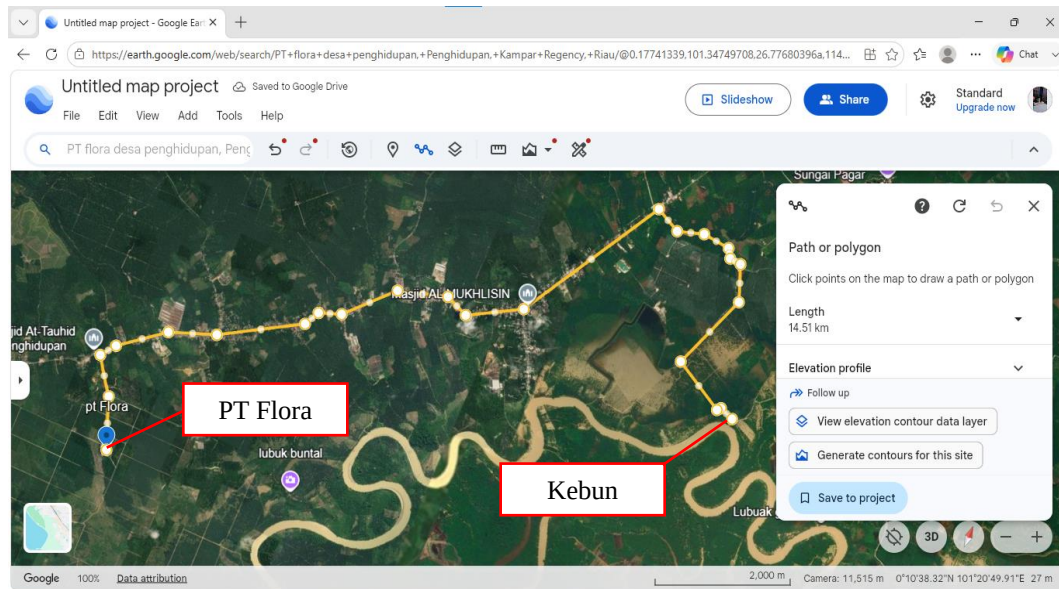
Sumber: Google earth di akses pada tanggal 24 januari 2026

Berdasarkan hasil wawancara dengan bapak Imul selaku petani kelapa sawit, diketahui bahwa pengangkutan Tandan Buah Segar (TBS) masih terkendala keterbatasan sarana angkut. Petani menyampaikan kebutuhan kapal yang lebih besar dari kapal yang sudah ada agar pengangkutan dari kebun ke dermaga dapat dilakukan lebih cepat. Selama ini, kapasitas angkut yang kecil menyebabkan pengangkutan harus dilakukan berulang kali sehingga memakan waktu dan menambah biaya. Dan nanti nya kapal yang akan di desain akan di serahkan ke perwakilan komunitas petani kelapa sawit yang ada di sana yaitu dengan bapak Imul.



Gambar 1. 4 Wawancara dengan Petani Sawit

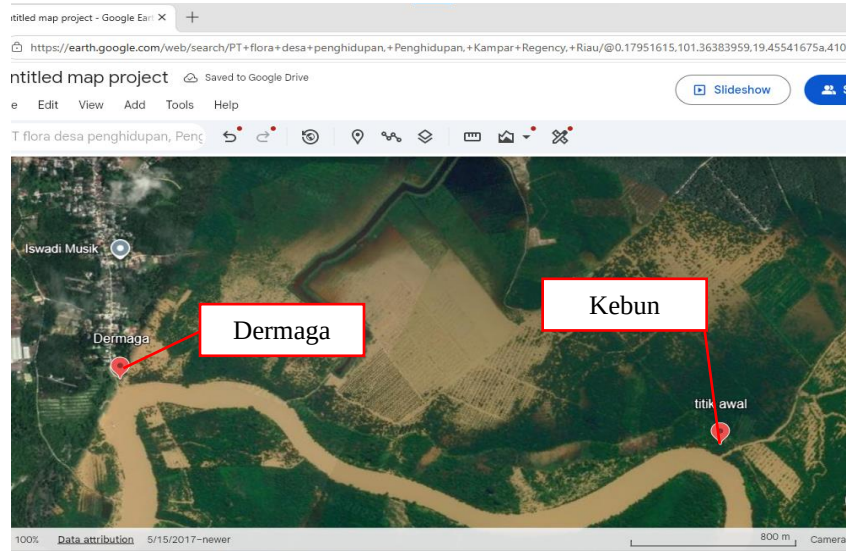
Dalam mendukung kegiatan pengangkutan Tandan Buah Segar (TBS) kelapa sawit dari perkebunan menuju lokasi tujuan, terdapat alternatif jalur transportasi yang dapat digunakan, yaitu melalui jalur darat secara langsung maupun melalui kombinasi jalur sungai dan darat. Berdasarkan kondisi rute yang tersedia, jalur darat memiliki jarak tempuh sekitar 14,51 km,



Gambar 1. 5 Rute melewati jalur jalur darat

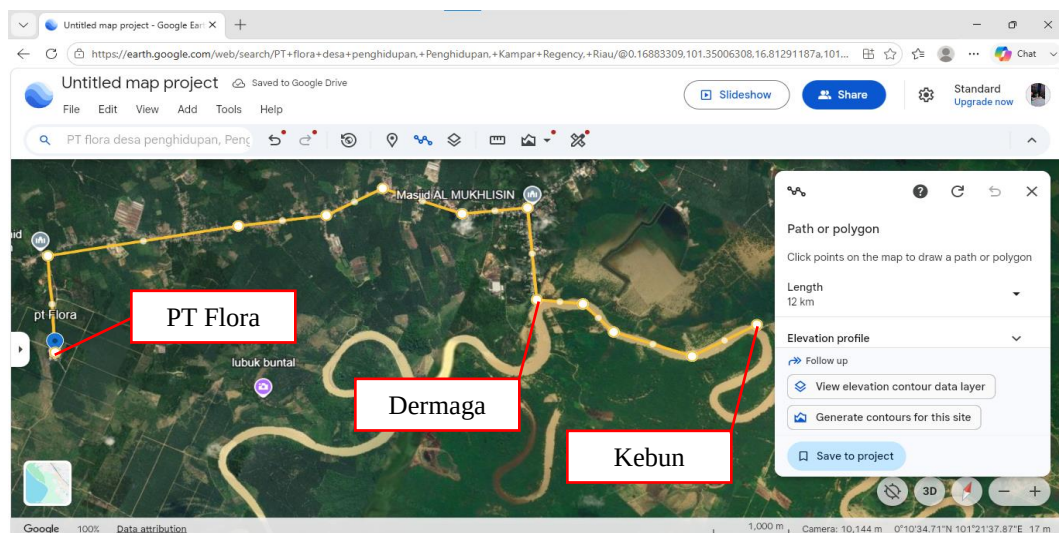
Sumber: Google earth di akses pada tanggal 13Agustus 2026

Pada rute darat, selain memiliki jarak tempuh yang lebih panjang, kegiatan pengangkutan juga dipengaruhi oleh kondisi jalan dan keadaan lingkungan. Salah satu kendala yang dapat terjadi adalah banjir pada musim hujan yang menyebabkan beberapa bagian jalan mengalami genangan dan sulit dilalui oleh kendaraan pengangkut. Kondisi tersebut dapat menghambat mobilitas kendaraan, meningkatkan waktu tempuh, serta berpotensi mengganggu kontinuitas pengangkutan TBS dari perkebunan menuju lokasi tujuan.



Gambar 1. 6 Kondisi kebun saat banjir
 Sumber: Google earth di akses pada tanggal 13Agustus 2026

Sebagai alternatif, pengangkutan TBS dapat dilakukan melalui kombinasi jalur sungai dan darat dengan jarak sekitar 12 km, lebih pendek dibandingkan rute darat yang mencapai 14,51 km. sedangkan penggunaan kombinasi jalur sungai dan darat memiliki jarak tempuh sekitar 12 km. Dengan demikian, rute kombinasi sungai dan darat memiliki jarak sekitar 2,51 km lebih pendek atau sekitar 17,3% dibandingkan dengan rute darat secara langsung. Perbedaan jarak tersebut menunjukkan bahwa pemanfaatan jalur sungai dapat menjadi salah satu alternatif



Gambar 1. 7 Rute melewati Sungai
 Sumber: Google earth di akses pada tanggal 13Agustus 2026

Berdasarkan perbandingan tersebut, pemanfaatan jalur sungai yang terintegrasi dengan jalur darat memiliki potensi untuk mendukung kegiatan pengangkutan TBS secara lebih efektif. Kondisi ini menjadi salah satu dasar perlunya perencanaan kapal angkutan TBS yang dapat menyesuaikan dengan karakteristik perairan Sungai Kampar Kiri Tengah, sehingga mampu mendukung mobilitas hasil perkebunan serta menjadi alternatif transportasi ketika akses darat mengalami kendala.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan sebagai dasar pembuatan Perencanaan Desain Kapal Angkutan Sebagai Penunjang Mobilitas TBS Kelapa Sawit di sungai Kampar kiri tengah terdapat beberapa permasalahan terkait pembuatan desain kapal adalah sebagai berikut:

1. Adanya Kebutuhan akan keterbaruan kapal Angkutan TBS Kelapa Sawit dan penambahan kapasitas muatan
2. Bagaimana menentukan ukuran utama kapal yang optimal (panjang, lebar, tinggi, dan *draft*) agar sesuai dengan karakteristik Sungai Kampar Kiri dan mampu mengangkut TBS secara efisien
3. Bagaimana merencanakan sistem bongkar muat TBS menggunakan system conveyor yang efektif, aman, dan sesuai dengan kapasitas kapal
4. Bagaimana cara membuat miniatur kapal yang sesuai dengan gambar rencana garis (*lines plan*) dan gambar rencana umum (*general arrangement*)

1.3 Batasan Masalah

Dengan adanya permasalahan sehingga dapat dipecahkan dalam sistematik yang baik, maka dalam penulisan laporan ini perlu membatasi untuk penyelesaian masalah yaitu:

1. Penelitian dibatasi pada kajian keterbaruan dan penambahan kapasitas angkut kapal pengangkut TBS kelapa sawit yang sudah beroperasi di Sungai Kampar Kiri dari sudut pandang teknis kapal.
2. Penentuan ukuran utama kapal dibatasi pada perhitungan panjang (L), lebar (B), tinggi (H), dan *draft* (T) yang sesuai dengan karakteristik sungai

dan kebutuhan angkutan TBS.

3. Pembahasan sistem bongkar muat dibatasi pada perencanaan penggunaan system conveyor, meliputi kapasitas angkat dan penempatannya pada kapal.
4. Pembuatan miniatur kapal dibatasi pada proses pembuatan model fisik kapal berdasarkan gambar rencana garis (*lines plan*) dan gambar rencana umum (*general arrangement*)

1.4 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan data ukuran utama kapal angkutan TBS kelapa sawit sebagai dasar peningkatan kapasitas angkut dan efisiensi distribusi hasil panen.
2. Mendapatkan bentuk desain gambar rencana garis (*lines plan*) dan gambar rencana umum (*general arrangement*).
3. Merencanakan sistem bongkar muat TBS menggunakan system conveyor yang efektif, aman, dan sesuai dengan kapasitas kapal.
4. Mendapatkan bentuk miniatur kapal sesuai gambar rencana garis (*lines plan*) dan gambar rencana umum (*general arrangement*).

1.5 Manfaat

Beberapa manfaat dari penelitian ini antara lain yaitu:

1. Bagi penulis

Penelitian ini dapat menambah ilmu dan pengetahuan mengenai, perencanaan desain kapal angkutan sebagai penunjang distribusi TBS kelapa sawit. Agar dalam pembuatan desain kapal berikutnya jauh lebih baik dari yang sebelumnya.

2. Bagi Mahasiswa

Penelitian ini dapat dijadikan referensi untuk mahasiswa atau peneliti agar dapat mengembangkan penelitian mengenai perencanaan desain kapal angkutan TBS Kelapa Sawit atau sejenis nya.

3. Bagi masyarakat

Penelitian ini bisa dimanfaatkan masyarakat sebagai panduan dalam pembuatan kapal Angkutan dengan bentuk sederhana dengan kapasitas muatan besar.

1.6 Sistematika Penulisan

Secara garis besar sistematika penulisan ini berisikan uraian singkat dari tiap-tiap bab tugas akhir. Berikut ini merupakan uraian singkat dari setiap bab tugas akhir diantaranya

1. Bab 1 (Pendahuluan)

Pada bab ini menjelaskan terkait latar belakang, batasan masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

2. Bab 2 (Tinjauan Pustaka)

Pada bab ini menjelaskan mengenai penelitian sebelumnya, pengertian desain kapal Pengangkut Tandan buah segar kelapa sawit.

3. Bab 3 (Metode Penelitian)

Pada bab ini menjelaskan terkait alat dan bahan, tahap penelitian, model perancangan, diagram alir, dan teknik pengumpulan data.

4. Bab 4 (Hasil dan Pembahasan).

Pada bab ini menjelaskan terkait hasil yang telah didapat setelah dilakukan perhitungan.

5. Bab 5 (Kesimpulan dan Saran)

Pada bab ini menjelaskan terkait kesimpulan dan saran setelah dilakukan pembuatan tugas akhir.

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Sungai Kampar Kiri

Karakteristik *hidro-oseanografi* Sungai Kampar Kiri merupakan salah satu parameter utama yang menjadi dasar dalam penentuan dimensi utama kapal pengangkut tandan buah segar (TBS). Parameter yang dianalisis meliputi kedalaman alur, lebar alur pelayaran, dan kecepatan arus pada beberapa titik pengamatan sepanjang rute pelayaran dari Dermaga Simalinyang menuju lokasi kebun. Hasil survei menunjukkan bahwa kondisi *hidro-oseanografi* pada setiap titik memiliki karakteristik yang berbeda sehingga perlu dipertimbangkan dalam proses perancangan kapal agar dapat beroperasi secara aman dan efisien. Data hasil pengamatan disajikan pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Karakteristik hidro-oseanograf 1

No.	Titik Pengamatan	Jarak dari Dermaga (mil laut)	Kedalaman Minimum (m)	Lebar Alur (m)	Kecepatan Arus (m/s)	Kondisi Operasional
1	Dermaga Simalinyang	0,00	2,00	45	0,20	Kondisi arus relatif tenang sehingga aman untuk kegiatan sandar, bongkar, dan muat TBS.
2	Tikungan I	1,20	1,80	35	0,50	Terjadi peningkatan turbulensi akibat perubahan arah alur sungai sehingga kapal memerlukan kemampuan olah gerak yang baik saat bermanuver.
3	Kebun I	3,10	1,70	40	0,35	Kondisi alur relatif stabil sehingga sesuai untuk kegiatan

						pemuatan TBS dari lokasi kebun menuju kapal.
4	Titik Terdangkal	4,39	1,50	30	0,60	Lokasi paling kritis karena memiliki kedalaman minimum dan kecepatan arus tertinggi sehingga menjadi dasar penentuan dimensi serta sarat kapal rencana.

Sumber: Hasil survei lapangan (2026), diolah penulis berdasarkan Azhari (2014) dan Standar Perencanaan Alur Pelayaran Sungai Kementerian Perhubungan.

Berdasarkan Tabel 2.1, kondisi perairan di Dermaga Simalinyang memiliki kedalaman alur sebesar 2,00 m, lebar alur 45 m, dan kecepatan arus 0,20 m/s. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa area dermaga relatif tenang sehingga mendukung kegiatan sandar, bongkar, dan muat TBS secara aman. Pada titik Tikungan I, kedalaman alur berkurang menjadi 1,80 m, lebar alur menyempit menjadi 35 m, sedangkan kecepatan arus meningkat hingga 0,50 m/s. Perubahan geometri alur pada lokasi ini menyebabkan peningkatan turbulensi sehingga kapal memerlukan kemampuan olah gerak yang baik ketika bermanuver.

Selanjutnya, pada lokasi Kebun I diperoleh kedalaman alur sebesar 1,70 m, lebar alur 40 m, dan kecepatan arus 0,35 m/s. Kondisi tersebut masih tergolong aman untuk kegiatan operasional, khususnya proses pemuatan TBS dari kebun ke atas kapal. Sementara itu, pada titik terdangkal yang berjarak 4,39 mil laut dari Dermaga Simalinyang diperoleh kedalaman minimum sebesar 1,50 m, lebar alur 30 m, dan kecepatan arus tertinggi mencapai 0,60 m/s. Lokasi ini merupakan titik paling kritis pada rute pelayaran karena memiliki kedalaman terkecil sekaligus arus

terbesar, sehingga menjadi faktor pembatas utama dalam penentuan dimensi kapal rencana.

2.2 Pengertian kapal pengangkut TBS kelapa Sawit

Kapal pengangkut TBS kelapa sawit adalah kapal atau perahu yang digunakan untuk membawa Tandan Buah Segar kelapa sawit melalui jalur perairan biasanya dari perkebunan di pinggir sungai menuju dermaga pengumpulan dan akan di muat ke truk lalu di teruskan ke peron atau tempat pengumpulan akhir. Kapal ini berfungsi sebagai media transportasi logistik di daerah yang sulit dijangkau oleh kendaraan darat, misalnya di lokasi perkebunan yang hanya bisa dilalui sungai atau kanal dan tidak punya akses truk langsung. Tosah, (2024)



Gambar 2. 1 Sampan yang di gunakan unruk nengangkut TBS kelapa sawit

2.3 Metode Menentukan Data Utama Kapal

Penentuan data utama kapal adalah penentuan ukuran – ukuran utama kapal seperti panjang, lebar, tinggi, Kecepatan dan lain-lainnya. Penentuan data utama kapal ini bisa dilakukan dengan beberapa metode, diantaranya :

1. *Trial and Error*

Metode ini merupakan metode yang digunakan dengan cara mengambil persamaan – persamaan ukuran pokok kapal dengan cara simulasi.

2. *Statistik*

Metode kapal rancangan dengan menggunakan data *statistik* kapal yang telah jadi dengan menganalisis berdasarkan persamaan *statistik*.

3. *Optimasi* (Pembanding)

Metode ini memiliki syaratnya adalah memiliki kedudukan ukuran, memiliki type kapal yang sama, laik laut.

Data yang digunakan ialah sebagai berikut :

- a. *Point base* didasarkan satu ukuran utama kapal.
- b. *Set Base (statistik dan optimasi)* didasarkan beberapa ukuran utama kapal.

2.4 Desain Lambung Kapal

Lambung kapal (*hull*) adalah bagian badan dari perahu atau kapal. Rancang bangun lambung kapal merupakan hal yang penting dalam membuat kapal karena akan mempengaruhi stabilitas kapal, kecepatan rencana kapal, konsumsi bahan bakar, kedalaman yang diperlukan dalam kaitannya dengan kolam pelabuhan yang akan disinggahi serta kedalaman alur pelayaran yang dilalui oleh kapal tersebut. Mulyoagung, (2017).

Lambung berbentuk flat atau rata memiliki beberapa kelebihan maupun kekurangan,

1. adapun kelebihan lambung berbentuk flat antara lain:

- a. Pada Flat-bottom hull memiliki dasar yang datar sehingga kapal dapat beroperasi di perairan dangkal tanpa risiko kandas. *Draft* rendah ini membuat kapal cocok untuk sungai, kanal, dan perairan dengan kedalaman terbatas.
- b. Stabilitas lateral yang baik, membuat kapal tidak mudah miring saat diam atau bergerak pelan. Muatan dapat didistribusikan merata tanpa mengganggu keseimbangan kapal.
- c. Ruang muat yang luas dan efektif, sangat cocok untuk mengangkut muatan volumetrik atau bulky seperti Tandan Buah Segar (TBS) kelapa sawit, pasir, atau batu. Sisi tegak dan dasar datar memaksimalkan volume muatan yang dapat dibawa kapal.
- d. Desain lambung datar relatif sederhana sehingga lebih mudah dibangun dan dipelihara. Biaya konstruksi lebih rendah dibanding hull V atau U.
- e. Performa optimal di perairan tenang seperti sungai atau danau. Walau

kurang nyaman di perairan bergelombang atau arus kuat.

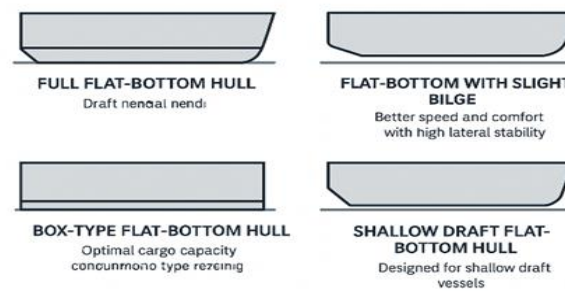
2. Adapun kekurangan kapal Lambung bentuk *Flat* adalah:

- a. Lambung *flat-bottom* lebih mudah mengalami percikan air dan getaran saat bergerak di perairan bergelombang atau arus kuat.
- b. *Flat-bottom hull* memiliki tahanan air yang lebih tinggi karena permukaan dasar yang datar, sehingga kapal membutuhkan tenaga lebih besar untuk bergerak pada kecepatan sedang hingga tinggi.
- c. Kurang responsif terhadap kemudi karena sudut respon hull datar yang lebih “kaku”.
- d. Stabilitas Dinamis Terbatas Saat Muatan Tinggi di Perairan Bergelombang.

2.5 Jenis Lambung Bentuk Flat

Terdapat banyak jenis untuk lambung bentuk flat, secara umum terdapat empat bentuk dasar dari bentuk flat, yaitu:

1. *Full Flat-Bottom Hull (Hull Datar Penuh)*, Ini adalah tipe paling sederhana dari *flat-bottom*, di mana dasar kapal benar-benar datar dan sisi tegak.
2. *Flat-Bottom with Slight Bilge (Flat dengan Bilge Sedikit Melengkung)* Tipe ini memiliki dasar datar tetapi bagian *bilge* (peralihan antara dasar dan sisi) sedikit melengkung.
3. *Box-Type Flat-Bottom Hull (Hull Kotak / Barge-Type)* Desain ini memiliki dasar datar dan sisi tegak, membentuk seperti kotak.
4. *Shallow Draft Flat-Bottom Hull (Hull Datar Draft Rendah)* Tipe ini merupakan varian *flat-bottom* yang dirancang untuk draft sangat rendah.



Gambar 2. 2 Bentuk Lambung Flat

Sumber: Mulyo Agung, Karya Pemuda (2017)

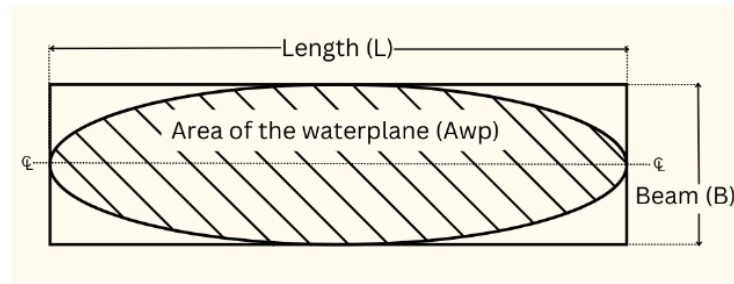
2.6 Hidrostatik Kapal

Fungsi lengkung hidrostatik ialah mengetahui sifat-sifat badan kapal yang tercelup di dalam air, atau dengan kata lain mengetahui sifat-sifat karena, Cara yang paling umum untuk menggambarkan lengkung-lengkung hidrostatik adalah dengan membuat dua sumbu saling tegak lurus. Sumbu mendatar adalah garis dasar kapal (*base-line*) sedangkan garis vertikal menunjukkan sarat tiap *water line* yang dipakai sebagai titik awal pengukuran lengkung-lengkung hidrostatik (Hendrik, 2019).

Garis bagian dibawah dibuat lebih rapat karena terjadi perubahan bentuk badan kapal yang yang agak besar sehingga didapatkan perhitungan yang lebih teliti. Demikian juga pada *station* depan dan belakang stationnya dibagi lebih rapat. Lengkung hidrostatik digambar sampai sarat air kapal dan tidak berlaku untuk kapal dalam keadaan trim. Lengkung-lengkung hidrostatik tersebut adalah:

- Water Plan Area* (WPA), adalah luas bidang garis air yang kita rencanakan. Kemungkinan WPA ditinjau dari bentuk alas kapal adalah sebagai berikut:
 - o Kapal dengan *Rise of Floor* : pada 0 mWL luas garis air adalah nol sehingga lengkung WPA dimulai dari titik (0,0)
 - o Kapal tanpa *Rise of Floor* : pada 0 m WL luas garis air tidak sama dengan nol
 - o Kapal alas miring : lengkung WPA dimulai dari titik dimana letak terdalam dari kapal.
- Coefficient of Waterline* (CW), adalah perbandingan antara luas bidang garis air tiap WL dengan sebuah segi empat dengan panjang L dan lebar B,

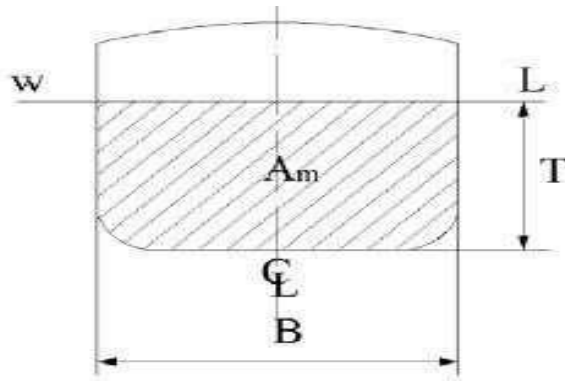
$$CW = WPA/L.B.$$



Gambar 2. 3 *Coefficient of Waterline*

Sumber: Nautilus 2024

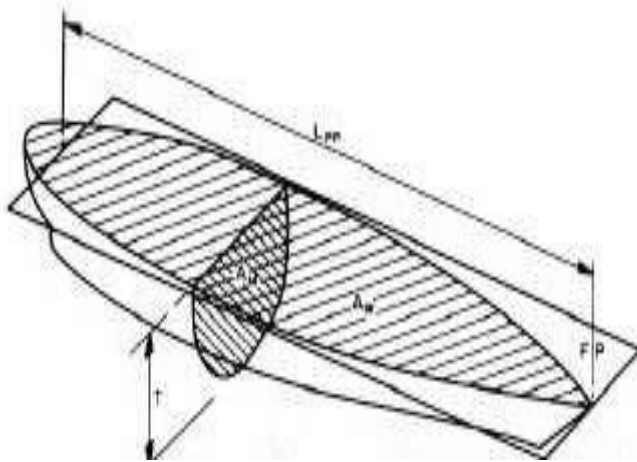
- c. *Ton Per Centimetre immersion* (TPC), adalah jumlah ton yang diperlukan untuk mengadakan perubahan sarat kapal sebesar 1 cm. Bila kita menganggap bahwa tidak ada perubahan luas garis air pada perubahan sarat sebesar 1 cm, atau pada perubahan 1 cm tersebut dinding kapal dianggap vertikal. Jadi kalau kapal ditenggelamkan sebesar 1 cm, maka perubahan volume adalah hasil perkalian luas garis air dengan tebal 0,01 m. Penambahan $V = 0,01 \cdot WPA$ (m³), Penambahan berat = $0,01 \cdot WPA \cdot 1,025$ (ton).
- d. *Midship of Sectional Area* (MSA), adalah luas dari bagian tengah kapal untuk tiap-tiap sarat kapal. Skala yang digunakan biasanya sama dengan skala sarat air.
- e. *Midship Coefficient* (CM) CM adalah perbandingan antara luas penampang tengah kapal dengan luas suatu penampang dengan lebar B dan tinggi T. Sumber: *Block Coefficient* (CB), adalah perbandingan isi karena dengan suatu balok dengan panjang L, lebar B, dan tinggi T



Gambar 2. 4 Midship Coefficient

Sumber: Hendrik, 2019

- f. $CB = \text{Volume}/L.B.T.$
- g. *Tranverse Center of Bouyancy to Metacentre (TBM)*, adalah jarak titik tekan bouyancy secara melintang terhadap titik meta-sentra. Satuan dalam meter (m).
- h. *Prismatic Coefficient (CP)*, adalah perbandingan isi karene dengan volume prisma dengan luas penampang tengah kapal dan panjang L. $CP = \text{Volume}/MSA.L = C_b/C_m$. Sumber: *Moment to Change Trim One Centimeter (MTC)*, adalah momen yang dibutuhkan untuk mengadakan trim kapal sebesar 1 cm. Satuan yang digunakan adalah Ton Meter.
- i. *Displacement Due to One Centimeter of Trim by Stern (DDT)*, adalah besar perubahan displacement kapal yang diakibatkan oleh perubahan trim kapal sebesar 1 cm.
- j. *Displacement*, adalah berat dari karene kapal, termasuk juga kulit kapal.
- k. Satuan yang digunakan dalam ton.
- l. *Displacement Moulded*, adalah berat kapal tanpa kulit. Satuan dalam ton.



Gambar 2. 5 *Prismatic Coefficient*

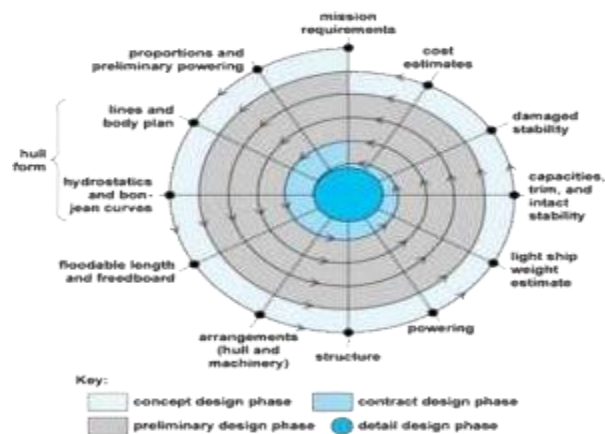
Sumber: Hendrik, 2019

- m. *Wetted Surface Area (WSA)*, adalah luas permukaan badan kapal yang tercelup untuk tiap-tiap sarat kapal.
- n. *Longitudinal Center of Bouyancy to Metacenter (LBM)*, adalah jarak titik tekan bouyancy secara memanjang terhadap titik metasentra. Satuan dalam meter.
- o. *Longitudinal of Keel to Metacenter (LKM)*, adalah letak metasentra memanjang terhadap lunas kapal untuk tiap-tiap sarat kapal. Satuan dalam meter.
- p. *Longitudinal Center of Bouyancy (LCB)*, adalah jarak titik tekan bouyancy terhadap penampang tengah kapal untuk tiap-tiap sarat kapal. Satuan dalam meter.
- q. *Longitudinal Center of Floatation (LCF)*, adalah jarak titik berat garis air terhadap penampang tengah kapal untuk tiap-tiap sarat kapal. Satuan dalam meter.
- r. *Keel to Centre of Bouyancy (KB)*, adaalah jarak titik tekan hidrostatik ke lunas kapal. Satuan dalam meter.
- s. *Transverse of Keel to Metacenter (TKM)*, adalah letak metasentra melintang terhadap lunas kapal untuk tiap-tiap sarat kapal, Satuan dalam

meter.

2.7 Teori Desain Kapal

Desain kapal merupakan tugas dari seorang arsitek kapal untuk mendefinisikan sebuah objek atas apa yang diminta oleh pemesan kapal (*owner*) dan memenuhi persyaratan mini serta mematuhi seperangkat kendala. Desain kapal melibatkan komunikasi yang kompak antara arsitek kapal/galangan dengan pemesan kapal/*owner*. Desain yang memungkinkan komunikasi yang kompak adalah konsep desain spiral dari Evans. Model ini menekankan bahwa banyak masalah desain yang saling berintegrasi harus dipertimbangkan, dan peningkatan detail masing-masing yang kemudian membentuk spiral sampai diperoleh desain tunggal untuk memenuhi semua kendala serta semua pertimbangan dapat tercapai. Pendekatan ini dasarnya adalah desain berbasis titik. Disebut demikian karena pada akhirnya akan mengarah pada satu titik dalam desain ruang, (Evans, 1959). Desain spiral dari Evans dapat dilihat pada Gambar



Gambar 2. 6 Diagram Desain Spiral

Sumber: Evans,(1959)

Desain spiral terdiri dari empat fase, yaitu:

2.7.1 Fase *Concept Design*

Fase ini adalah tahap awal dari pembuatan *design* kapal. Pada tahap ini,

permintaan pemilik kapal (*owner requipment*) berupa *tonnase* kapal, *type* kapal, kecepatan kapal, daerah pelayaran, dan jenis muatan diterjemahkan oleh *desaigner* kapal dalam bentuk konsep. Perhitungan-perhitungan dalam fase ini merupakan perhitungan yang masih umum dimana hanya terfokus pada batasan- batasan yang harus diperhatikan secara umum, seperti keselamatan kapal, kinerja kapal, dan faktor ekonomi pembangunan kapal . Evans, (1959)

2.7.2 Fase *Preliminary Design*

Fase ini adalah pengembangan dari tahap konseptual dengan menetapkan alternatif kombinasi yang lebih jelas, sehingga pada akhirnya didapatkan gambaran utama kapal dan kecepatan servisnya, begitu juga daya motor yang diperlukan, demikian pula dengan daftar sementara peralatan permesinan. Selama *Preliminary desaign*, perancangan kapal dikembangkan untuk mendapatkan tingkatan tertentu untuk menjamin secara teknis bahwa semua persyaratan perancangan kapal dapat terpenuhi (Evans, 1959).

2.7.3 Fase *Contract Design*

Fase ini pada prinsipnya adalah fase dimana dokumen kontrak pembuatan kapal dibuat. Tujuan fase ini untuk pengembangan rancangan kapal dalam bentuk yang lebih mendetail, termasuk didalamnya adalah estimasi secara akurat seluruh biaya pembuatan kapal. Pada tahap ini pun, detail *contract guidance drawing* dibuat untuk pelaksanaan pekerjaan agar tepat dan sesuai dengan perancangan. *Contract design* biasanya menghasilkan satu set spesifikasi dan gambar, serta daftar peralatan permesinan. Pada prakteknya, langkah pada fase ini bisa lebih dari satu putaran *design spiral*. *General arrangement* detail dibuat pada tahap ini, termasuk juga mengenai kapasitas, permesinan, gudang, bahan bakar, air tawar, dan ruang-ruang akomodasi (Evans, 1959).

2.7.4 Fase *Detail Design*

Fase ini, gambar kerja dan kebutuhan data lainnya untuk membuat kapal semakin dikembangkan. *Fase detail design* juga merupakan *final design stage*, dimana seluruh keputusan perancangan seperti seleksi tipe permesinan, ukuran plat, dan hal-hal lainnya telah dibuat dan dikonfirmasi dengan baik. Seluruh sistem yang dibutuhkan kapal, mesin utama dan mesin bantu telah dibuat secara terperinci,

demikian pula pabrik pembuat yang diinginkan. Final *design* adalah detail *design* yang mencakup semua rencana dan perhitungan yang diperlukan untuk proses konstruksi dan operasional kapal. Bagian terbesar dari pekerjaan ini terbaru sebuah *design*. Proses ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas dan fungsional sebuah *design* yang sudah ada (Djamie, 2016).

2.7.5 Parametric Design Approach

Metode yang digunakan dalam mendesign kapal dengan parameter misalnya (L, B, T, Cb, LCB, dll) sebagai main dimension yang merupakan hasil regresi dari beberapa kapal pembanding, kemudian dihitung Rt, merancang baling-baling, perhitungan titik berat, trim, dan lain-lain (Djamie, 2016).

2.7.6 Optimation Design Approach

Metode ini digunakan menentukan ukuran utama kapal yang optimum serta kebutuhan daya motor penggeraknya pada tahap *basic design*. Dalam hal ini, design yang optimum dicari dengan menemukan design yang akan meminimalkan *economic cost of transport* (ECT) Adapun parameter dari optimasi ini adalah hukum fisika, kapasitas ruang muat, stabilitas, *freeboard*, *trim*, dan harga kapal (Djamie, 2016).

2.8 Lines Plan Kapal

Adalah gambar rencana bentuk lambung kapal. Gambar ini tersusun dari beberapa garis yang menggambarkan potongan lambung kapal secara memanjang, melintang, dan *horizontal*. Dalam satu gambar lines plan terdiri dari tiga gambar yakni, pandangan depan (*lines plan*), pandangan samping (*sheer plan*), dan pandangan atas (*half breath plan*).

Body plan (pandangan depan dan belakang) merupakan bagian dari rencana garis yang memperlihatkan bentuk kapal jika kapal dipotong tegak melintang. Dari gambar terlihat lengkungan gading-gading (*station-station*). Bagian belakang dari midship digambar di sisi kiri *centre line*, dan bagian depan sebelah kanan *centre line*. Pada *body plan* yang digunakan sebagai sumbu vertikalnya adalah garis *centre line* dan sumbu horizontalnya adalah garis *base line*. ialah produksi gambar kerja yang diperlukan untuk digunakan oleh mekanik untuk membangun lambung kapal,

menginstalasi kabel-kabel dan perpipaan, dan menginstalasi mesinmesin baik mesin induk maupun mesin bantu (Evans, 1959).

2.9 Metode Desain Kapal

2.9.1 Parent Design Approach

Merupakan salah satu metode dalam mendesain kapal dengan cara perbandingan atau komparasi, yaitu dengan mengambil sebuah kapal acuan kapal pembanding yang memiliki karakteristik yang sama dengan kapal yang akan dirancang. Dalam hal ini designer sudah mempunyai referensi kapal yang sama dengan kapal yang akan dirancang, dan terbukti mempunyai *performance* yang bagus.

Keuntungan dalam *parent design approach* adalah dapat mendesign kapal lebih cepat, karena sudah ada acuan sehingga tinggal modifikasi saja. Performance kapal terbukti (stabilitas, motion, resistance). Sedangkan kelemahan metode ini, kapal yang dirancang sulit dipasarkan jika teknologi yang baru sedang masuk (Djamie, 2016).

2.9.2 Trend Curve Approach

Trend curve approach atau disebut metode *statistic* dengan memakai regresi dari beberapa kapal pembanding untuk menentukan *main dimension*. Dalam metode ini ukuran beberapa kapal pembanding di komparasi dimana *variable* dihubungkan kemudian ditarik suatu rumusan yang berlaku terhadap kapal yang akan dirancang (Djamie, 2016).

2.9.3 Iteratif Design Approach

Sebuah metodologi *design* kapal yang berdasarkan pada proses siklus dari *prototyping*, *testing*, *analyzing*, dan menyempurnakan produk dan proses. Perubahan dan perbaikan akan dilakukan berdasarkan hasil pengujian iterasi. Sedangkan garis pembagi *horizontal* adalah garis WL dan garis pembagi *vertikal* adalah garis BL. Djamie, (2016)

Sheer plan merupakan gambar proyeksi badan kapal yang dipotong secara

memanjang (pandangan arah samping). Panjang dari gambar *sheer plan* adalah *Length of Perpendicular* (LPP), dimana selanjutnya panjang keseluruhan kapal (LOA) dapat dicari dengan melakukan penambahan panjang pada LPP sesuai keinginan perancang. Pada *sheer plan*, LPP dibagi menjadi beberapa bagian yang sama oleh garis-garis station secara vertikal, sedangkan horizontal dibagi oleh garis *base lines* dan garis *water lines*. Data yang digunakan dalam pengerjaan ini *sheer plan* dari data *height above base line* dan kurva yang dihasilkan adalah kurva-kurva dari BL. Djamie, (2016)

Half breadth plan adalah pandangan atas dari kapal. *Half breadth plan* adalah potongan-potongan horizontal dari badan kapal yang berupa kurva-kurva WL. Disini kita dapat melihat perubahan bentuk kapal tiap-tiap garis air. Djamie, (2016)

Lines plan adalah gambar pandangan atau gambar proyeksi badan kapal yang dipotong secara melintang (pandangan depan), secara memanjang (pandangan samping), dan vertikal memanjang (pandangan atas). *Lines plan* ini bertujuan untuk melihat perubahan bentuk badan kapal dan mengetahui apakah kapal yang dibuat *streamline* atau tidak. Djamie, (2016)

2.10 Rencana Umum (General Arrangement Plan)

Rencana umum (*General Arrangement Plan*) suatu kapal merupakan perencanaan ruangan, kompartemen, dan peralatan yang ada pada setiap geladak pada kapal yang didesain baik secara penempatan maupun ukurannya yang disesuaikan dengan tujuan dari kapal yang dibuat tersebut. Sehingga dari batasan diatas, ada 4 langkah yang harus dikerjakan, yakni:

1. Menetapkan ruangan utama.
2. Menetapkan batas-batas dari setiap ruangan.
3. Memilih dan menempatkan perlengkapan dan peralatan dalam batas dari ruangan tersebut.
4. Menyediakan jalan untuk menuju ruangan tersebut.

2.10.1 Pembagian Ruangan-Ruangan Utama (*Main-Spaces*)

1. Ruang Muatan (*cargo spaces*)
 - a. Menentukan kebutuhan volume ruang muatan berdasarkan jenis, jumlah, dan *specific volume* dari muatan yang akan diangkut.
 - b. Menentukan panjang ruang muatan dan letak ruangan muatan kapal.
 - c. Menentukan jumlah dan letak *transverse waterlight bulkhead* berdasarkan perhitungan *flodable length (waterlight subdivision)* dengan memperhitungkan *rules* klasifikasi mengenai hal ini, termasuk ketentuan mengenai *collision bulkhead (fore peak bulkhead)* dan *after peak bulkhead (stuffing box bulkhead)*.
 - d. Menentukan tinggi *double bottom* berdasarkan peraturan klasifikasi.
 - e. Menentukan *frame-spacing* berdasarkan peraturan klasifikasi.
 - f. Menentukan jumlah dan tinggi geladak antara (*tween deck*) dengan memperhatikan jenis dari muatan yang diangkut kapal.
 - g. Menentukan jumlah dan ukuran serta letak dari *hatchways* (lubang palkah).
 - h. Menentukan jumlah, kapasitas dan letak dari *ventilator trunk*.
2. Ruang Mesin (*machinary spaces*)
 - a. Menentukan letak ruang mesin (ditengah kapal, dibelakang kapal atau diantara tengah dan belakang kapal) dengan mempertimbangkan jenis muatan, volume ruang muatan, *ballast, trim*, dll.
 - b. Menentukan kebutuhan volume ruangan mesin dan panjang ruang mesin dengan memperhatikan ukuran mesin induk dan *layout* kamar mesin.
 - c. Menentukan ukuran mesin induk berdasarkan jenis, jumlah tenaga, dan putaran mesin.
 - d. Menentukan secara garis besar *layout* dari kamar mesin (letak mesin induk, mesin-mesin bantu dan lain-lain peralatan utama).
 - e. Menentukan tinggi pondasi mesin dengan memperhatikan tinggi *double bottom* dan tinggi *propeller shaft* (sumbu baling-baling).
 - f. Menentukan letak dan ukuran dari *engine opening engine room skylight* dan *funnel* (cerobong), dengan memperhatikan juga *means of scape*.
 - g. Untuk *layout* dari kamar mesin perlu juga diperhatikan *settling* dan

service tanks.

3. Ruang Akomodasi Anak Buah Kapal dan Penumpang

Menentukan letak, jumlah, jenis, kapasitas, serta ukuran dari ruangan-ruangan berikut (termasuk perlengkapan didalamnya) berdasarkan tingkatan dan jumlah anak buah kapal dan penumpang dengan memperhatikan super structure dan *deck-house* yang tersedia.

- a. *Sleeping room.*
- b. *Mess room (Dining room).*
- c. *Washing accommodation.*
- d. *Hospital*
- e. *Galley dan provision store.*
- f. *Acces (jalan), ladder dan stairs* dalam hubungannya dengan *means of escape* sesuai konvensi SOLAS 1960 / 1974.

4. Ruang Navigasi

Menentukan letak dan luas dari ruang navigasi yang meliputi:

- a. *Wheel house.*
- b. *Chart room*
- c. *Radio room*
- d. Dalam hubungan dengan navigasi perlu diperhatikan letak, jenis, dan jumlah dari lampu navigasi yang dibutuhkan.

5. Tangki-Tangki

Menentukan letak dan volume dari tangka-tangki (yang merupakan bagian dari badan kapal) berikut:

- a. Tangka *ballast.*
- b. Tangka air tawar, yang didasarkan atas jumlah anak buah kapal dan penumpang dan radius pelayaran.

- c. Tangka bahan bakar, yang didasarkan atas *fuel consumption* dan besarnya tenaga mesin serta radius pelayaran kapal. Pada umumnya dibedakan antara jenis bahan bakar *heavy viscosity fuel* (HVF) dan *diesel oil*.
 - d. Tangki minyak pelumas yang didasarkan atas kebutuhan minyak pelumas.
 - e. Tangka muatan cair (*deep-tanks* untuk *palm oil*, *latex*, *glyserine* dan lainlain).d
6. Ruang-an-Ruang-an Lain
- a. *Steering gear compartment*, menentukan letak dan ukuran ruangan jenis, kapasitas dan ukuran *steering gear* yang dipakai yang didasarkan atas momen torsi dari kemudi (yang tergantung dari luas kemudi displacement dan kecepatan kapal). Serta dengan memperhatikan persyaratan SOLAS *convention* 1969 / 1974. Untuk ruangan akomodasi perlu diperhatikan jenis, jumlah dan ukuran dari *side scuttle* (jendela kapal/*side lights*) dan ukuran dari pintu.
 - b. Menentukan lokasi dari ruangan untuk *emergency source of electrical power*.
 - c. Menentukan ruang-an-ruang-an berikut: *Lamp store*, *paint store*, *rope store*, *electrical store*, *boatswain store etc*.

2.11 Stabilitas kapal

Stabilitas kapal merupakan kemampuan kapal untuk mempertahankan kondisi keseimbangan dan kembali ke posisi tegak setelah mengalami kemiringan akibat pengaruh gaya dari luar maupun perubahan kondisi pembebanan. Stabilitas merupakan salah satu aspek penting dalam perencanaan kapal karena berkaitan dengan keselamatan kapal selama beroperasi. Perubahan jumlah dan distribusi muatan dapat memengaruhi posisi titik berat kapal sehingga menyebabkan perubahan karakteristik stabilitas. Oleh karena itu, analisis stabilitas diperlukan untuk mengetahui kemampuan kapal dalam mempertahankan keseimbangan pada berbagai kondisi pembebanan. Salah satu parameter yang digunakan untuk menilai stabilitas awal kapal adalah Initial Metacentric Height (GM), yaitu jarak antara titik

berat kapal (G) dengan titik metasentrum (M). Selain GM, stabilitas kapal juga dapat dievaluasi menggunakan Righting Arm (GZ) atau lengan penegak, yang menunjukkan kemampuan kapal dalam menghasilkan momen penegak ketika mengalami kemiringan. Hubungan antara sudut kemiringan kapal dan nilai GZ dapat digambarkan melalui kurva GZ, yang selanjutnya digunakan untuk mengetahui nilai Maximum GZ, sudut terjadinya Maximum GZ, serta luas area di bawah kurva GZ. Dalam penelitian ini, analisis stabilitas dilakukan menggunakan *Maxsurf Stability* dengan beberapa kondisi pembebanan (*loadcase*) untuk mengetahui pengaruh perubahan jumlah dan distribusi muatan terhadap karakteristik stabilitas kapal. Parameter stabilitas yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan kriteria General Intact Stability Criteria yang mengacu pada *International Code on Intact Stability*, 2008 (2008 IS Code) sebagaimana diadopsi melalui IMO Resolution MSC.267(85) (*International Maritime Organization* [IMO], 2008).

Kriteria stabilitas yang digunakan dalam analisis *intact stability* mengacu pada *International Code on Intact Stability*, 2008 (2008 IS Code) berdasarkan IMO Resolution MSC.267(85), *Chapter 2 Section 2.2*. Kriteria tersebut disusun secara berurutan sebagai berikut:

1. Luas area di bawah kurva GZ

Berdasarkan *Section 2.2.1*, luas area di bawah kurva *righting lever* (GZ) harus memenuhi:

- a luas area GZ pada rentang $0^{\circ}-30^{\circ} \geq 0,055 \text{ m}\cdot\text{rad}$ atau setara dengan $3,1513 \text{ m}\cdot\text{deg}$;
- b luas area GZ pada rentang $0^{\circ}-40^{\circ} \geq 0,090 \text{ m}\cdot\text{rad}$ atau setara dengan $5,1566 \text{ m}\cdot\text{deg}$;
- c luas area GZ pada rentang $30^{\circ}-40^{\circ} \geq 0,030 \text{ m}\cdot\text{rad}$ atau setara dengan $1,7189 \text{ m}\cdot\text{deg}$.

Apabila sudut *down-flooding* lebih kecil dari 40° , maka batas integrasi disesuaikan dengan sudut *down-flooding* tersebut.

2. Nilai *Righting Lever* (GZ)

Berdasarkan Section 2.2.2, nilai GZ harus sekurang-kurangnya 0,200 m pada sudut kemiringan kapal sebesar 30° atau lebih.

3. Sudut terjadinya *Maximum GZ*

Berdasarkan Section 2.2.3, nilai *maximum righting lever* (Maximum GZ) harus terjadi pada sudut kemiringan tidak kurang dari 25°.

4. Initial Metacentric Height (GM₀)

Berdasarkan Section 2.2.4, nilai *initial metacentric height* (GM₀) harus tidak kurang dari 0,150 m.

Kriteria tersebut selanjutnya digunakan sebagai batas penerimaan dalam analisis stabilitas menggunakan *Maxsurf Stability* untuk setiap kondisi pembebanan kapal. Hasil analisis dibandingkan dengan masing-masing nilai minimum tersebut untuk menentukan apakah kondisi pembebanan kapal memenuhi persyaratan stabilitas yang digunakan dalam penelitian.

2.12 **Maxsurf Stability**

Maxsurf Stability merupakan salah satu modul dalam perangkat lunak Maxsurf yang digunakan untuk melakukan analisis karakteristik hidrostatik, stabilitas, dan kekuatan kapal berdasarkan model geometri kapal yang telah dibuat. Analisis dilakukan secara langsung menggunakan model permukaan *NURBS* (*Non-Uniform Rational B-Spline*) sehingga perhitungan dapat dilakukan tanpa harus memasukkan data *offset* secara terpisah. Maxsurf Stability menyediakan berbagai metode analisis, antara lain *upright hydrostatics*, *large angle stability*, *equilibrium analysis*, *KN/cross curves*, *limiting KG*, *damage stability*, serta analisis *longitudinal strength*.

Dalam analisis stabilitas, Maxsurf Stability dapat digunakan untuk menentukan respons kapal terhadap perubahan sudut kemiringan melalui perhitungan *righting lever* (GZ). Pada analisis *large angle stability*, perangkat lunak

menghitung nilai GZ pada setiap sudut kemiringan yang ditentukan berdasarkan kondisi pembebanan kapal. Analisis dapat dilakukan dengan kondisi *trim* tetap maupun *free trim*, serta dapat diterapkan pada kondisi kapal utuh (*intact*) maupun kondisi kerusakan tertentu (*damage*). Hasil analisis ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik, salah satunya berupa kurva GZ yang menggambarkan hubungan antara sudut kemiringan kapal dengan lengan penegak (*righting lever*).

Data yang digunakan dalam analisis Maxsurf Stability meliputi model geometri kapal, kondisi pembebanan (*loadcase*), distribusi berat, serta posisi pusat gravitasi kapal. Kondisi pembebanan dapat ditentukan berdasarkan berat dan posisi titik berat, seperti LCG (*Longitudinal Centre of Gravity*), TCG (*Transverse Centre of Gravity*), dan VCG (*Vertical Centre of Gravity*). Selain itu, tangki dan kompartemen kapal dapat dimasukkan ke dalam model sehingga pengaruh distribusi muatan dan kondisi tangki terhadap stabilitas dapat diperhitungkan.

Salah satu fungsi utama Maxsurf Stability dalam analisis stabilitas adalah mengevaluasi pemenuhan kriteria stabilitas berdasarkan hasil kurva GZ. Perangkat lunak ini menyediakan berbagai perhitungan yang dapat digunakan sebagai dasar kriteria, seperti luas area di bawah kurva GZ, nilai GZ pada sudut tertentu, nilai maksimum GZ, sudut terjadinya maksimum GZ, serta nilai *initial metacentric height* (GM). Kriteria tersebut dapat dibandingkan dengan nilai persyaratan yang telah ditentukan sehingga hasil analisis dapat menunjukkan status *pass* atau *fail* terhadap setiap kriteria. Maxsurf Stability juga memungkinkan pengguna menggunakan kriteria standar maupun membuat kriteria yang dapat disesuaikan dengan ketentuan yang digunakan dalam analisis.

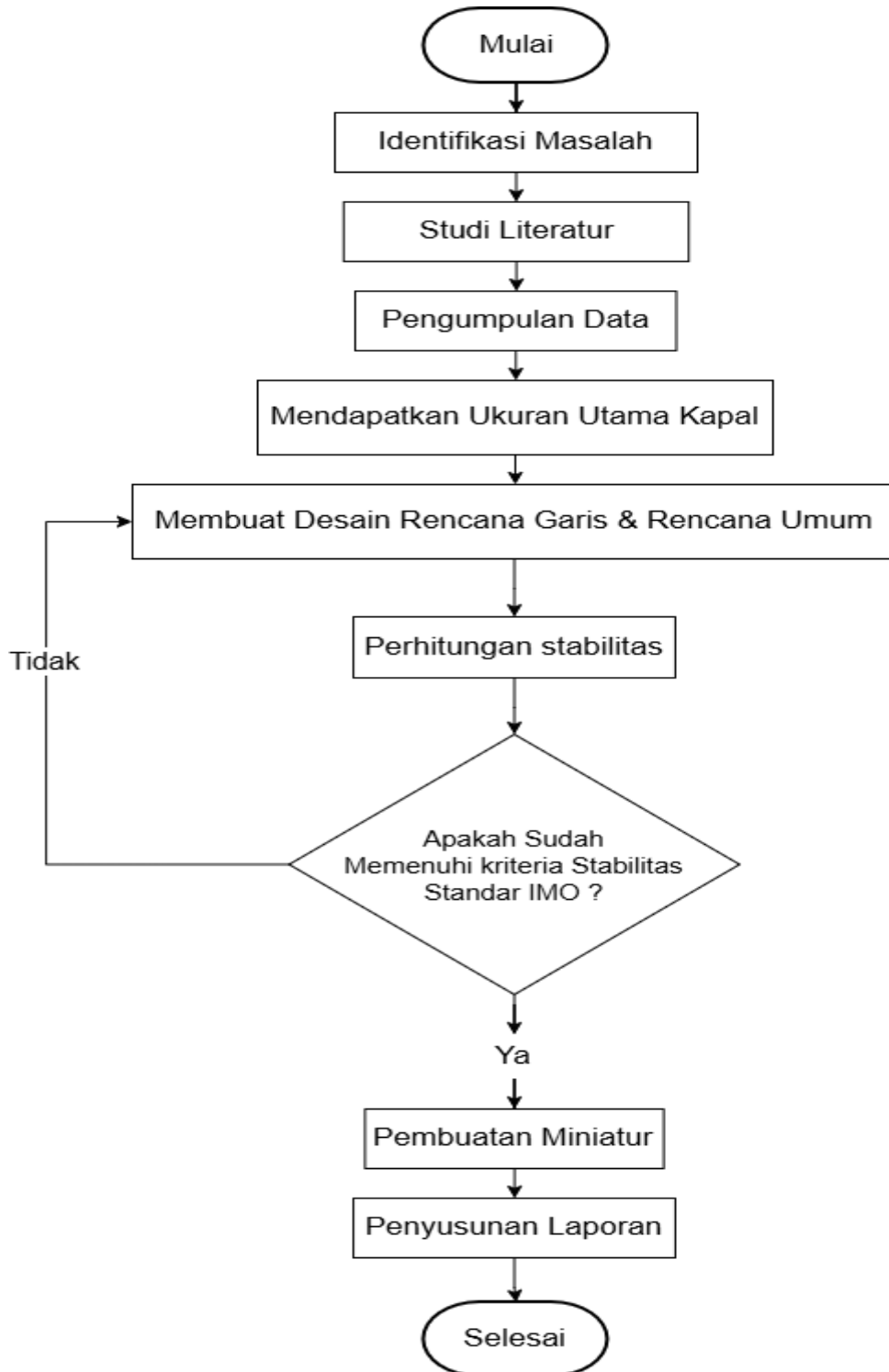
Dalam penelitian ini, Maxsurf Stability digunakan untuk menganalisis stabilitas kapal pada beberapa kondisi pembebanan. Analisis dilakukan dengan menentukan kondisi *loadcase* dan parameter pusat gravitasi kapal, kemudian menghasilkan kurva GZ beserta parameter stabilitas yang diperlukan. Hasil tersebut selanjutnya dibandingkan dengan kriteria stabilitas yang digunakan dalam penelitian berdasarkan ketentuan IMO. Dengan demikian, penggunaan Maxsurf Stability membantu dalam mengevaluasi karakteristik stabilitas kapal dan

menentukan apakah setiap kondisi pembebanan memenuhi persyaratan stabilitas yang telah ditetapkan.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir (*Flowchart*)



Gambar 3. 1 *Flowchart*

Flowchart merupakan representasi grafis yang menggunakan simbol-simbol tertentu untuk menggambarkan urutan proses secara rinci serta hubungan antar proses atau instruksi dalam suatu sistem. *Flowchart* sistem menunjukkan alur kerja keseluruhan yang menggambarkan tahapan kegiatan dan urutan prosedur yang saling berkaitan. Dengan demikian, flowchart dapat diartikan sebagai deskripsi visual dari rangkaian prosedur yang terintegrasi dan membentuk suatu sistem.

3.2 Tahapan Penelitian

3.2.1 Identifikasi Masalah

Setelah saya melakukan survey ke lapangan saya menyempatkan diri untuk mengikuti pemilik kebun menggunakan sampan untuk mengangkut bibit kelapa sawit ke kebun dan juga saya bertanya ke pemilik kapal bahwasannya di daerah tersebut belum ada kapal yang di khusus kan untuk mengangkut kelapa sawit. Kapal yang biasanya digunakan oleh masyarakat untuk mengangkut Tandan Buah Segar (TBS) kelapa sawit di desa Simalinyang menggunakan perahu motor yang memiliki kapasitas 2,5 ton kebawah, sehingga harus beberapakali melakukan bongkar muat atau lebih dari 1 trip karena kapasitas yang kecil, dan jika di paksakan resiko bahaya kapal tenggelam atau kerusakan struktur pada kapal menjadi sangat tinggi, Perahu Motor yang biasa digunakan dapat dilihat pada Gambar.



Gambar 3. 2 perahu sampan pengangkut Tandan Buah Segar kelapa sawit

3.2.2 Study Literature

Studi literatur dilakukan untuk memperoleh pemahaman dan landasan teori yang relevan dengan Laporan tugas akhir ini. Dalam tahap ini, penulis mengumpulkan berbagai referensi yang diperlukan, baik berupa jurnal ilmiah, hasil survei lapangan, maupun sumber dari internet yang berkaitan dengan topik tugas akhir.

3.2.3 Pengumpulan Data

Setelah data yang diperlukan terkumpul, data tersebut disesuaikan dan dibandingkan dengan literatur yang telah dipelajari untuk selanjutnya dilakukan analisis. Analisis data ini bertujuan untuk menentukan kebutuhan desain (*design requirement*), khususnya yang berkaitan dengan kapasitas angkut TBS kelapa sawit.

3.2.4 Penentuan Ukuran Utama Kapal

Ukuran utama kapal pengangkut (TBS) kelapa sawit di Sungai Kampar Kiri ditentukan berdasarkan metode muatan, yaitu dengan menyesuaikan kapasitas angkut TBS yang direncanakan serta mengacu pada referensi kapal sungai sejenis yang relevan dengan kondisi perairan dan karakteristik muatan.

3.2.5 Merencanakan *Lines Plan*

Perancangan lambung kapal merupakan aspek yang sangat penting dalam desain kapal pengangkut (TBS) kelapa sawit di Sungai Kampar Kiri, karena bentuk lambung akan mempengaruhi stabilitas kapal, kecepatan rencana, efisiensi konsumsi bahan bakar, serta kebutuhan kedalaman perairan yang berkaitan dengan kondisi alur sungai dan lokasi tempat sandar yang dilalui kapal.

3.2.6 Membuat Rencana Umum *General arrangement*

General arrangement atau rencana umum kapal didefinisikan sebagai pengaturan tata letak ruang kapal yang dirancang untuk mendukung seluruh aktivitas operasional serta penempatan peralatan yang dibutuhkan pada kapal pengangkut (TBS) kelapa sawit di Sungai Kampar Kiri. Rencana umum ini mencakup penentuan posisi ruang-ruang kapal beserta akses yang memungkinkan kru menjalankan kegiatan secara aman dan efisien. Berdasarkan perancangan tersebut, terdapat empat tahapan utama yang perlu dilakukan, yaitu menetapkan ruang-ruang utama kapal, menentukan batasan masing-masing ruang, memilih serta menempatkan perlengkapan dan peralatan sesuai fungsi ruang, serta menyediakan jalur akses yang memadai menuju setiap ruang kapal.

3.2.8 Perhitungan Kebutuhan Daya Penggerak

Perhitungan kebutuhan daya penggerak utama dilakukan agar kapal pengangkut (TBS) kelapa sawit dapat beroperasi sesuai dengan perencanaan desain. Perhitungan ini mencakup beberapa parameter utama, yaitu:

- a. *Effective horse power* (EHP)
- b. *Delivery horse power* (DHP)
- c. *Break horse power* (BHP)

3.2.7 Stabilitas kapal

Perhitungan dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan kapal dalam mempertahankan keseimbangan serta kembali ke posisi tegak setelah mengalami gangguan akibat gaya luar, seperti gelombang, arus, maupun perpindahan muatan. Analisis ini bertujuan untuk memastikan bahwa desain kapal memenuhi persyaratan keselamatan sehingga aman dioperasikan pada kondisi pelayaran yang direncanakan.

Pada penelitian ini, analisis stabilitas dilakukan menggunakan perangkat lunak *Maxsurf Stability*. Model tiga dimensi kapal yang telah dibuat pada tahap pemodelan diimpor ke dalam perangkat lunak tersebut untuk dilakukan perhitungan karakteristik stabilitas. Sebelum proses analisis, terlebih dahulu ditentukan kondisi pembebanan (load case) yang mewakili kondisi operasional kapal, meliputi kondisi kapal kosong (*lightship*), kondisi kapal dengan muatan penuh, dan kondisi operasional sesuai kebutuhan penelitian.

Selanjutnya dilakukan perhitungan parameter stabilitas yang meliputi tinggi metasentra awal (*Initial Metacentric Height* atau GM), kurva lengan penegak (*Righting Arm Curve* atau kurva GZ), sudut terjadinya lengan penegak maksimum, serta luas area di bawah kurva GZ pada rentang sudut oleng tertentu. Parameter-parameter tersebut digunakan untuk menilai kemampuan kapal dalam menghasilkan momen penegak ketika mengalami kemiringan.

Hasil analisis kemudian dibandingkan dengan kriteria yang ditetapkan dalam IMO *Intact Stability Code* (IMO Resolution MSC.267(85)). Kriteria yang

dievaluasi meliputi nilai GM minimum, luas area di bawah kurva GZ, nilai maksimum GZ beserta sudut terjadinya, serta rentang stabilitas positif. Apabila seluruh parameter memenuhi persyaratan yang berlaku, maka desain kapal dinyatakan memiliki karakteristik stabilitas yang memenuhi standar keselamatan untuk dioperasikan pada perairan Sungai Kampar Kiri Tengah

3.2.9 Pembuatan Miniatur

Pembuatan Pembuatan miniatur dilakukan untuk memberikan gambaran visual secara nyata terhadap kapal yang telah dirancang dan didesain, sehingga konsep perencanaan kapal dapat diaplikasikan dalam bentuk model miniatur.

3.2.10 Penyusunan Laporan

Kesimpulan disusun berdasarkan hasil pelaksanaan Laporan ini sehingga diperoleh jawaban atas permasalahan yang dibahas, sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai dalam penyusunan Laporan tersebut.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Data Survey

Analisis kebutuhan kapasitas angkut dilakukan sebagai dasar dalam menentukan kapasitas muatan kapal rencana yang sesuai dengan kondisi operasional di Sungai Kampar Kiri Tengah. Penentuan kapasitas tersebut didasarkan pada hasil survei lapangan, data produksi (TBS), pola operasi pengangkutan, serta karakteristik alur pelayaran Sungai Kampar Kiri Tengah.

Berdasarkan hasil survei lapangan di Desa Simalinyang, Kecamatan Kampar Kiri Tengah, diketahui bahwa pengangkutan TBS masih menggunakan kapal kayu sebagai sarana transportasi utama. Hasil wawancara dengan pemilik kapal dan pengguna jasa menunjukkan bahwa kapal yang beroperasi memiliki kapasitas angkut rata-rata kurang dari 2,5 ton TBS dalam satu kali perjalanan. Setiap kapal mampu melakukan sekitar 4–6 perjalanan per hari, bergantung pada luas areal perkebunan yang dilayani, jumlah hasil panen, serta kondisi pasang surut Sungai Kampar Kiri. Jumlah kapal yang beroperasi berkisar antara 1–4 unit sesuai dengan kebutuhan pengangkutan pada saat panen berlangsung.

Selain kapasitas yang relatif kecil, proses pemuatan TBS dari kebun ke kapal maupun pembongkaran di dermaga masih dilakukan secara manual menggunakan tenaga manusia. Kondisi tersebut menyebabkan waktu bongkar muat menjadi relatif lama dan produktivitas pengangkutan sangat bergantung pada jumlah perjalanan yang dapat dilakukan setiap harinya. Data hasil survei kapal angkutan sungai eksisting disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Data eksisting kapal

No	Identifikasi	Panjang	Lebar	Tinggi	Sarat	Kapasitas	Mesin	Sumber
1	Sampan 1 (Kecil)	5,50	1,10	0,50	0,25	<1,0 ton	Ketinting 6 HP	Hasil survei
2	Sampan 2 (Sedang)	7,00	1,40	0,75	0,35	<2,5 ton	Dongfeng 12 HP	Hasil survei
3	Sampan 3 (Sedang)	7,50	1,50	0,80	0,38	<2,5 ton	Dongfeng 16 HP	Hasil survei

Selanjutnya, kebutuhan kapasitas angkut dianalisis berdasarkan parameter operasional yang diperoleh dari hasil survei dan observasi lapangan. Parameter tersebut disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 kebutuhan kapasitas angkut

Parameter	Nilai
Produksi TBS harian	10,5 ton/hari
Jumlah titik kebun	3 lokasi
Panjang lintasan	4,39 mil laut
Kecepatan operasi	7 <i>knot</i>
Waktu satu siklus	±2,5 jam/trip
Jam operasi	8 jam/hari
Frekuensi	3 trip/hari
Jumlah kapal	1 unit

Berdasarkan data tersebut, kapasitas angkut yang dibutuhkan untuk setiap perjalanan dihitung menggunakan Persamaan.

Kapasitas angkut per trip = Produksi TBS harian / Jumlah trip per hari = 10,5 / 3 = 3,5 ton/trip.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kapasitas angkut yang dibutuhkan untuk setiap perjalanan adalah 3,5 ton. Kapasitas tersebut dinilai mampu mengakomodasi produksi harian TBS dengan tiga kali perjalanan menggunakan satu unit kapal, sehingga lebih efisien dibandingkan kondisi eksisting yang memiliki kapasitas kurang dari 2,5 ton per perjalanan.

Selain mempertimbangkan kebutuhan pengangkutan, kapasitas muatan juga disesuaikan dengan kondisi hidro-oseanografi Sungai Kampar Kiri Tengah. Kapal rencana dirancang memiliki sarat (draft) sebesar 0,45 m. Dengan kedalaman minimum alur sungai sebesar 1,50 m,

Digunakan persamaan

$$UKC_{operasional} = h_{min} - T - S - A$$

$$\text{Kedalaman minimum sungai } h_{min} = 1,50 \text{ m}$$

$$\text{Draft kapal T} = 0,45 \text{ m}$$

$$\text{Squat} = 0,05 \text{ m}$$

$$UKC_{operasional} = 1,50 - 0,45 - 0,05 - 0,15$$

$$UKC_{operasional} = 0,85 \text{ m}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh *Under Keel Clearance* (UKC) operasional sebesar 0,85 m. Nilai tersebut diperoleh setelah memperhitungkan *draft* kapal sebesar 0,45 m, *squat* saat kapal bergerak sebesar 0,05 m, serta *allowance* operasional sebesar 0,15 m yang mencakup pengaruh *trim*, perubahan muka air, sedimentasi, dan ketidakakuratan survei. Dengan demikian, kapal masih memiliki jarak aman antara lunas dan dasar sungai sehingga dapat beroperasi dengan aman pada kondisi kedalaman minimum hasil survei.

Penentuan kapasitas muatan kapal rencana dilakukan berdasarkan analisis kebutuhan pengangkutan (TBS) kelapa sawit di wilayah Desa Simalinyang, Kecamatan Kampar Kiri Tengah. Analisis ini bertujuan memperoleh kapasitas kapal yang mampu memenuhi kebutuhan pengangkutan hasil panen secara efektif, efisien, serta sesuai kondisi operasional di lapangan.

$$\text{Persamaan: } Q_{kapal} = Pharian / (N_{trip} \times N_{kapal} \times LF)$$

Tabel 4. 3 Data perhitungan menunjukkan kapasitas angkut

Parameter	Nilai
Produksi TBS harian	10,5 ton/hari
Jumlah perjalanan	3 trip/hari
Jumlah kapal	1 unit
<i>Load Factor</i>	1,00

Perhitungan:

$$Q_{kapal} = \frac{P_{harian}}{N_{trip} \times N_{kapal} \times LF}$$

$$Q_{kapal} = \frac{10,5}{3 \times 1 \times 1}$$

$$Q_{kapal} = 3,5 \text{ ton/trip}$$

Hasil perhitungan menunjukkan kapasitas angkut minimum yang dibutuhkan adalah 3,5 ton per perjalanan. Kapasitas tersebut dijadikan dasar penentuan dimensi utama kapal, dan kapal dengan kapasitas 3,5 ton juga menyediakan perjalanan tambahan jika di perlukan

4.2 Data Kapal Pembanding

Data kapal pembanding digunakan sebagai acuan dalam menentukan ukuran utama kapal yang direncanakan. Pada penelitian ini digunakan 10 data kapal pembanding dengan jenis kapal *Landing Craft Tank* (LCT) yang memiliki karakteristik lambung datar (*flat bottom*). Meskipun peruntukan kapal pembanding berbeda dengan kapal angkutan TBS yang direncanakan, kesamaan bentuk lambung dan karakteristik operasional pada perairan dangkal menjadikan data tersebut dapat digunakan sebagai dasar dalam penentuan ukuran utama kapal.

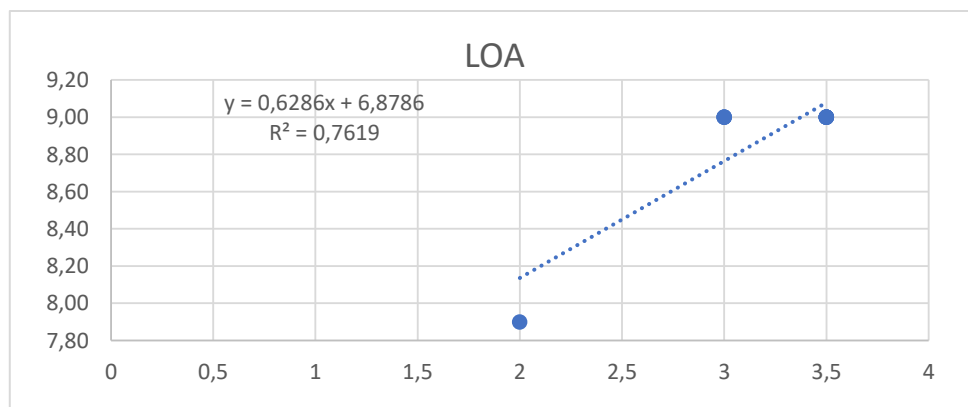
Data kapal pembanding meliputi panjang kapal, lebar, tinggi, sarat, dan kapasitas muatan. Selanjutnya, data tersebut dianalisis menggunakan metode *regresi linier* untuk memperoleh ukuran utama kapal sesuai dengan kapasitas

muatan yang direncanakan. Data kapal pembanding yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada lampiran 1

Metode *regresi linier* menggunakan metode regresi kuadrat terkecil, regresi kuadrat terkecil adalah suatu regresi dengan kontrainnya adalah jumlah kuadrat jarak vertikal setiap titik dalam data terhadap kurva regresi menjadi *minimum*. Maka untuk menentukan ukuran utama yang dibutuhkan metode regresi tersebut. R^2 atau Koefisien Determinasi adalah ukuran statistik yang menunjukkan seberapa baik model regresi menjelaskan variasi dalam data. nilai R^2 berkisar antara 0 hingga 1. Jika nilai $R^2 = 0$ bearti model tidak dapat menjelaskan variasi dalam data, tapi jika nilai R^2 mendekati 1 bearti model menjelaskan variasi dalam data semakin akurat.

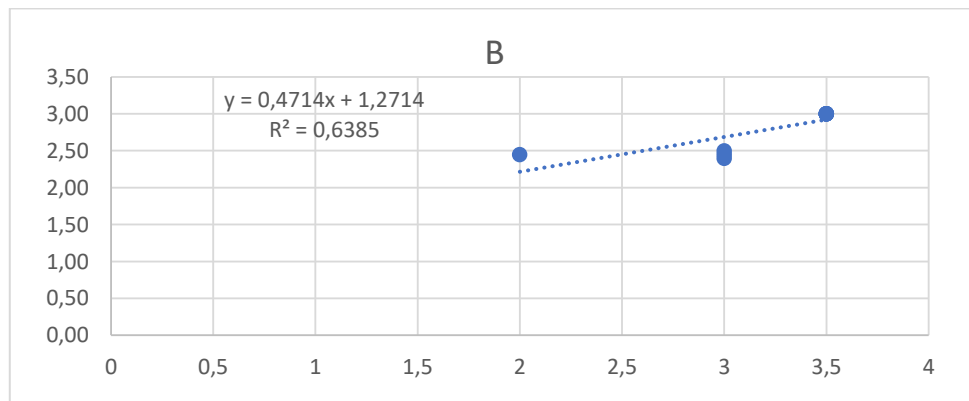
Interval nilai r	Tingkat hubungan
$0 \leq r < 0,2$	Sangat rendah
$0,2 \leq r < 0,4$	Rendah
$0,4 \leq r < 0,6$	Sedang
$0,6 \leq r < 0,8$	Kuat
$0,8 \leq r \leq 1$	Sangat kuat

Dari Tabel Tabel regresi data pembanding dilanjutkan dengan pembuatan grafik perbandingan regresi linier sehingga mendapatkan beberapa grafik regresi linier dari masing-masing ukuran pokok kapal dengan perencanaan regresi linier. Untuk lebih jelas hasil regresi dapat dilihat pada Gambar



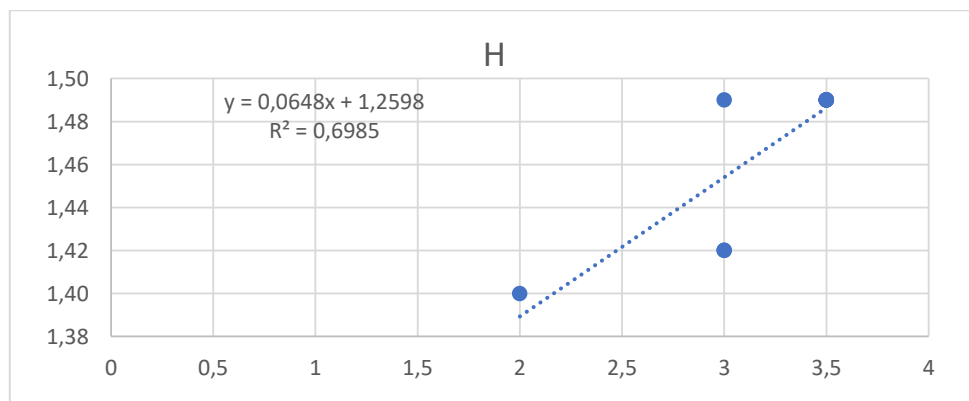
Gambar 4. 1 Grafik regresi LOA

Setelah itu diambil Rumus pada gambar diatas dimana rumus yang didapat $y = 0,6286x + 6,8786$. Simbol (x) ialah asumsi dari Kapasitas Muatan. Data pada grafik *regresi linear* dapat dilihat pada Gambar yang dimana grafik ini menjelaskan tentang ukuran Panjang kapal.



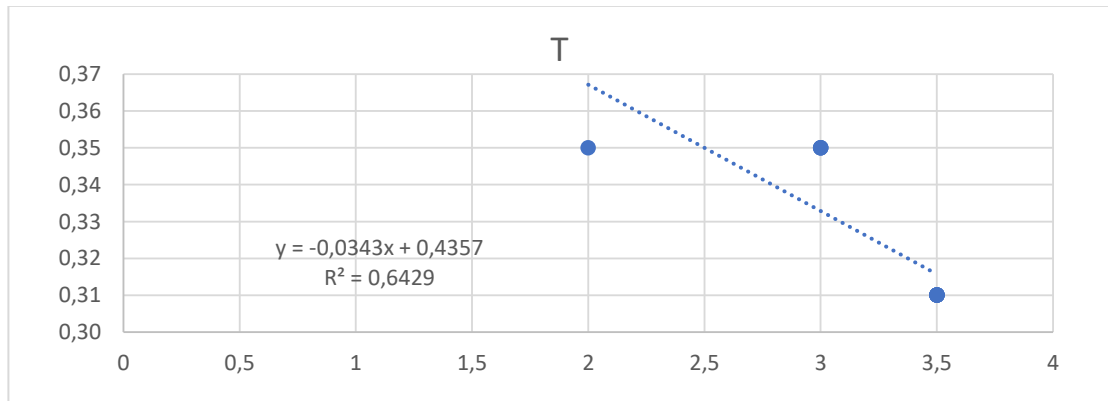
Gambar 4. 2 Grafik regresi lebar

Setelah itu diambil Rumus pada gambar diatas dimana rumus yang didapat $y = 0,4714x + 1,2714$. Simbol (x) ialah asumsi dari Kapasitas Muatan. Data pada grafik *regresi linear* dapat dilihat pada Gambar yang dimana grafik ini menjelaskan tentang ukuran Lebar pada kapal.



Gambar 4. 3 Grafik regresi tinggi

Setelah itu diambil Rumus pada gambar diatas dimana rumus yang didapat $y = 0,0648x + 1,259$. Simbol (x) ialah asumsi dari Kapasitas Muatan. 55 ` Data pada grafik *regresi linear* dapat dilihat pada Gambar yang dimana grafik ini menjelaskan tentang ukuran Tinggi pada kapal.



Gambar 4. 4 Grafik regresi sarat

Setelah itu diambil Rumus pada gambar diatas dimana rumus yang didapat $y = -0,0343x + 0,4357$. Simbol (x) ialah asumsi dari Kapasitas Muatan. Data pada grafik *regresi linear* dapat dilihat pada Gambar yang dimana grafik ini menjelaskan tentang ukuran Sarat pada kapal.

4.3 Penentuan Ukuran Utama Kapal

Penentuan ukuran utama kapal dilakukan berdasarkan hasil analisis regresi linier menggunakan data 10 kapal pembanding. Analisis regresi bertujuan untuk memperoleh hubungan antara kapasitas muatan (*payload*) sebagai variabel bebas dengan panjang keseluruhan (LOA), lebar (B), tinggi (H), dan sarat (T) sebagai variabel terikat. Persamaan regresi yang diperoleh selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam menentukan ukuran utama kapal angkutan TBS dengan kapasitas muatan rencana sebesar 3,5 ton.

Tabel 4. 4 Data Utama Kapal

Parameter Utama	Hasil <i>Regresi Linier</i> Awalan	Dimensi Akhir Terpilih (Hasil Iterasi)	Justifikasi Rekayasa Teknis
Length Over All (LOA)	9,08 m	9,10 m	Penyesuaian panjang palka cargo utama.
Breadth (B)	2,92 m	2,50 m	Optimalisasi lebar; memperluas luasan palka kerja.

Depth (H)	1,49 m	1,40 m	Pengurangan tinggi demi menurunkan titik berat vertikal VCG.
Draft (T)	0,316 m	0,45 m	Sarat apung murni saat bobot penuh seimbang <i>Archimedes</i> .

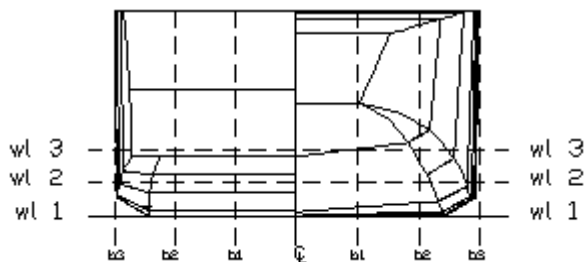
4.4 Perencanaan *Lines Plan*

Lines Plan merupakan gambar yang menggambarkan bentuk geometris lambung kapal berdasarkan ukuran utama yang telah ditentukan. Penyusunan *Lines Plan* bertujuan untuk menghasilkan bentuk lambung yang sesuai dengan kebutuhan operasional kapal angkutan TBS di Sungai Kampar Kiri Tengah, serta menjadi dasar dalam perhitungan karakteristik hidrostatik dan penyusunan gambar rencana umum (General Arrangement).

Pada penelitian ini, *Lines Plan* disusun berdasarkan ukuran utama hasil analisis regresi, yaitu LOA 9,1 m, LPP 8,9 m, lebar (B) 2,5 m, tinggi (H) 1,4 m, dan sarat (T) 0,45 m. Bentuk lambung yang digunakan adalah *Landing Craft Tank* (LCT) dengan karakteristik flat bottom, sehingga sesuai untuk beroperasi pada perairan sungai yang relatif dangkal serta mampu menyediakan ruang muat yang lebih luas.

Body Plan merupakan proyeksi bentuk dari pada kapal berdasarkan stasionnya jika dilihat dari pandangan depan maupun belakang kapal. Jadi *Body Plan* ini disebut juga potongan-potongan melintang kapal berdasarkan stasionnya. Dari gambar *body plan* ini maka akan didapatkan bentuk sheer plan berdasarkan proyeksi dari garis lengkung yang memotongi *buttock line* sesuai dengan stasionnya dan bentuk *half breath plan* dengan memproyeksikannya dari garis lengkung yang memotong waterline berdasarkan stasionnya.

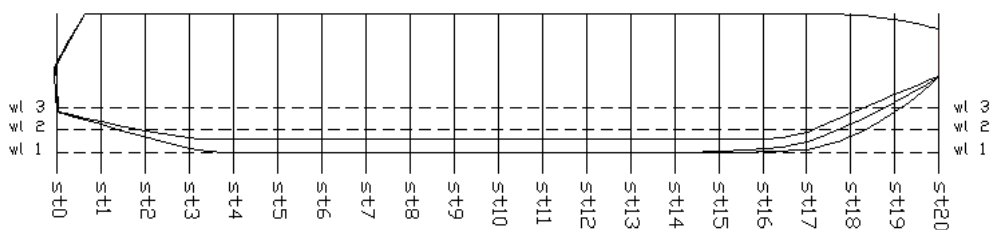
BODY PLAN



Gambar 4. 5 *Body Plan*

Sheer plan merupakan gambar irisan-irisan memanjang kapal jika dilihat dari samping berdasarkan setiap *buttock line* dapat dilihat pada Gambar

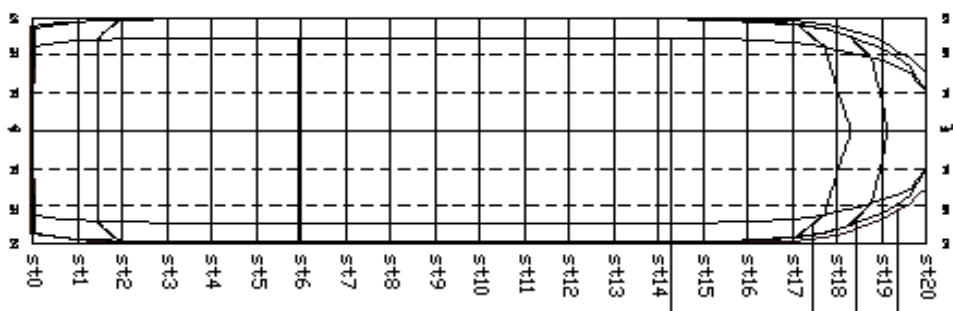
BUTTOCK PLAN



Gambar 4. 6 *Buttock Line*

Half Breadth plan merupakan bentuk lebar kapal dilihat dari atas jika potongan secara horizontal kapal berdasarkan water line,

HALF BREADTH PLAN



Gambar 4. 7 *Half Breadth plan*

4.5 Data Hidrostatik

Kurva hidrostatik merupakan kurva yang menunjukkan karakteristik badan kapal yang berada di bawah garis air pada berbagai kondisi sarat (draft).

Berdasarkan pemodelan lambung kapal menggunakan perangkat lunak Maxsurf Modeler Advanced, diperoleh data hidrostatik yang menggambarkan perubahan karakteristik geometris dan hidrostatik kapal terhadap perubahan sarat. Data tersebut digunakan untuk mengetahui kondisi daya apung, karakteristik bentuk lambung, serta parameter awal yang diperlukan dalam analisis keseimbangan dan stabilitas kapal.

Tabel 4. 5 Data hidrostatik kapal

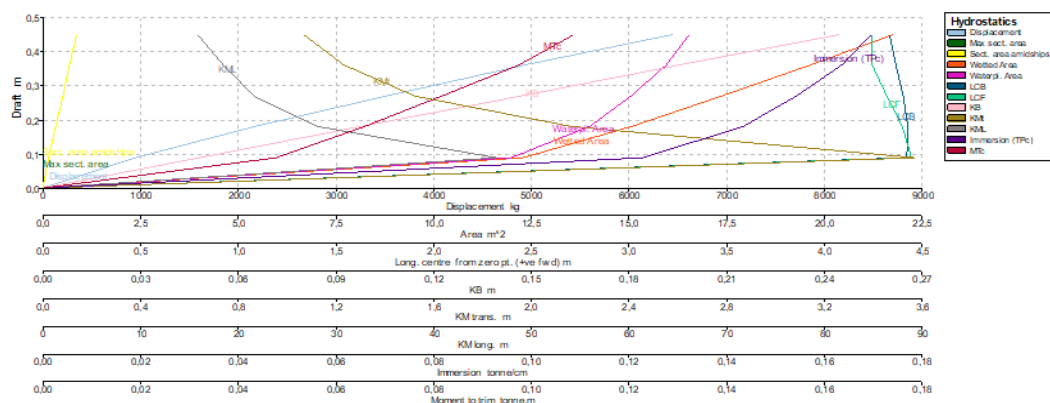
Displacement	7,945	t
Volume (displaced)	7,945	m ³
Draft Amidships	0,450	m
Immersed depth	0,450	m
WL Length	8,708	m
Beam max extents on WL	2,475	m
Wetted Area	26,368	m ²
Max sect. area	1,083	m ²
Waterpl. Area	20,800	m ²
Prismatic coeff. (Cp)	0,843	
Block coeff. (Cb)	0,819	
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,972	
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,965	
LCB length	4,361	from zero pt. (+ve fwd) m
LCF length	4,261	from zero pt. (+ve fwd) m
LCB %	50,080	from zero pt. (+ve fwd) % Lwl
LCF %	48,928	from zero pt. (+ve fwd) % Lwl
KB	0,244	m
KG fluid	0,000	m
BMt	1,284	m
BML	15,590	m
GMt corrected	1,527	m
GML	15,834	m
KMt	1,527	m
KML	15,834	m
Immersion (TPc)	0,208	tonne/cm
MTc	0,138	tonne.m
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)	0,212	tonne.m
Length:Beam ratio	3,519	
Beam:Draft ratio	5,499	

Length:Vol ^{0.333} ratio	4,364	
Precision	Medium	66 stations

Berdasarkan data hidrostatik pada Tabel 4.5, pada kondisi draft 0,450 m diperoleh beberapa parameter utama kapal, yaitu waterline length sebesar 8,708 m, waterplane area sebesar 20,800 m², wetted area sebesar 26,368 m², block coefficient (Cb) sebesar 0,819, prismatic coefficient (Cp) sebesar 0,843, dan waterplane area coefficient (Cwp) sebesar 0,965. Nilai koefisien tersebut menggambarkan karakteristik bentuk lambung kapal dan tingkat kepenuhan badan kapal pada kondisi draft yang direncanakan.

Parameter LCB (Longitudinal Center of Buoyancy) sebesar 4,361 m dan LCF (Longitudinal Center of Flotation) sebesar 4,261 m menunjukkan posisi titik pusat gaya apung dan pusat bidang garis air terhadap titik acuan kapal. Sementara itu, nilai KB sebesar 0,244 m menunjukkan posisi titik pusat gaya apung secara vertikal dari dasar kapal. Nilai BMt sebesar 1,284 m dan KMt sebesar 1,527 m merupakan parameter yang berkaitan dengan posisi metasenter transversal dan digunakan dalam evaluasi stabilitas awal kapal.

Selain disajikan dalam bentuk tabel, karakteristik hidrostatik kapal juga dapat ditampilkan dalam bentuk kurva hidrostatik seperti ditunjukkan pada Gambar 4.8. Kurva tersebut menunjukkan hubungan antara perubahan draft dengan beberapa parameter hidrostatik kapal, seperti displacement, waterplane area, wetted area, KB, KM, LCB, LCF, dan parameter lainnya



Gambar 4. 8 Kurva Hidrostatik

Berdasarkan Gambar 4.8, secara umum peningkatan draft menyebabkan displacement kapal semakin besar karena volume badan kapal yang tercelup ke dalam air bertambah. Seiring dengan bertambahnya draft, luas bidang garis air (waterplane area) dan luas permukaan basah (wetted area) juga mengalami peningkatan. Perubahan tersebut menunjukkan adanya perubahan karakteristik geometris bagian kapal yang tercelup pada setiap kondisi sarat.

Kurva hidrostatik menunjukkan perubahan karakteristik hidrostatik kapal terhadap perubahan draft. Parameter yang ditampilkan meliputi displacement, luas bidang garis air (waterplane area), posisi LCB dan LCF, KB, KM transversal dan longitudinal, serta momen inersia. Berdasarkan kurva, peningkatan draft menyebabkan displacement kapal bertambah secara bertahap karena volume badan kapal yang tercelup semakin besar. Data hidrostatik ini digunakan sebagai dasar dalam menentukan kondisi terapung kapal, menghitung stabilitas, serta mengevaluasi kemampuan kapal dalam menerima beban muatan pada berbagai kondisi draft.

Tabel 4. 6 Data Hidrostatik pada draft

Draft Amidships m	0,000	0,090	0,180	0,270	0,360	0,450
Displacement kg	0,0000	947,5	2168	3510	4940	6447
Heel deg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Draft at FP m	0,000	0,090	0,180	0,270	0,360	0,450
Draft at AP m	0,000	0,090	0,180	0,270	0,360	0,450
Draft at LCF m	0,000	0,090	0,180	0,270	0,360	0,450
Trim (+ve by stern) m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
WL Length m	5,467	6,811	7,403	7,913	8,391	8,708
Beam max extents on WL m	0,000	1,836	1,971	1,973	1,975	1,978
Wetted Area m ²	0,000	12,272	15,059	17,359	19,640	21,756
Waterpl. Area m ²	0,000	11,977	13,989	15,041	15,961	16,542
Prismatic coeff. (Cp)	0,000	0,894	0,875	0,859	0,843	0,840
Block coeff. (Cb)	0,000	0,821	0,805	0,812	0,808	0,812
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,000	0,918	0,920	0,946	0,958	0,966
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,000	0,958	0,959	0,963	0,963	0,961
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	0,000	4,419	4,423	4,399	4,366	4,333
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	0,000	4,444	4,397	4,317	4,241	4,237
KB m	0,000	0,048	0,098	0,147	0,196	0,245
KG m	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450	0,450
BMT m	0,000	3,522	2,067	1,378	1,037	0,820
BML m	0,000	46,312	27,988	21,464	18,214	15,539
GMt m	-0,450	3,120	1,715	1,074	0,782	0,615
GML m	-0,450	45,909	27,635	21,160	17,960	15,333

Draft Amidships m	0,000	0,090	0,180	0,270	0,360	0,450
KMt m	0,000	3,570	2,165	1,524	1,232	1,065
KML m	0,000	46,359	28,085	21,610	18,410	15,783
Immersion (TPC) tonne/cm	0,000	0,123	0,143	0,154	0,164	0,170
MTc tonne.m	0,000	0,048	0,066	0,082	0,098	0,109
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) kg.m	0,000	51,597	64,881	65,793	67,442	69,183
Max deck inclination deg	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Trim angle (+ve by stern) deg	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Data hidrostatik pada berbagai kondisi draft selanjutnya disajikan pada Tabel 4.6. Tabel tersebut digunakan untuk melihat perubahan parameter hidrostatik mulai dari draft 0,090 m sampai dengan draft 0,450 m. Pada kondisi draft 0,450 m, diperoleh displacement sebesar 6.447 kg atau 6,447 ton berdasarkan data pada Tabel 4.6. Nilai waterplane area sebesar 16,542 m² dan wetted area sebesar 21,756 m² menunjukkan luas bidang garis air dan luas permukaan lambung yang terendam pada kondisi tersebut. Nilai KB meningkat dari 0,048 m pada draft 0,090 m menjadi 0,245 m pada draft 0,450 m. Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa titik pusat gaya apung bergerak ke atas seiring bertambahnya volume badan kapal yang tercelup. Pada kondisi draft 0,450 m, nilai GMt sebesar 0,615 m menunjukkan nilai tinggi metasenter transversal terhadap titik berat kapal berdasarkan kondisi KG = 0,450 m yang digunakan dalam tabel. Nilai GMt yang positif menunjukkan adanya stabilitas awal secara transversal pada kondisi pembebanan tersebut. Nilai TPC (Tonnes per Centimetre immersion) pada draft 0,450 m sebesar 0,170 ton/cm menunjukkan bahwa setiap perubahan sarat sebesar 1 cm akan menyebabkan perubahan displacement sekitar 0,170 ton atau 170 kg, dengan asumsi kondisi hidrostatik dan luas bidang garis air berada pada kondisi yang sesuai. Sementara itu, nilai MTC (Moment to Change Trim by 1 cm) sebesar 0,109 ton·m digunakan untuk mengetahui momen yang diperlukan untuk menghasilkan perubahan trim sebesar 1 cm. Nilai RM (Righting Moment) pada kemiringan 1° sebesar 69,183 kg·m menunjukkan besarnya momen pengembali pada kondisi kemiringan kecil berdasarkan nilai GMt dan displacement pada kondisi tersebut. Parameter LCB, LCF, KB, BM, KM, TPC, dan MTC selanjutnya dapat digunakan sebagai dasar dalam mengevaluasi keseimbangan, daya apung, dan stabilitas awal kapal.

Dengan demikian, data dan kurva hidrostatik yang diperoleh dari Maxsurf Modeler Advanced digunakan sebagai dasar dalam mengevaluasi karakteristik kapal pada berbagai kondisi draft. Data tersebut juga menjadi salah satu dasar dalam analisis lanjutan, seperti penentuan kondisi displacement, evaluasi stabilitas, analisis hambatan kapal, serta penentuan kebutuhan daya propulsi sesuai dengan kondisi operasi kapal yang direncanakan.

4.6 Gambar Rencana Umum

Gambar rencana umum (*General Arrangement*) merupakan gambar yang menunjukkan tata letak seluruh ruang, peralatan, dan perlengkapan utama pada kapal. Penyusunan rencana umum dilakukan berdasarkan fungsi operasional kapal sebagai sarana angkutan (TBS) kelapa sawit, sehingga setiap komponen ditempatkan untuk mendukung proses pemuatan, pengangkutan, dan pembongkaran muatan secara efektif serta tetap memperhatikan aspek keselamatan dan stabilitas kapal.

Pada kapal yang direncanakan, ruang muat berupa bak terbuka permanen yang terletak di bagian tengah kapal sebagai tempat penyimpanan muatan TBS. Area geladak (*deck*) hanya terdapat pada bagian haluan dan buritan yang berfungsi sebagai area penempatan peralatan dan akses awak kapal, sedangkan ruang muat tidak diberi penutup agar proses bongkar muat menjadi lebih mudah. Pada bagian haluan dipasang sistem conveyor sebagai alat bantu pemindahan TBS dari dermaga menuju ruang muat kapal. Sementara itu, pada bagian buritan ditempatkan wheelhouse sebagai ruang kemudi yang dilengkapi sistem kendali (*remote control*) untuk mengoperasikan mesin tempel (*outboard engine*), sehingga pengendalian kapal dapat dilakukan dengan lebih aman dan nyaman.

4.6.1 Penentuan Jarak Gading (Frame)

Penentuan jarak gading pada penelitian ini mengacu pada Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) *Rules for the Classification and Construction of Aluminium Ships, Volume V, Section 3 – Hull Structures*.

$$= L / 500 + 0,48$$

$$= 9,10 / 500 + 0,48$$

$$= 498 \text{ mm}$$

4.6.2 Perhitungan tangki-tangki

Perencanaan tangki bahan bakar dilakukan untuk memastikan ketersediaan bahan bakar yang mencukupi selama kapal beroperasi pada rute pelayaran yang telah direncanakan. Kapal menggunakan mesin tempel Mercury 60 EFI *FourStroke* sebagai sistem propulsi utama. Dalam perencanaan ini, kebutuhan bahan bakar didasarkan pada daya operasi yang diperoleh dari hasil analisis hambatan kapal menggunakan perangkat lunak *Maxsurf Resistance*, sehingga perhitungan yang dilakukan lebih merepresentasikan kondisi operasi kapal dibandingkan menggunakan daya maksimum mesin.

Kebutuhan bahan bakar kapal ditentukan berdasarkan jarak pelayaran, kecepatan operasi, waktu pelayaran, jumlah trip harian, serta nilai *Specific Fuel Oil Consumption* (SFOC) mesin. Berdasarkan hasil perhitungan kebutuhan bahan bakar pada subbab sebelumnya, diperoleh kebutuhan bahan bakar untuk memenuhi operasi kapal selama tiga trip pulang-pergi pada rute pelayaran terjauh. Untuk menjamin keselamatan dan keandalan operasional, kapasitas tangki bahan bakar direncanakan dengan menambahkan cadangan (*reserve fuel*) sebesar 25% dari kebutuhan bahan bakar operasi. Penambahan cadangan tersebut bertujuan untuk mengantisipasi peningkatan konsumsi bahan bakar akibat pengaruh arus sungai, manuver kapal, maupun waktu tunggu selama proses bongkar muat.

Tangki bahan bakar direncanakan berbentuk balok untuk memudahkan proses fabrikasi, pemasangan, dan pemanfaatan ruang di dalam kapal secara efisien. Dimensi tangki disesuaikan dengan kapasitas yang telah ditentukan serta mempertimbangkan kemudahan pengisian bahan bakar, inspeksi, dan perawatan selama kapal beroperasi. Kebutuhan Tangki Bahan Bakar, berikut perhitungannya:

Diketahui

- Mesin : Mercury 60 EFI (60 HP = 44,7 kW)
- Daya operasi kapal : 27,03 kW

- SFOC : 0,30 kg/kWh
- Massa jenis bensin : 0,74 kg/L
- Jarak satu arah : 4,39 NM
- Kecepatan : 7 *knot*
- Jumlah trip : 3 trip pulang-pergi

1. Waktu Pelayaran

Waktu satu kali pergi

$$t = \frac{4,39}{7} = 0,627 \text{ jam}$$

Waktu 3 trip pulang pergi

$$t = 6 \times 0,627 = 3,762 \text{ jam}$$

2. Kebutuhan Bahan bakar

Masa bahan bakar

$$m = P \times \text{SFOC} \times t$$

$$= 27,3 \times 0,30 \times 3,762$$

$$= 30,82 \text{ kg}$$

Volume Bensin

$$V = \frac{30,50}{0,74}$$

$$V = 41,22 \text{ Liter}$$

Jadi kebutuhan bensin untuk operasi 3 trip sekitar 41,22 Liter

3. Kapasitas Tanki BBM

Menurut praktik perancangan kapal kecil, kapasitas tangki sebaiknya ditambah cadangan 20–30%.

Dengan cadangan 25%:

$$V_{\text{tank}} = 41,22 \times 1,25$$

$$= 52,53 \text{ liter}$$

Sehingga Kapasitas tangka yang di sarankan 55 litaer yang di bulatkan ke ukuran standar.

4.6.3 Perencanaan Ruang Muat

Karena muatan berupa TBS kelapa sawit merupakan muatan curah padat (*solid bulk cargo*), maka penentuan kebutuhan volume ruang muat tidak didasarkan pada sifat fluida, melainkan menggunakan massa jenis curah (*bulk density*). Massa jenis curah TBS memperhitungkan adanya rongga antar tandan selama proses pemuatan. Dengan asumsi massa jenis curah sebesar 600 kg/m³ dan kapasitas muatan 3,5 ton, dengan dimensi panjang 4,5m, lebar 1,6m dna tinggi 0,81m maka *volume* ruang muat minimum yang dibutuhkan adalah 5,83 m³.

4.6.4 Perencanaan Bongkar Muat

Sistem bongkar muat pada kapal angkutan TBS kelapa sawit dirancang untuk mendukung proses pemindahan muatan secara cepat, aman, dan efisien sesuai dengan kondisi operasional di Sungai Kampar Kiri Tengah. Mengingat fasilitas bongkar muat di lokasi masih terbatas. oleh karena itu pada kapal ini di gunakan sistem conveyor

Conveyor ditempatkan pada bagian haluan kapal sehingga ruang muat tetap terbuka dan proses pemindahan TBS menjadi lebih mudah. Conveyor dirancang menggunakan sistem gawangan dan *wire rope* yang memungkinkan sudut kemiringan naik hingga 15° dan turun hingga 4°, sehingga dapat menyesuaikan perbedaan elevasi antara kapal dan daratan saat proses bongkar muat.

Sistem bongkar muat pada kapal dirancang menggunakan conveyor tipe *fixed* (*fixed conveyor*) yang dipasang secara permanen pada bagian haluan kapal. Conveyor ini tidak dapat digeser atau dipindahkan posisinya selama operasi, melainkan hanya dapat diubah sudut kemiringannya (*inclination angle*) sesuai kebutuhan proses pemuatan maupun pembongkaran. Pengaturan sudut dilakukan untuk menyesuaikan perbedaan elevasi antara permukaan darat, hopper, dan bak muatan sehingga proses perpindahan TBS dapat berlangsung secara efektif.

Penggunaan conveyor tipe *fixed* dipilih karena memiliki konstruksi yang lebih sederhana, bobot lebih ringan, biaya perawatan lebih rendah, serta lebih sesuai

dengan dimensi kapal berukuran kecil yang beroperasi di Sungai Kampar Kiri Tengah. Selain itu, sistem ini lebih stabil karena seluruh rangka conveyor terpasang tetap pada struktur kapal Berikut perencanaan nya:

$$W = 3,5 \text{ ton/trip}$$

Dengan jumlah perjalanan sebanyak 3 trip per hari, maka kebutuhan pengangkutan TBS Per hari adalah

Keterangan:

W = kapasitas muatan TBS per trip (ton/trip)

n = jumlah trip per hari (trip/hari)

W_{hari} = total kebutuhan TBS per hari (ton/hari)

Menentukan kapasitas conveyor:

$$Q = 10 \text{ ton/jam}$$

Waktu yang diperlukan untuk memindahkan muatan TBS sebesar 3,5 ton dapat dihitung dengan persamaan:

$$t = \frac{W}{Q}$$

$$t = \frac{3,5}{10}$$

$$t = 0,35 \text{ jam}$$

Konversi waktu ke menit:

$$t_{\text{menit}} = t \times 60$$

$$t_{\text{menit}} = 0,35 \times 60$$

$$\boxed{t_{\text{menit}} = 21 \text{ menit}}$$

Keterangan:

t = waktu pemindahan material (jam)

W = berat TBS yang dipindahkan (ton)

Q = kapasitas conveyor (ton/jam)

Pemeriksaan Kapasitas Berdasarkan Ukuran *Belt* Parameter conveyor yang digunakan adalah:

$$B = 0,5 \text{ m}$$

$$v = 0,5 \text{ m/s}$$

$$\rho = 600 \text{ kg/m}^3$$

Kapasitas *belt* conveyor dihitung menggunakan persamaan:

$$Q = 3600 \times A \times v \times \rho$$

$$A = \frac{Q}{3600 \times v \times \rho}$$

$$A = \frac{10.000}{3600 \times 0,5 \times 600}$$

$$A = 0,00926 \text{ m}^2$$

Keterangan:

Q = kapasitas conveyor (kg/jam)

A = luas penampang material di atas belt (m^2)

v = kecepatan *belt* (m/s)

ρ = *bulk density* TBS (kg/m^3)

3600 = faktor konversi detik menjadi jam

Sumber: *Bridgestone Corporation. (2006). Conveyor Belt Design Manual.*

Bridgestone Corporation

a Proses Muat

Pada proses pemuatan, kapal bersandar di lokasi pengumpulan TBS di tepi sungai. Conveyor kemudian diatur sudut kemiringannya sehingga ujung bawah conveyor berada pada posisi yang sesuai dengan lokasi penumpukan TBS. TBS dimasukkan secara manual oleh pekerja ke atas conveyor. Selanjutnya conveyor mengangkat TBS menuju *hopper* sementara yang berada di atas kapal.

Hopper berfungsi sebagai tempat penampungan sementara untuk menjaga kontinuitas aliran material sebelum dipindahkan ke bak muatan. Dari *hopper*, TBS

dipindahkan secara manual ke dalam bak muatan menggunakan garpu atau pengait TBS. Selanjutnya muatan disusun dan diratakan secara manual agar distribusi beban merata sehingga stabilitas kapal tetap terjaga dan kapasitas ruang muat dapat dimanfaatkan secara optimal.

b Proses Bongkar

Proses pembongkaran dilakukan dengan urutan yang berlawanan dari proses pemuatan. Setelah kapal bersandar di dermaga tujuan, sudut conveyor kembali disesuaikan sehingga ujung keluar conveyor mengarah ke *hopper* atau tempat penerimaan TBS di darat atau langsung ke atas bak mobil pengangkut.

TBS yang berada di dalam bak muatan dipindahkan secara manual menuju hopper kapal. Dari hopper, TBS masuk ke conveyor dan diangkut menuju area penerimaan di darat. Setelah seluruh muatan selesai dibongkar, conveyor dikembalikan ke posisi semula dan dipersiapkan untuk operasi berikutnya.

Untuk conveyor yang di gunakan sebagai berikut dengan beberapa modifikasi seperti tidak lagi menggunakann system roda dan frame ke roda.

Tabel 4. 7 Data Spek Conveyor

Penggerak	Motor 13 Hp
Panjang	4 meter
Lebar	0,5 meter
Berat	110 Kg
Kapasitas	8-10 Ton/Jam

4.7 Perhitungan Berat Kapal

4.7.1 Perhitungan DWT Kapal

Deadweight Tonnage (DWT) merupakan kapasitas angkut kapal yang meliputi seluruh beban variabel yang dibawa kapal saat beroperasi. Beban tersebut terdiri atas muatan utama, awak kapal, bahan bakar, air tawar, pelumas, serta perlengkapan habis pakai lainnya. Pada penelitian ini, komponen DWT yang

diperhitungkan meliputi muatan TBS, awak kapal (crew), dan bahan bakar (*Fuel Oil Tank/F.O.T*).

Berdasarkan hasil perencanaan, kapal dirancang untuk mengangkut 100 tandan TBS dengan berat rata-rata 35 kg per tandan, sehingga total muatan utama yang diangkut adalah:

$$= 100 \times 35 = 3.500 \text{ kg}$$

Selain muatan utama, kapal dioperasikan oleh 3 orang awak kapal dengan asumsi berat rata-rata 70 kg per orang, sehingga total berat awak kapal sebesar:

$$= 3 \times 70 = 210 \text{ kg}$$

Kebutuhan bahan bakar diperoleh dari hasil perhitungan kebutuhan operasi kapal, yaitu sebesar 44,8 kg untuk satu siklus pelayaran.

Dengan demikian, total *Deadweight Tonnage* (DWT) kapal dihitung sebagai berikut:

$$\text{DWT} = \text{WTBS} + \text{WCrew} + \text{WF.O.T}$$

$$= 3.500 + 210 + 44,8$$

$$= 3.754 \text{ kg}$$

Komposisi DWT menunjukkan bahwa muatan TBS merupakan komponen terbesar, yaitu sekitar 93,2% dari total DWT. Sementara itu, berat awak kapal memberikan kontribusi sekitar 5,6%, dan bahan bakar sekitar 1,2%. Hal ini menunjukkan bahwa kapasitas angkut kapal didominasi oleh muatan utama sesuai dengan fungsi kapal sebagai sarana transportasi TBS di Sungai Kampar Kiri Tengah.

Nilai DWT sebesar 3,758 ton selanjutnya digunakan bersama *Light Weight Tonnage* (LWT) sebesar 4,184 ton untuk menentukan kondisi perpindahan (*displacement*) kapal pada saat beroperasi. Besarnya *displacement* kapal pada kondisi muatan penuh dihitung sebagai berikut:

$$\Delta = \text{LWT} + \text{DWT}$$

$$= 4,184 + 3,758$$

$$= 7,942 \text{ ton}$$

$$= (DWT / \Delta) \times 100 \%$$

$$= 47,30 \%$$

Sehingga, *displacement* kapal pada kondisi operasi penuh adalah sebesar 7,942 ton. Nilai ini menjadi dasar dalam analisis hidrostatik, *trim*, dan stabilitas kapal untuk memastikan kapal tetap memenuhi persyaratan keselamatan selama pengoperasian.

4.7.2 Perhitungan LWT Kapal

Light Weight Tonnage (LWT) merupakan berat kapal dalam kondisi kosong, yaitu berat kapal tanpa muatan, bahan bakar, air tawar, awak kapal, maupun barang konsumsi. Nilai LWT diperoleh dari penjumlahan seluruh komponen permanen yang menjadi bagian dari konstruksi dan perlengkapan kapal. Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui berat dasar kapal serta menentukan letak pusat gravitasi (*Center of Gravity*) yang akan digunakan pada analisis hidrostatik dan stabilitas kapal.

Berdasarkan hasil estimasi berat komponen kapal, diperoleh total *Light Weight Tonnage* (LWT) sebesar 4,184 ton. Komponen penyusun LWT terdiri atas struktur kapal, mesin tempel, sistem conveyor, struktur pendukung conveyor, perlengkapan navigasi, sistem kelistrikan, kemudi, perlengkapan keselamatan, sistem tambat, baterai (aki), serta perlengkapan pendukung lainnya.

Komponen dengan kontribusi berat terbesar adalah struktur kapal, yaitu sebesar 3.664,7 kg atau sekitar 87,6% dari total LWT. Hal ini menunjukkan bahwa konstruksi lambung merupakan penyumbang utama berat kapal karena mencakup pelat dasar, pelat sisi, geladak, sekat, gading-gading, dan elemen struktur lainnya. Komponen terbesar berikutnya adalah mesin tempel sebesar 112 kg, conveyor sebesar 170 kg, serta struktur pendukung conveyor sebesar 80 kg. Sementara itu, komponen lainnya seperti sistem kelistrikan, navigasi, kemudi, perlengkapan

keselamatan, tali tambat, baterai, dan APAR memiliki kontribusi yang relatif kecil terhadap total berat kapal.

Selain menghitung total berat, dilakukan pula perhitungan posisi pusat gravitasi kapal berdasarkan koordinat *Longitudinal Center of Gravity* (LCG), *Transverse Center of Gravity* (TCG), dan *Vertical Center of Gravity* (VCG) setiap komponen. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa posisi pusat gravitasi keseluruhan kapal dalam kondisi lightship adalah:

$$LCG = 4,85 \text{ m}$$

$$TCG = 0,01 \text{ m}$$

$$VCG = 0,43 \text{ m}$$

Nilai LCG sebesar 4,85 m menunjukkan bahwa titik berat kapal berada hampir di tengah panjang kapal sehingga distribusi berat memanjang telah cukup seimbang. Nilai TCG sebesar 0,01 m yang mendekati nol menunjukkan bahwa distribusi berat antara sisi kanan dan kiri kapal hampir simetris, sehingga tidak menimbulkan kemiringan permanen (*list*). Sementara itu, VCG sebesar 0,43 m menunjukkan bahwa titik berat vertikal berada relatif rendah terhadap baseline kapal. Posisi titik berat yang rendah ini memberikan keuntungan terhadap stabilitas awal kapal karena mampu meningkatkan nilai *metacentric height* (GM) sehingga kapal memiliki kemampuan yang lebih baik untuk kembali ke posisi tegak setelah mengalami oleng.

Secara keseluruhan, hasil estimasi LWT sebesar 4,184 ton dengan posisi pusat gravitasi $LCG = 4,85 \text{ m}$, $TCG = 0,01 \text{ m}$, dan $VCG = 0,43 \text{ m}$ menunjukkan bahwa distribusi berat kapal telah tersusun secara proporsional. Nilai tersebut selanjutnya digunakan sebagai data masukan pada analisis *displacement*, *deadweight* (DWT), serta analisis stabilitas menggunakan perangkat lunak *Maxsurf Stability*.

Tabel 4. 8 Data LWT Kapal

NO	Item	Jumlah	Berat/Unit	Total berat	LCG	TCG	VCG
1	Berat Struktur Kapal	1	3664,70	3664,70	5	0	0,4
2	Mesin Tempel	1	112,00	112,00	-3	0	0,7
3	Conveyor	1	170,00	170,00	8	0	0,7
4	Struktur Pendukung Conveyor	1	80,00	80,00	7	0	0,8
5	Kelistrikan	1	20,00	20,00	1	1	0,4
6	Kemudi	1	18,00	18,00	1	0	0,8
7	Navigasi	1	8,00	8,00	1	0	2,8
8	Life jacket	3	0,80	2,40	1	-1	1,1
9	Life Buoy	3	0,80	2,40	1	1	1,1
10	Seling Conveyor	2	12,00	24,00	8	-1	1,1
11	Tali Tambat	4	10,00	40,00	8	1	1,8
12	Aki 12V 70Ah	1	20,00	20,00	1	0	0,4
13	Mesin 13 hp Conveyor	1	2,50	2,50	10	0	1,8
14	kursi pengemudi dan pelangsir	3	5,00	15,00	1	0	0,8
15	Fire Extinguisher (APAR 3 kg)	1	5,00	5,00	4	1	1,2
	Total			4184,00			
	Lightship			4184,00	5	0	0,43

4.8 Stabilitas Kapal

Stabilitas kapal adalah keseimbangan kapal, yaitu sifat atau kecenderungan kapal untuk kembali ke posisi semula setelah mengalami kemiringan (*heeling*) akibat pengaruh gaya eksternal. Kapal dengan stabilitas yang baik akan tetap tegak saat mengapung, tidak miring ke kiri atau ke kanan. Saat berlayar, kapal juga dapat kembali tegak meskipun terpengaruh oleh faktor eksternal seperti kecepatan angin dan gelombang.

Dalam hal ini akan dibuat variasi muatan, sehingga diketahui stabilitas untuk tiap kondisi *loadcase* ditinjau pada 4 kondisi yang mempresentasikan *loadcase* pada saat kapal beroperasi di perairan, untuk membantu perhitungan digunakan *software maxsurf stability*. Dalam menghitung stabilitas kapal harus membuat variasi muatan pada beberapa kondisi, untuk setiap kondisi sebagai berikut:

1. Kondisi kapal kosong
2. Kondisi kapal dengan muatan setengah
3. Kondisi kapal penuh
4. Kondisi Muatan bergeser

4.8.1 Kondisi Kapal Penuh

Pada perencanaan ini menunjukkan stabilitas kondisi kapal kosong. Setelah dilakukan running, maka dapat dilihat kondisi kapal tersebut dalam keadaan stabil

Tabel 4. 9 Data *Loadcase* Kapal Penuh

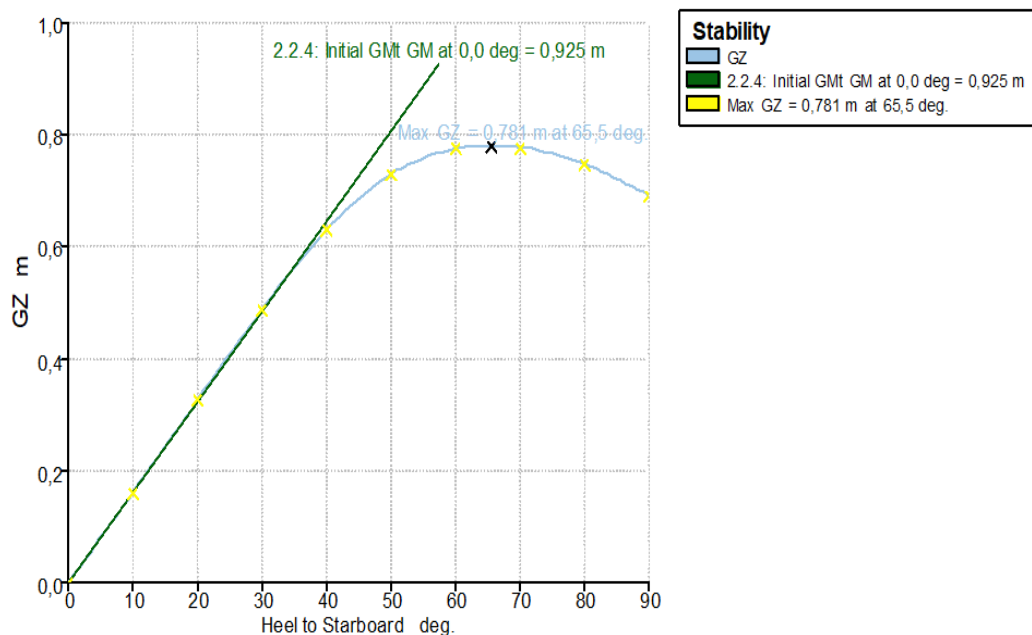
Item Name	Quantity	Unit Mass kg	Total Mass kg	Unit Volume m ³	Total Volume m ³	Long . Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM kg.m	FSM Type
BBM	100%	91,6	91,6	0,122	0,122	0,439	0,000	0,493	0,000	Maximum
Lightship	1	4184,0	4184,0			5,000	0,000	0,000	0,000	User Specified
TBS	1	3500,0	3500,0			4,500	0,000	0,050	0,000	User Specified
KRU	3	70,0	210,0			1,220	0,000	0,770	0,000	User Specified
Total Loadcase			7985,6	0,122	0,122	4,629	0,000	0,048	0,000	
FS correction								0,000		
VCG fluid								0,048		

Berdasarkan hasil rekapitulasi kondisi pembebanan (*loadcase*) pada kondisi muatan maksimum, kapal memiliki *Light Weight Tonnage* (LWT) sebesar 4.184 kg, dengan tambahan beban berupa BBM sebesar 91,6 kg, muatan TBS sebesar 3.500 kg, dan tiga orang awak kapal sebesar 210 kg, sehingga total massa kapal mencapai 7.985,6 kg atau sekitar 7,986 ton. Distribusi beban menghasilkan posisi pusat gravitasi keseluruhan dengan LCG sebesar 4,629 m, TCG sebesar 0,000 m, dan VCG sebesar 0,048 m. Nilai TCG sebesar 0,000 m menunjukkan bahwa distribusi beban secara melintang berada dalam kondisi simetris terhadap garis tengah kapal, sedangkan nilai LCG dan VCG menunjukkan posisi pusat gravitasi kapal secara memanjang dan vertikal berdasarkan acuan model. Kondisi pembebanan ini merupakan kondisi muatan maksimum yang digunakan sebagai dasar dalam analisis hidrostatik dan stabilitas untuk mengevaluasi karakteristik serta keamanan kapal saat mengangkut muatan TBS sebesar 3,5 ton.

Tabel 4. 10 Data Criteria *Loadcase* 1

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 0 to 30	3,1513	m.deg	7,3290	Pass	+132,57
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 0 to 40	5,1566	m.deg	12,9423	Pass	+150,99
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 30 to 40	1,7189	m.deg	5,6134	Pass	+226,57
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,200	m	0,781	Pass	+290,50
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.3: Angle of maximum GZ	25,0	deg	65,5	Pass	+161,82
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.4: Initial GMt	0,150	m	0,925	Pass	+516,67

Berdasarkan hasil analisis stabilitas pada kondisi muatan penuh (100%), seluruh parameter stabilitas kapal memenuhi kriteria *IMO Resolution MSC.267(85) Chapter 2 – General Intact Stability Criteria*. Luas area di bawah kurva GZ pada rentang 0°–30° sebesar 7,3290 m.deg, rentang 0°–40° sebesar 12,9423 m.deg, dan rentang 30°–40° sebesar 5,6134 m.deg, yang masing-masing lebih besar daripada nilai kriteria minimum sebesar 3,1513 m.deg, 5,1566 m.deg, dan 1,7189 m.deg. Nilai *Maximum GZ* sebesar 0,781 m telah memenuhi kriteria minimum 0,200 m, dengan sudut terjadinya GZ maksimum sebesar 65,5°, lebih besar dari batas minimum 25°. Selain itu, nilai *Initial GMt* sebesar 0,925 m juga telah melampaui persyaratan minimum 0,150 m. Seluruh parameter memperoleh status Pass, sehingga kapal memenuhi kriteria stabilitas utuh berdasarkan IMO MSC.267(85) dan memiliki kemampuan *righting* yang memadai pada kondisi muatan penuh. Dengan demikian, kondisi pembebanan maksimum yang dianalisis memenuhi persyaratan stabilitas dan dapat digunakan sebagai dasar evaluasi keselamatan operasi kapal.



Gambar 4. 9 Grafik GZ loadcase 1

Grafik stabilitas *loadcase* berupa sudut terhadap tinggi Kapal (meter), didalam gambar terdapat nilai GZ maksimal yang menandakan kapal dengan kondisi *loadcase* I memiliki nilai GZ maksimal 0,781 m dan 65,5 deg (derajat), hal

ini menandakan bahwa kapal pada *loadcase* I hanya dapat miring 65,5 deg jika dari itu maka kapal akan tenggelam, dapat dilihat pada gambar

4.8.2 Kondisi Kapal Setengah Muatan

Pada perencanaan ini kondisi kapal berlayar menunjukkan stabilitas kapal berlayar. Setelah dilakukan running, maka dapat dilihat kondisi kapal tersebut dalam keadaan stabil hal ini dapat dilihat pada tabel

Tabel 4. 11 Data *Loadcase* 2

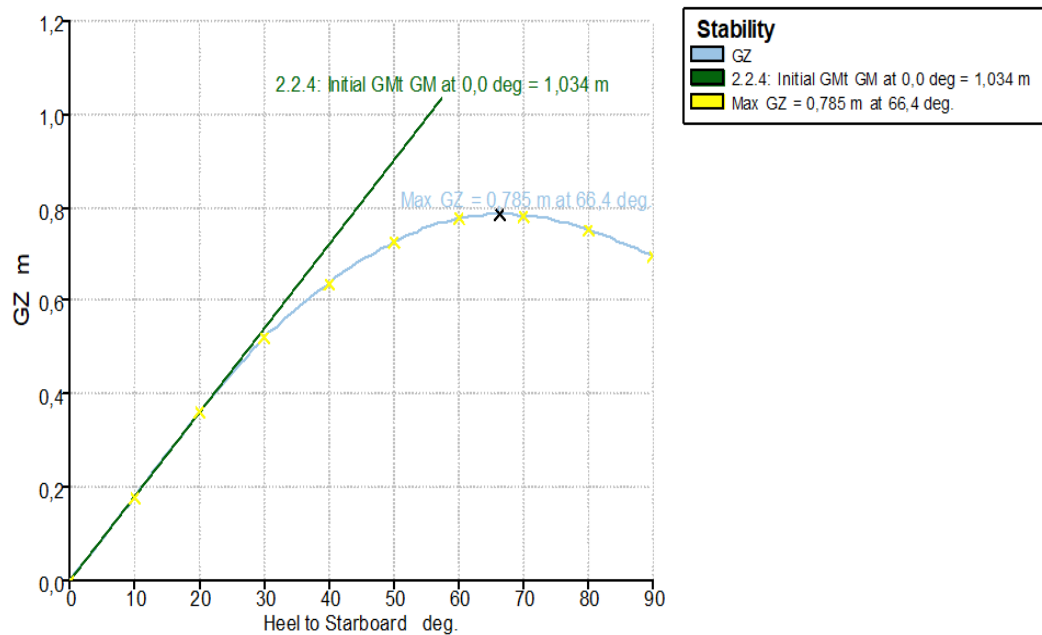
Item Name	Quantity	Unit Mass kg	Total Mass kg	Unit Volume m ³	Total Volume m ³	Long . Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM kg.m	FSM Type
BBM	100%	91,6	91,6	0,122	0,122	0,439	0,000	0,493	0,000	Maximum
Lightship	1	4184,0	4184,0			5,000	0,000	0,000	0,000	User Specified
TBS	1	1750,0	1750,0			4,500	0,000	0,050	0,000	User Specified
KRU	3	70,0	210,0			1,220	0,000	0,770	0,000	User Specified
Total Loadcase			6235,6	0,122	0,122	4,665	0,000	0,047	0,000	
FS correction								0,000		
VCG fluid								0,047		

Berdasarkan hasil rekapitulasi kondisi pembebanan (*loadcase*) pada kondisi muatan TBS 50% tanpa pergeseran muatan, kapal memiliki Light Weight Tonnage (LWT) sebesar 4.184 kg, dengan tambahan beban berupa BBM sebesar 91,6 kg, muatan TBS sebesar 1.750 kg, dan tiga orang awak kapal sebesar 210 kg, sehingga total massa kapal pada kondisi pembebanan tersebut sebesar 6.235,6 kg atau sekitar 6,236 ton. Posisi pusat gravitasi keseluruhan kapal berada pada LCG sebesar 4,665 m, TCG sebesar 0,000 m, dan VCG sebesar 0,047 m. Nilai TCG sebesar 0,000 m menunjukkan bahwa distribusi beban secara melintang berada dalam kondisi simetris terhadap garis tengah kapal sehingga tidak menimbulkan kemiringan awal (*list*), sedangkan nilai LCG dan VCG menunjukkan posisi pusat gravitasi kapal secara memanjang dan vertikal berdasarkan acuan model. Kondisi pembebanan ini digunakan sebagai salah satu kondisi operasi dalam analisis hidrostatis dan stabilitas untuk mengevaluasi karakteristik dan kestabilan kapal saat mengangkut 50% kapasitas muatan TBS.

Tabel 4. 12 Data Criteria *Loadcase 2*

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 0 to 30	3,1513	m.deg	8,0509	Pass	+155,48
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 0 to 40	5,1566	m.deg	13,8703	Pass	+168,98
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 30 to 40	1,7189	m.deg	5,8194	Pass	+238,55
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,200	m	0,785	Pass	+292,50
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.3: Angle of maximum GZ	25,0	deg	66,4	Pass	+165,46
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.4: Initial GMt	0,150	m	1,034	Pass	+589,33

Berdasarkan hasil analisis stabilitas pada kondisi muatan TBS 50% tanpa pergeseran muatan, seluruh parameter stabilitas kapal memenuhi kriteria *IMO Resolution MSC.267(85) Chapter 2 – General Intact Stability Criteria*. Luas area di bawah kurva GZ pada rentang 0°–30° sebesar 8,0509 m.deg, rentang 0°–40° sebesar 13,8703 m.deg, dan rentang 30°–40° sebesar 5,8194 m.deg, yang masing-masing lebih besar daripada nilai kriteria minimum sebesar 3,1513 m.deg, 5,1566 m.deg, dan 1,7189 m.deg. Nilai *Maximum GZ* sebesar 0,785 m telah memenuhi kriteria minimum 0,200 m, dengan sudut terjadinya GZ maksimum sebesar 66,4°, lebih besar dari batas minimum 25°. Selain itu, nilai *Initial GMt* sebesar 1,034 m juga telah melampaui persyaratan minimum 0,150 m. Seluruh parameter memperoleh status *Pass*, sehingga kapal memenuhi kriteria stabilitas utuh berdasarkan *IMO MSC.267(85)* dan memiliki kemampuan *righting* yang memadai. Dengan demikian, kapal memiliki stabilitas yang baik dan memenuhi persyaratan untuk dioperasikan pada kondisi muatan TBS 50% tanpa pergeseran muatan.



Gambar 4. 10 Grafik GZ loadcase 2

Grafik stabilitas *loadcase 2* berupa sudut terhadap tinggi Kapal (meter), didalam gambar terdapat nilai GZ maksimal yang menandakan kapal dengan kondisi *loadcase I* memiliki nilai GZ maksimal 0,785 m dan 66,4 deg (derajat), hal ini menandakan bahwa kapal pada *loadcase 2* hanya dapat miring 66,4 deg jika dari itu maka kapal akan tenggelam, dapat dilihat pada gambar.

4.8.3 Kondisi muatan bergeser

Pada perencanaan ini kondisi kapal berlayar menunjukkan stabilitas kapal berlayar. Setelah dilakukan running, maka dapat dilihat kondisi kapal tersebut dalam keadaan stabil hal ini dapat dilihat

Tabel 4. 13 Data *Loadcase 3*

Item Name	Quantity	Unit Mass kg	Total Mass kg	Unit Volume m ³	Total Volume m ³	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM kg.m	FSM Type
BBM	100%	91,6	91,6	0,122	0,122	0,439	0,000	0,493	0,000	Maximum
Lightship	1	4184,0	4184,0			5,000	0,000	0,000	0,000	User Specified
TBS	1	1750,0	1750,0			4,500	0,609	0,050	0,000	User Specified
KRU	3	70,0	210,0			1,220	0,000	0,770	0,000	User Specified
Total Loadcase			6235,6	0,122	0,122	4,665	0,171	0,047	0,000	
FS correction								0,000		
VCG fluid								0,047		

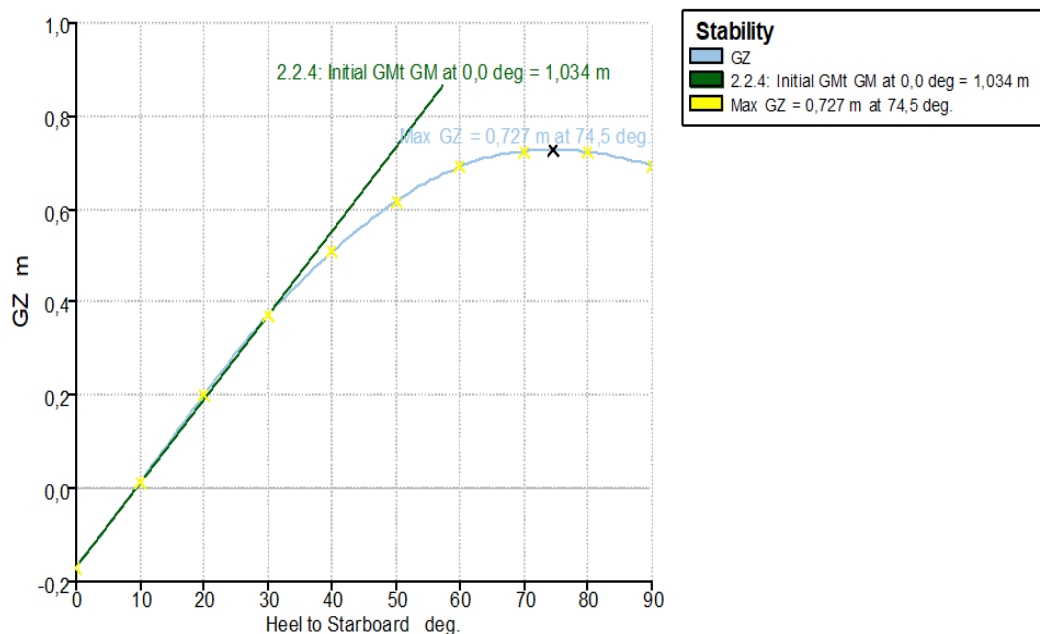
Berdasarkan hasil rekapitulasi kondisi pembebanan (*loadcase*) dengan muatan TBS 50% yang mengalami pergeseran ke arah melintang kapal, total massa kapal sebesar 6.235,6 kg atau sekitar 6,236 ton, yang terdiri atas *Light Weight Tonnage* (LWT) sebesar 4.184 kg, muatan TBS sebesar 1.750 kg, bahan bakar sebesar 91,6 kg, dan tiga orang awak kapal sebesar 210 kg. Pada kondisi ini diperoleh posisi pusat gravitasi keseluruhan kapal dengan LCG sebesar 4,665 m, TCG sebesar 0,171 m, dan VCG sebesar 0,047 m. Nilai TCG yang tidak bernilai nol menunjukkan adanya pergeseran pusat gravitasi secara melintang akibat distribusi muatan TBS yang tidak simetris, sehingga kapal memiliki kecenderungan mengalami kemiringan (*list*) ke arah sisi perpindahan muatan. Kondisi pembebanan ini digunakan untuk mengevaluasi pengaruh pergeseran muatan terhadap keseimbangan dan stabilitas kapal, serta menunjukkan pentingnya distribusi muatan yang merata untuk mempertahankan kemampuan *righting* dan keselamatan kapal selama operasi.

Tabel 4. 14 Data Criteria *Loadcase* 3

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 0 to 30	3,1513	m.deg	3,1562	Pass	+0,16
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 0 to 40	5,1566	m.deg	7,5776	Pass	+46,95
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 30 to 40	1,7189	m.deg	4,4213	Pass	+157,22
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,200	m	0,727	Pass	+263,50
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.3: Angle of maximum GZ	25,0	deg	74,5	Pass	+198,18
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.4: Initial GMt	0,150	m	1,034	Pass	+589,33

Berdasarkan hasil analisis stabilitas pada kondisi muatan TBS 50% dengan pergeseran muatan ke salah satu sisi kapal, seluruh parameter stabilitas masih memenuhi kriteria *IMO Resolution MSC.267(85) Chapter 2 – General Intact Stability Criteria*. Luas area di bawah kurva GZ pada rentang 0°–30° sebesar 3,1562 m.deg, rentang 0°–40° sebesar 7,5776 m.deg, dan rentang 30°–40° sebesar 4,4213 m.deg, yang masing-masing lebih besar daripada nilai kriteria minimum sebesar 3,1513 m.deg, 5,1566 m.deg, dan 1,7189 m.deg. Nilai *Maximum GZ* sebesar 0,727 m telah memenuhi kriteria minimum 0,200 m, dengan sudut terjadinya GZ maksimum sebesar 74,5°, lebih besar dari batas minimum 25°. Selain itu, nilai

Initial GMt sebesar 1,034 m juga telah melampaui persyaratan minimum 0,150 m. Seluruh parameter memperoleh status Pass, sehingga meskipun terjadi pergeseran muatan yang menyebabkan perubahan distribusi beban secara melintang, kapal masih memenuhi kriteria stabilitas utuh berdasarkan IMO MSC.267(85) dan memiliki kemampuan *righting* yang memadai. Namun, nilai *Area 0°–30°* hanya memiliki margin +0,16%, sehingga kondisi ini berada sangat dekat dengan batas minimum dan menunjukkan bahwa pergeseran muatan perlu mendapat perhatian. Oleh karena itu, distribusi muatan yang merata tetap disarankan untuk menjaga stabilitas dan keselamatan kapal selama operasi.



Gambar 4. 11 Grafik GZ loadcase 3

Grafik stabilitas *loadcase 3* berupa sudut terhadap tinggi Kapal (meter), didalam gambar terdapat nilai GZ maksimal yang menandakan kapal dengan kondisi *loadcase I* memiliki nilai GZ maksimal 0,727 m dan 74,5 deg (derajat), hal ini menandakan bahwa kapal pada *loadcase 3* hanya dapat miring 74,5 deg jika dari itu maka kapal akan tenggelam, dapat dilihat pada gambar

4.8.4 Kondisi Kapal Kosong

Pada perencanaan ini kondisi kapal berlayar menunjukkan stabilitas kapal berlayar. Setelah dilakukan running, maka dapat dilihat kondisi kapal tersebut dalam keadaan stabil hal ini dapat dilihat

Tabel 4. 15 Data *Loadcase 4*

Item Name	Quantity	Unit Mass kg	Total Mass kg	Unit Volume m ³	Total Volume m ³	Long . Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM kg.m	FSM Type
BBM	100%	91,6	91,6	0,122	0,122	0,439	0,000	0,493	0,000	Maximum
Lightship	1	4184,0	4184,0			5,000	0,000	0,000	0,000	User Specified
TBS	1	0,0	0,0			4,500	0,000	0,050	0,000	User Specified
KRU	3	70,0	210,0			1,220	0,000	0,770	0,000	User Specified
Total Loadcase			4485,6	0,122	0,122	4,730	0,000	0,046	0,000	
FS correction								0,000		
VCG fluid								0,046		

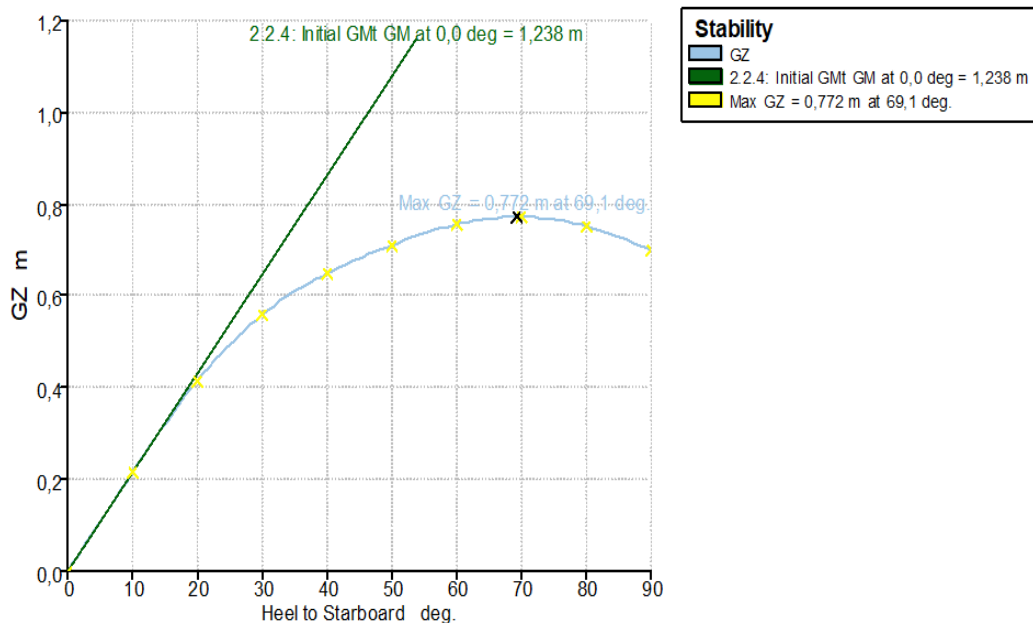
Berdasarkan hasil analisis stabilitas pada kondisi tanpa muatan (*lightship*), seluruh parameter stabilitas kapal memenuhi kriteria *IMO Resolution MSC.267(85) Chapter 2 – General Intact Stability Criteria*. Nilai luas area di bawah kurva GZ pada rentang 0°–30° sebesar 9,2038 m.deg, lebih besar dari persyaratan minimum 3,1513 m.deg dengan margin 192,06%. Luas area pada rentang 0°–40° sebesar 15,2765 m.deg, lebih besar dari kriteria minimum 5,1566 m.deg, sedangkan luas area pada rentang 30°–40° sebesar 6,0727 m.deg, lebih besar dari batas minimum 1,7189 m.deg. Nilai *Maximum GZ* sebesar 0,772 m telah memenuhi persyaratan minimum 0,200 m, dengan sudut terjadinya GZ maksimum sebesar 69,1°, lebih besar dari batas minimum 25°. Selain itu, nilai *Initial GMt* sebesar 1,238 m juga jauh melampaui persyaratan minimum 0,150 m. Seluruh parameter memperoleh status Pass, sehingga kapal memenuhi kriteria stabilitas utuh berdasarkan IMO MSC.267(85) dan memiliki kemampuan *righting* yang baik. Dengan demikian, kapal pada kondisi tanpa muatan TBS memiliki stabilitas yang memenuhi persyaratan IMO dan dinilai layak digunakan sebagai salah satu kondisi operasi dalam evaluasi keselamatan kapal.

Tabel 4. 16 Data Criteria *Loadcase 4*

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 0 to 30	3,1513	m.deg	9,2038	Pass	+192,06
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 0 to 40	5,1566	m.deg	15,2765	Pass	+196,25

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.1: Area 30 to 40	1,7189	m.deg	6,0727	Pass	+253,29
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,200	m	0,772	Pass	+286,00
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.3: Angle of maximum GZ	25,0	deg	69,1	Pass	+176,36
267(85) Ch2 - General Criteria	2.2.4: Initial GMt	0,150	m	1,238	Pass	+725,33

Berdasarkan hasil analisis stabilitas pada kondisi tanpa muatan (*lightship*), seluruh parameter stabilitas kapal memenuhi kriteria *IMO Resolution MSC.267(85) Chapter 2 – General Intact Stability Criteria*. Luas area di bawah kurva GZ pada rentang 0°–30° sebesar 9,2038 m.deg, lebih besar daripada persyaratan minimum 3,1513 m.deg dengan margin 192,06%. Luas area pada rentang 0°–40° sebesar 15,2765 m.deg, lebih besar dari kriteria minimum 5,1566 m.deg, sedangkan luas area pada rentang 30°–40° sebesar 6,0727 m.deg, lebih besar dari batas minimum 1,7189 m.deg. Nilai *Maximum GZ* sebesar 0,772 m telah memenuhi persyaratan minimum 0,200 m, dengan sudut terjadinya GZ maksimum sebesar 69,1°, yang lebih besar dari batas minimum 25°. Selain itu, nilai *Initial GMt* sebesar 1,238 m juga telah melampaui persyaratan minimum 0,150 m. Seluruh parameter memperoleh status Pass, sehingga kapal memenuhi kriteria stabilitas utuh berdasarkan IMO MSC.267(85) dan memiliki kemampuan *righting* yang memadai. Dengan demikian, kapal pada kondisi tanpa muatan TBS memiliki stabilitas yang baik dan memenuhi persyaratan keselamatan berdasarkan kriteria IMO, sehingga layak digunakan sebagai salah satu kondisi operasi dalam evaluasi stabilitas kapal.



Gambar 4. 12 Grafik GZ loadcase 4

Grafik stabilitas *loadcase 4* berupa sudut terhadap tinggi Kapal (meter), didalam gambar terdapat nilai GZ maksimal yang menandakan kapal dengan kondisi *loadcase I* memiliki nilai GZ maksimal 0,772 m dan 69,1 deg (derajat), hal ini menandakan bahwa kapal pada *loadcase 3* hanya dapat miring 69,1 deg jika dari itu maka kapal akan tenggelam, dapat dilihat pada gambar

Analisis stabilitas dilakukan terhadap tiga kondisi pembebanan kapal, yaitu kondisi tanpa muatan (*lightship*), kondisi muatan 50%, dan kondisi muatan penuh (100%). Hasil evaluasi menunjukkan bahwa pada ketiga kondisi tersebut seluruh parameter stabilitas telah memenuhi persyaratan *IMO Resolution MSC.267(85) Chapter 2 – General Intact Stability Criteria*. Nilai luas area di bawah kurva GZ pada rentang 0°–30°, 0°–40°, dan 30°–40° pada setiap kondisi selalu lebih besar daripada batas minimum yang dipersyaratkan. Selain itu, nilai Maximum GZ berada pada kisaran 0,247–0,341 m, dengan sudut terjadinya GZ maksimum antara 33,6°–53,6°, sehingga telah melampaui persyaratan minimum yaitu 0,200 m pada sudut minimal 25°. Nilai Initial GM juga memenuhi persyaratan dengan kisaran 0,407–0,626 m, jauh di atas batas minimum 0,150 m, yang menunjukkan bahwa kapal memiliki stabilitas awal yang baik pada seluruh kondisi pembebanan.

Berdasarkan hasil analisis tersebut, dapat disimpulkan bahwa desain kapal angkutan Tandan Buah Segar (TBS) memiliki karakteristik stabilitas yang baik dan memenuhi seluruh kriteria stabilitas utuh yang dipersyaratkan oleh IMO. Meskipun terjadi perubahan nilai GM dan GZ akibat variasi pembebanan, seluruh kondisi masih berada dalam batas aman dan mampu menghasilkan momen penegak yang memadai untuk mengembalikan kapal ke posisi tegak setelah mengalami kemiringan. Dengan demikian, desain kapal dinilai layak dan aman untuk dioperasikan pada kondisi tanpa muatan, muatan 50%, maupun muatan penuh sebagai sarana transportasi TBS di Sungai Kampar Kiri Tengah.

4.9 Menentukan hambatan dan *Engine Power*

4.9.1 Menentukan Hambatan Kapal

Menentukan hambatan kapal dan *engine power* yaitu untuk mendapatkan berapa besar hambatan yang akan berpengaruh dengan daya yang akan dibutuhkan oleh kapal. Besarnya hambatan kapal sangat berpengaruh pada kecepatan dinas kapal, oleh karena itu pentingnya menghitung besarnya hambatan yang di alami oleh kapal saat berlayar. Dalam menghitung hambatan pada kapal ini menggunakan *software hullspeed*. Berikut merupakan parameter parameter yang didapatkan dari proses optimasi *principal dimension* dengan menggunakan *software maxsurf hullspeed* sebagai berikut:

$$L = 9,1 \text{ Meter}$$

$$B = 2,5 \text{ Meter}$$

$$H = 1,4 \text{ Meter}$$

$$T = 0,45 \text{ Meter}$$

$$Cb = 0,831$$

$$Vs = 7 \text{ Knot}$$

Dalam penelitian ini, perhitungan hambatan kapal menggunakan metode *KR Barge Resistance Analysis*. Metode ini merupakan pendekatan empiris yang digunakan untuk memperkirakan hambatan kapal tipe *barge* atau kapal berlambung datar (*flat-bottom*) yang beroperasi pada kecepatan rendah hingga sedang. Metode

ini mempertimbangkan karakteristik utama lambung *barge* yang memiliki bentuk sederhana, koefisien blok tinggi, serta dominasi hambatan gesek dan hambatan gelombang pada kondisi operasionalnya.

Pada perencanaan kapal angkutan Tandan Buah Segar (TBS) kelapa sawit di Sungai Kampar Kiri Tengah, metode *KR Barge* digunakan untuk menghitung besarnya hambatan total kapal berdasarkan dimensi utama, sarat, kecepatan operasi, dan karakteristik lambung. Hasil perhitungan hambatan tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam menentukan kebutuhan daya mesin (*engine power*) sehingga kapal mampu beroperasi secara aman, efisien, dan sesuai dengan kondisi perairan sungai yang relatif dangkal serta memiliki kecepatan arus yang rendah. Perhitungan hambatan total yang ditentukan pada kecepatan kapal 7 *knot* dengan menerapkan analisis metode *KR Barge*. Pada *software Resistance* dapat mengestimasi besarnya tahanan yang dihasilkan dari suatu desain kapal yang dapat dilihat pada

Tabel 4. 17 Data Kapal pada Software *Maxsurf Resistance*

	ITEM	VALUE	UNIT	KR BARGE
1	LWL	8,708	m	--
2	Beam	2,475	m	--
3	Draft	0,45	m	--
4	Displaced volume	7,945	m ³	--
5	Wetted area	25,988	m ²	25,988
6	Prismatic coeff. (Cp)	0,843		--
7	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,965		--
8	1/2 angle of entrance	30,7	deg.	--
9	LCG from midships(+ve for'd)	-0,188	m	--
10	Transom area	0	m ²	--
11	Transom wl beam	0	m	--
12	Transom draft	0	m	--
13	Max sectional area	1,083	m ²	1,083
14	Bulb transverse area	0	m ²	--
15	Bulb height from keel	0	m	--
16	Draft at FP	0,45	m	--
17	Deadrise at 50% LWL	0	deg.	--
18	Hard chine or Round bilge	Hard chine		--

19				
20	<i>Frontal Area</i>	0	m ²	
21	<i>Headwind</i>	0	kn	
22	<i>Drag Coefficient</i>	0		
23	<i>Air density</i>	0,001	tonne/m ³	
24	<i>Appendage Area</i>	0	m ²	
25	<i>Nominal App. length</i>	0	m	
26	<i>Appendage Factor</i>	1		
28	<i>Correlation allowance</i>	<i>use 19th ITTC formulation</i>		
29	<i>Kinematic viscosity</i>	0,0000011883	m ² /s	
30	<i>Water Density</i>	1	tonne/m ³	

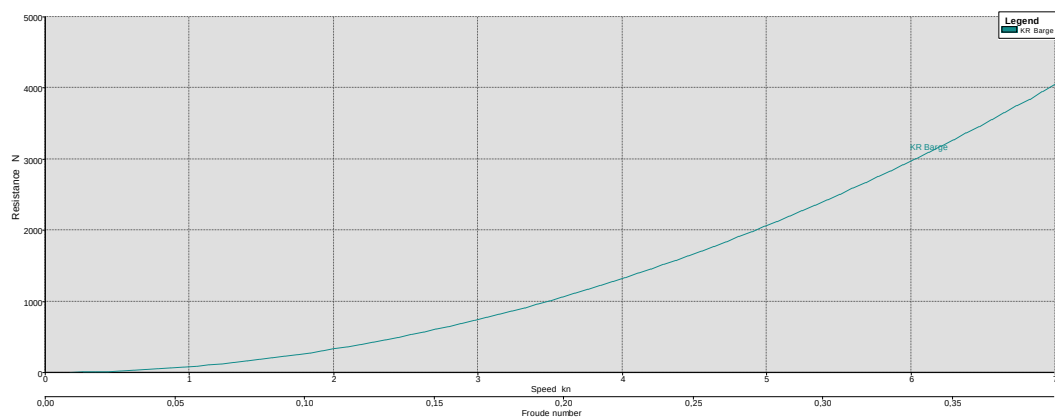
Besarnya hasil running yang dilakukan untuk menggerakkan kapal agar dapat berlayar sesuai dengan kecepatan yang diinginkan. Daya yang dihasilkan tersebut merupakan daya keluaran pada kondisi *service*, besarnya daya adalah 55% dari daya maksimum yang dihasilkan yaitu dalam kecepatan 7 *knot* mendapatkan. Berikut hasil input result dapat dilihat pada Table

Tabel 4. 18 Data Resistance (KR Barge)

	<i>SPEED</i>	<i>FRUDE NO LWL</i>	<i>FRUDE VOL</i>	<i>KR BARGE RESIST</i>	<i>POWER(KW)</i>
1	0	0	0	--	--
2	0,2	0	0,02	2,53	0
3	0,4	0	0,041	10,11	0,003
4	0,5	0	0,061	22,75	0,011
5	0,7	0	0,081	40,45	0,026
6	0,9	0	0,102	63,2	0,052
7	1,1	0,1	0,122	91,01	0,089
8	1,2	0,1	0,142	123,88	0,142
9	1,4	0,1	0,163	161,8	0,212
10	1,6	0,1	0,183	204,78	0,302
11	1,8	0,1	0,203	252,82	0,414
12	1,9	0,1	0,224	305,91	0,551
13	2,1	0,1	0,244	364,06	0,715
14	2,3	0,1	0,265	427,26	0,909
15	2,5	0,1	0,285	495,52	1,136
16	2,6	0,1	0,305	568,84	1,397
17	2,8	0,2	0,326	647,21	1,695
18	3	0,2	0,346	730,64	2,033
19	3,2	0,2	0,366	819,13	2,413
20	3,3	0,2	0,387	912,67	2,838

21	3,5	0,2	0,407	1011,27	3,311
22	3,7	0,2	0,427	1114,92	3,832
23	3,9	0,2	0,448	1223,63	4,406
24	4	0,2	0,468	1337,4	5,035
25	4,2	0,2	0,488	1456,22	5,721
26	4,4	0,2	0,509	1580,1	6,466
27	4,6	0,3	0,529	1709,04	7,273
28	4,7	0,3	0,549	1843,03	8,145
29	4,9	0,3	0,57	1982,08	9,084
30	5,1	0,3	0,59	2126,19	10,093
31	5,3	0,3	0,61	2275,35	11,173
32	5,4	0,3	0,631	2429,57	12,328
33	5,6	0,3	0,651	2588,84	13,56
34	5,8	0,3	0,672	2753,17	14,872
35	6	0,3	0,692	2922,56	16,265
36	6,1	0,3	0,712	3097	17,743
37	6,3	0,4	0,733	3276,5	19,308
38	6,5	0,4	0,753	3461,06	20,962
39	6,7	0,4	0,773	3650,67	22,708
40	6,8	0,4	0,794	3845,34	24,548
41	7	0,4	0,814	4045,06	26,485

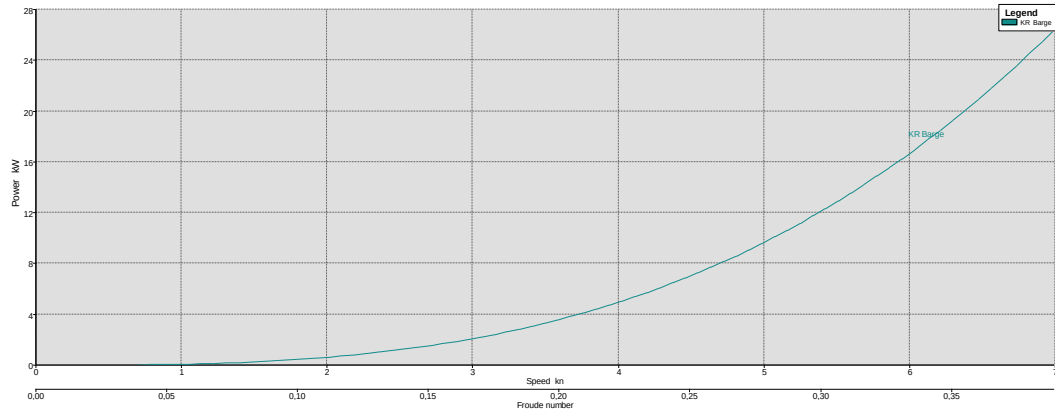
Adapun grafik *Speed vs Resistance* dan *speed vs power* dapat dilihat pada grafik Gambar



Gambar 4. 13 Grafik *Resistance vs Speed*

Berdasarkan grafik *Resistance vs Speed* hasil analisis menggunakan metode *KR Barge* pada perangkat lunak *Maxsurf Resistance*, hambatan kapal mengalami peningkatan seiring bertambahnya kecepatan. Pada kecepatan maksimum 7 *knot*,

hambatan total kapal mencapai 4045 N, dengan *Effective Power* (EHP) sebesar 26,48 kW.



Gambar 4. 14 Grafik *Power vs Speed*

Berdasarkan grafik *Power vs Speed* hasil analisis menggunakan metode *KR Barge* pada perangkat lunak *Maxsurf Resistance*, kebutuhan daya kapal meningkat seiring bertambahnya kecepatan operasi. Pada kecepatan maksimum 7 *knot*, hasil analisis menunjukkan *Effective Power* (EHP) sebesar 26,48 kW. Setelah

Peningkatan kebutuhan daya tersebut disebabkan oleh bertambahnya hambatan kapal yang harus diatasi seiring meningkatnya kecepatan. Pola kenaikan daya ini sesuai dengan karakteristik kapal bertipe *flat-bottom barge* yang beroperasi pada kondisi displacement, sehingga kebutuhan daya meningkat secara signifikan tanpa mengalami fenomena planing.

Berdasarkan hasil analisis tersebut, untuk mencapai kecepatan operasi 7 *knot*, kapal memerlukan mesin dengan daya sekitar 53 HP. Oleh karena itu, pemilihan mesin harus mempertimbangkan kebutuhan daya tersebut agar performa kapal tetap optimal, terutama saat beroperasi dengan muatan penuh di Sungai Kampar Kiri Tengah, Berikut perhitungan teknis nya:

Diketahui

- Kecepatan kapal = 7 *knot*
- Hambatan total (RT) = 4045 N
- *Effective Power* (EHP) = 26,48 kW
- Efisiensi propulsi (η_D) = 0,55
- Efisiensi poros (η_S) = 0,98
- *Service Rating* = 0,85

$$V = 7 \times 0,5144 = 3,6008 \text{ m/s} \approx 3,601 \text{ m/s}$$

1. *Effective Power*

$$\text{EHP} = \text{RT} \times V$$

$$\text{EHP} = 4045,46 \times 3,601$$

$$\text{EHP} = 14,57 \text{ kW}$$

2. *Delivered power*

$$\text{DHP} = \frac{\text{EHP}}{\eta_D}$$

$$= \frac{14,57}{0,55} = 26,49 \text{ kW}$$

3. *Shaft power*

$$\text{DHP} = \frac{\text{SHP}}{\eta_S}$$

$$= \frac{26,49}{0,98} = 27,03 \text{ kW}$$

$$= 27,03 \times 1,341 = 36,25 \text{ hp}$$

4. *Brake power*

$$\text{BHP} = \text{SHP} = 36,25 \text{ hp}$$

5. *Installed power*

$$\begin{aligned}
 P_{\text{installed}} &= \frac{\text{BHP}}{0,85} \\
 &= \frac{36,25}{0,85} \\
 &= 42,65 \text{ Hp}
 \end{aligned}$$

4.9.2 *Engine Power*

Berdasarkan hasil analisis *Power vs Speed* menggunakan metode KR Barge pada perangkat lunak *Maxsurf Resistance*, kebutuhan daya kapal meningkat seiring dengan bertambahnya kecepatan operasi. Pada kecepatan desain 7 *knot*, diperoleh hambatan total sebesar 4,045 kN. Berdasarkan nilai hambatan dan kecepatan tersebut, diperoleh *Effective Power* (EHP) sebesar 14,57 kW. Dengan mempertimbangkan efisiensi propulsi sebesar 55%, diperoleh *Delivered Power* (DHP) sebesar 26,49 kW. Selanjutnya, dengan efisiensi poros sebesar 98%, diperoleh *Shaft Power* (SHP) sekaligus *Brake Power* (BHP) sebesar 27,03 kW atau sekitar 36,25 HP. Dengan demikian, kebutuhan daya mesin secara perhitungan adalah sekitar 43 HP. Pemilihan mesin tidak dilakukan tepat pada nilai kebutuhan tersebut karena mesin tidak dianjurkan bekerja secara terus-menerus pada 100% MCR. Oleh karena itu, dipilih mesin dengan daya nominal 60 HP. Pada kebutuhan daya sebesar 42,65 HP, mesin 60 HP akan bekerja sekitar 71,1% MCR, sehingga masih berada di bawah batas *service rating* 85% dan memberikan cadangan daya untuk mengantisipasi kondisi operasional seperti arus Sungai Kampar Kiri Tengah, perubahan kondisi perairan, hambatan tambahan akibat fouling lambung, manuver, perubahan kondisi propeler, serta pengoperasian kapal pada kondisi muatan penuh.

Adapun spesifikasi mesin yang sesuai dengan yang dibutuhkan oleh kapal

Tabel 4. 19 Data Spesifikasi Mesin Tempel 60 EFI

Parameter	Spesifikasi
Merek	Mercury Marine
Model	60 EFI FourStroke
Daya Maksimum	60 HP (44,7 kW)
Tipe Mesin	4-Stroke, SOHC
Jumlah Silinder	<i>Inline 4</i>
Kapasitas Silinder	995 cc
Putaran Maksimum	5.500–6.000 rpm
Sistem Bahan Bakar	<i>Electronic Fuel Injection (EFI)</i>
Sistem Pendingin	<i>Water-cooled with Thermostat</i>
Starter	<i>Electric</i>
Alternator	18 A
Rasio Gear	2.33 : 1
Berat Kering	112 kg
Steering	<i>Remote Steering</i>
Trim	<i>Power Trim & Tilt</i>

4.10 Pembuatan Miniatur

Miniatur kapal dibuat berdasarkan hasil desain *Lines Plan* dan *General Arrangement* dengan menggunakan skala 1:13. Skala tersebut berarti setiap ukuran pada kapal sebenarnya dibagi 13 untuk memperoleh ukuran pada miniatur. Dengan panjang kapal sebenarnya 9,1 m, maka panjang miniatur yang dihasilkan adalah 70 cm. Pembuatan miniatur dilakukan dengan mengacu pada bentuk lambung dan tata letak komponen kapal sesuai gambar perencanaan. Tahapan pembuatan meliputi penggambaran ukuran berdasarkan skala, pembuatan bentuk dasar lambung, pemasangan konstruksi dan geladak, pembuatan ruang muat, wheelhouse, serta pemasangan komponen pendukung seperti conveyor dan perlengkapan lainnya. Setiap dimensi utama miniatur disesuaikan dengan skala 1:13 sehingga bentuk dan

proporsi miniatur dapat merepresentasikan desain kapal sebenarnya. Miniatur yang dihasilkan digunakan sebagai bentuk visualisasi dari hasil perencanaan kapal serta sebagai representasi bentuk *Lines Plan* dan *General Arrangement* yang telah dirancang, berikut langkah dalam pembuatan miniatur:

4.10.1 Marking dan cutting

Pada proses marking agar menghasilkan bentuk yang presisi dan sesuai dengan bentuk *design* dan skala yang diinginkan, maka dalam hal ini menggunakan *software maxsuft structure* yang selanjutnya di *export* ke AutoCad kemudian print dalam kertas A untuk setiap bagian- bagian kapal. Selanjutnya pada tahap *cutting* dilakukan sesuai pola pada PVC 2mm untuk station dan 1mm untuk lambung kapal.



Gambar 4. 15 Proses *Cutting* PVC

4.10.2 Proses *Fit Up*

Setelah didapat bagian-bagian kapal dari proses *cutting* selanjutnya dilakukan proses *fit-up pada frame* dengan jarak yang telah ditentukan, pemasangan kulit lambung, deck, dan lainnya.



Gambar 4. 16 Miniatur yang sudah diFit Up

4.10.3 Proses Pendempulan

Pendumpulan merupakan proses lanjutan setelah pesangan kulit lambung, dan kontruksi kapal yang bertujuan untuk mengisi bagian yang terdapat celah atau rongga-rongga, kemudian dilakukan proses pengamplasan yang bertujuan agar permukaan menjadi halus dan mulus supaya mendapatkan hasil painting yang bagus.



Gambar 4. 17 Bodi Miniatur yang sudah di Dempul

4.10.4 Proses Painting

Pengecatan merupakan tahap akhir dari pengerjaan ini, dapat dilakukan jika semua bagian-bagian pada kapal selesai (tidak ada yang kurang), pengecatan dilakukan menggunakan cat pilox dengan cara bertahap untuk setiap lapisan nya tipis tapi rata dan tunggu hingga dapat dilakukan tahap lapisan berikutnya. ± 10 menit untuk tiap lapisannya.



Gambar 4. 18 Proses *Painting*

4.10.5 *Finishing*

Proses terakhir yaitu *finishing* dengan melakukan pemasangan seluruh komponen yang ada pada kapal dan melakukan pengecatan akhir pada miniatur kemudian agar dapat diletaka dalam kaca.



Gambar 4. 19 Miniatur yang sudah di *Finishing*

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perencanaan desain kapal angkutan TBS kelapa sawit di Sungai Kampar Kiri Tengah, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Ukuran utama kapal yang diperoleh berdasarkan kebutuhan pengangkutan TBS sebesar 10,5 ton/hari dengan 3 trip per hari adalah kapasitas angkut 3,5 ton/trip. Kapal yang direncanakan memiliki LOA 9,1 m, LPP 8,9 m, lebar 2,5 m, tinggi 1,4 m, dan sarat 0,45 m. Ukuran tersebut disesuaikan dengan kebutuhan kapasitas muatan serta kondisi alur Sungai Kampar Kiri Tengah. Hasil perhitungan juga menunjukkan Under Keel Clearance (UKC) operasional sebesar 0,85 m, sehingga kapal memiliki jarak aman antara lunas dan dasar sungai pada kondisi kedalaman minimum yang ditinjau.
2. Desain Lines Plan dan General Arrangement telah diperoleh berdasarkan ukuran utama dan kebutuhan operasional kapal. Lines Plan digunakan sebagai dasar dalam menentukan bentuk lambung kapal, sedangkan General Arrangement digunakan untuk menentukan tata letak ruang, area muatan, peralatan, dan komponen utama kapal. Hasil desain tersebut menjadi dasar dalam proses pengembangan kapal angkutan TBS dengan kapasitas 3,5 ton/trip.
3. Sistem bongkar muat TBS direncanakan menggunakan conveyor dengan panjang 4 m, lebar 0,5 m, penggerak motor 13 HP, dan kapasitas 8–10 ton/jam. Dengan kapasitas kapal sebesar 3,5 ton/trip, waktu pemindahan satu muatan secara teoritis sekitar 21 menit. Penggunaan conveyor diharapkan dapat mengurangi ketergantungan terhadap proses bongkar muat secara manual dan meningkatkan efisiensi kegiatan distribusi TBS.
4. Miniatur kapal berhasil dibuat berdasarkan hasil desain Lines Plan dan General Arrangement. Proses pembuatan meliputi pemotongan material, *fit-up*, pendempulan, *painting*, hingga *finishing*. Miniatur tersebut menjadi representasi fisik dari desain kapal yang telah direncanakan dan dapat digunakan sebagai media visualisasi bentuk serta tata letak kapal dengan skala 1:13 untuk ukuran miniatur LOA 70 cm, B 19,23 cm, H 10,77 cm, dan T 3,46 cm.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan analisis kondisi operasi yang lebih komprehensif, terutama pengaruh variasi arus sungai, perubahan muka air, dan kondisi lingkungan terhadap performa serta stabilitas kapal.
2. Perlu dilakukan analisis kekuatan struktur kapal secara lebih detail untuk memastikan konstruksi lambung, geladak, dan komponen pendukung mampu menerima beban operasional, terutama beban muatan TBS sebesar 3,5 ton.
3. Sistem conveyor dapat dikembangkan lebih lanjut melalui optimasi kapasitas, sistem penggerak, mekanisme pengaturan posisi, serta konsumsi energi sehingga proses bongkar muat dapat berlangsung lebih efektif dan efisien.
4. Sebelum desain direalisasikan dalam ukuran sebenarnya, disarankan dilakukan pengujian model (*model test*) dan *sea trial*/uji coba operasional untuk memvalidasi hasil perhitungan desain, performa kapal, sistem bongkar muat, serta kesesuaian kapal terhadap kondisi Sungai Kampar Kiri Tengah.
5. Penelitian selanjutnya juga disarankan melakukan analisis ekonomi yang meliputi biaya pembangunan, biaya operasional, konsumsi bahan bakar, biaya pemeliharaan, serta potensi efisiensi distribusi TBS sehingga kelayakan kapal tidak hanya ditinjau dari aspek teknis, tetapi juga dari aspek ekonomis.

DAFTAR PUSTAKA

- Antara. (2019). *Tingkatkan perekonomian petani, Desa Simalinyang kembangkan tanaman jambu kristal*. <https://riau.antaranews.com>
- Djamie, R. R. (2016). *Desain waterbus sebagai sarana penunjang pariwisata di Pulau Biawak Kabupaten Indramayu, Jawa Barat* [Tugas akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember].
- Evans, J. M. (1959). *Basic design concept*. *Journal of the American Society of Naval Engineers*, 71(4).
- Hasibuan, E. (2024). *Sistem pengangkutan tandan buah segar (TBS) kelapa sawit (Elaeis guineensis Jacq.) di PT Salim Ivomas Pratama*.
- Hendrik, D. (2019). *Perhitungan hidrostatis pada desain kapal*. Universitas Indonesia. [https://air.eng.ui.ac.id/index.php?title=Perhitungan Hidrostatik Pada Desain Kapal](https://air.eng.ui.ac.id/index.php?title=Perhitungan_Hidrostatik_Pada_Desain_Kapal)
- International Maritime Organization. (2008). Resolution MSC.267(85): Adoption of the International Code on Intact Stability, 2008 (2008 IS Code). International Maritime Organization.
- Kominfo Kabupaten Kampar. (2019). *Peta wilayah Kabupaten Kampar*. <https://kominfosandi.kamparkab.go.id/peta-wilayah/>
- Karya Pemuda. (2017). *Jenis-jenis lambung kapal lengkap dengan pengertian*. WordPress. <https://karyapemuda17.wordpress.com/2017/06/06/jenis-jenis-lambung-kapal-lengkap-dengan-pengertiannya/>
- Pemerintah Kabupaten Kampar. (2023). *Peta wilayah Kabupaten Kampar*. <https://kominfosandi.kamparkab.go.id>
- Politeknik KP Sorong. (2025). *General arrangement*. <https://belajar.polikpsorong.ac.id/file/upload/e37dc500a8a0a6382f9f6964f8d55f9c.pdf>
- Satriawansyah, M. H. (2016). *Desain kapal penumpang katamaran untuk rute Dermaga Boom Marina Banyuwangi–Pelabuhan Benoa* [Skripsi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember].
- Syahrudin, S., Michelim, S., & Nuh, S. M. (2023). *Technical and productivity management study of crushing plant to achieve the target of split stone production in rock mining companies in West Kalimantan*. *Jurnal Teknik Sipil*, 23(3), 307–317. <https://doi.org/10.26418/jts.v23i3.64313>

- Tosadah. (2024). *Mengenal sistem pengangkutan TBS kelapa sawit*.
<https://tosadah.com/mengenal-sistem-pengangkutan-tbs-kelapa-sawit/>
- Yofani. (2025). *Kisah panjang angkutan sawit di aliran Sungai Kampar*. Radio Republik Indonesia. <https://rri.co.id/riau/daerah/1868991/kisah-panjang-angkutan-sawit-di-aliran-sungai-kampar>

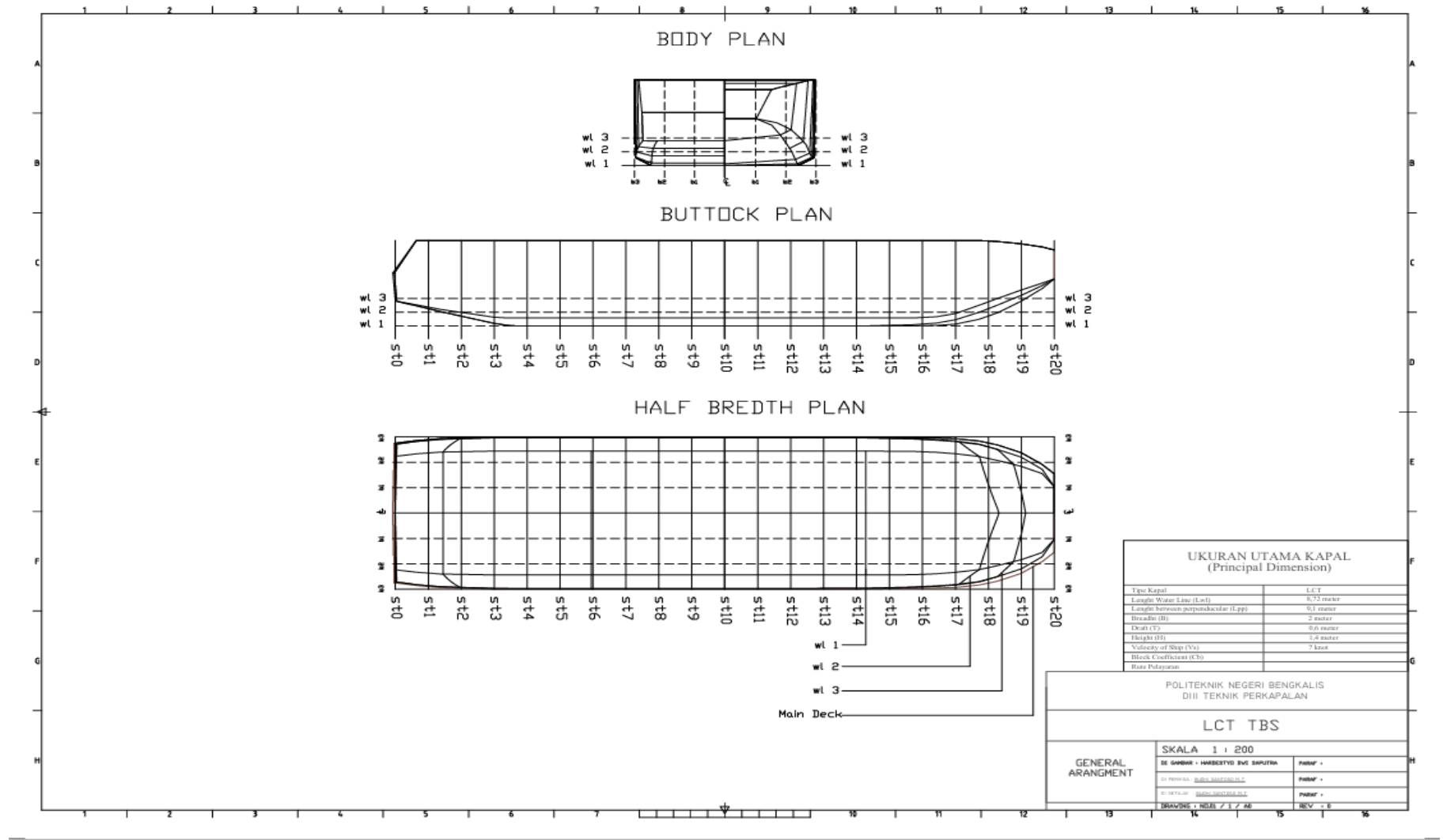
LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Regresi

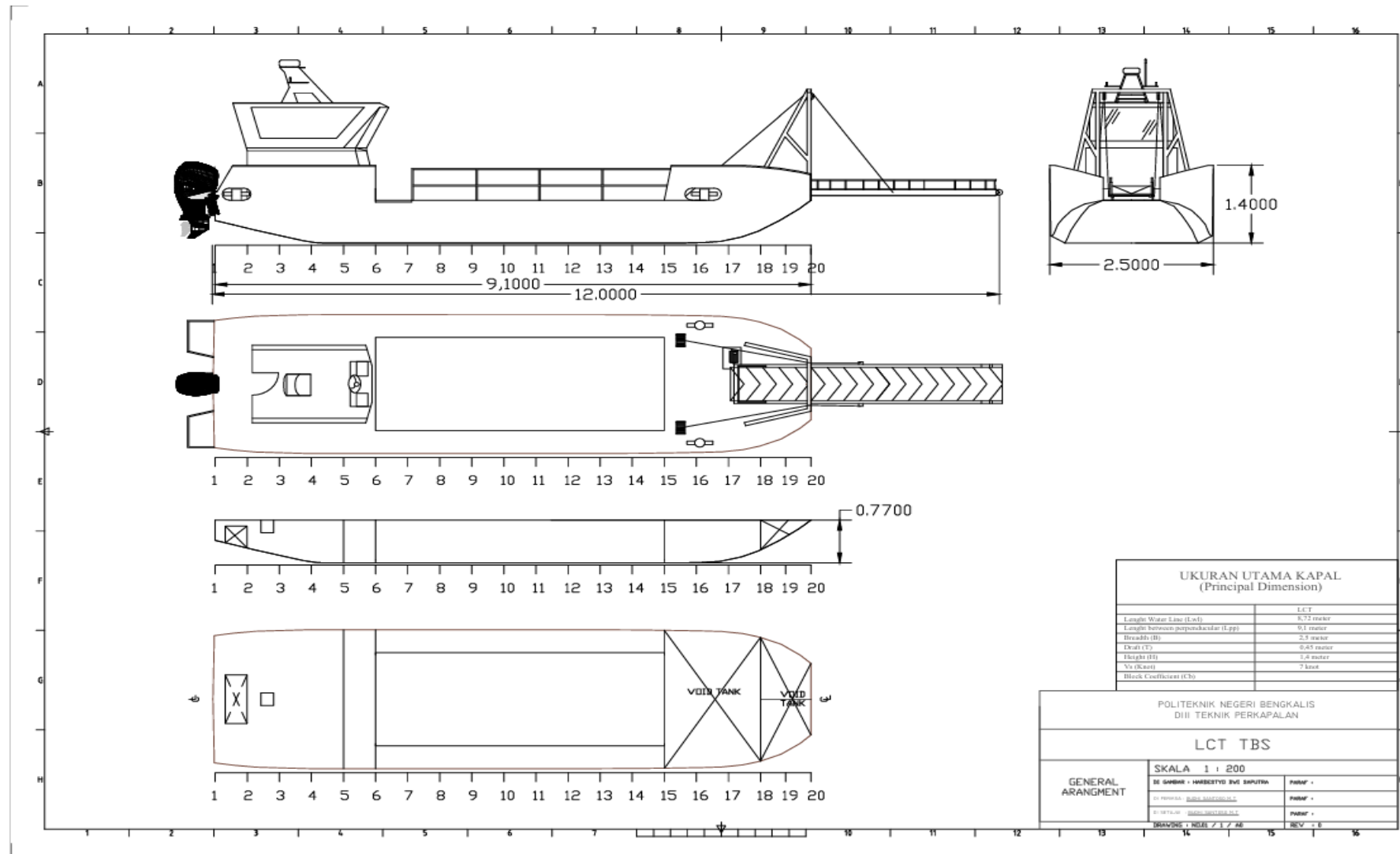
No.	Nama Kapal	Kapasitas Muatan (ton)	LOA	B	H	T	Material Lambung	Jenis Mesin Penggerak	Estimasi Displacement (ton)	Daerah Operasi Ideal	Sumber Data
1	AlaskaSeaKing	2,0	7,90	2,45	1,40	0,35	Marine Grade Aluminium 5083-H116	Outboard 40 HP	2,65	Sungai dan perairan dangkal	Alaska Sea King
2	Poseidon LC-9NR	3,0	9,00	2,45	1,49	0,35	Marine Grade Aluminium 5083-H116	Outboard 60 HP	3,80	Sungai dan pesisir	AllSea Boats
3	Poseidon LC-9WD	3,5	9,00	3,00	1,49	0,31	Marine Grade Aluminium 5083-H116	Twin Outboard 2 × 40 HP	4,45	Sungai lebar dan muara	AllSea Boats
4	AllSea L900	3,5	9,00	3,00	1,49	0,31	Marine Grade Aluminium 5083-H116	Outboard 90 HP	4,50	Jalur logistik sungai	AllSea Boats
5	AllSea L900SC	3,5	9,00	3,00	1,49	0,31	Marine Grade Aluminium 5083-H116	Outboard 90 HP	4,52	Jalur logistik sungai	AllSea Boats
6	Gospel 9L C	3,0	9,00	2,40	1,42	0,35	Marine Grade Aluminium 5083-H116	Outboard 50 HP	3,75	Sungai dan perairan dangkal	Gospel Boat

7	Gospel 9L CW	3,5	9,00	3,00	1,49	0,31	Marine Grade Aluminium 5083-H116	Twin Outboard 2 × 30 HP	4,40	Sungai berkelok (meander)	Gospel Boat
8	Gospel 9m WH	3,5	9,00	3,00	1,49	0,31	Marine Grade Aluminium 5083-H116	Outboard 75 HP	4,42	Sungai pedalaman	Gospel Boat
No.	Nama Kapal	Kapasitas Muatan (ton)	LOA	B	H	T	Material Lambung	Jenis Mesin Penggerak	Estimasi Displacement (ton)	Daerah Operasi Ideal	Sumber Data
9	Wolf Pack 9MS	3,0	9,00	2,50	1,42	0,35	Marine Grade Aluminium 5083-H116	Outboard 60 HP	3,85	Pesisir dan sungai	Wolf Pack Marine
10	Wolf Pack 9MW	3,5	9,00	3,00	1,49	0,31	Marine Grade Aluminium 5083-H116	Twin Outboard 2 × 40 HP	4,48	Sungai dan muara	Wolf Pack Marine

Lampiran 2 *Lines plan* Kapal



Lampiran 3 *General Arragment* Kapal



60 - 40HP EFI

QUIET, RELIABLE, POWERFUL

Welcome to turnkey boating. Mercury Electronic Fuel Injection (EFI) delivers reliable starts, improved fuel efficiency and instant throttle response.

Enjoy mid-size muscle: a compact, single-overhead-cam design and long piston stroke delivers more low-end torque for excellent acceleration.



FOURSTROKE



PERFORMANCE

A compact, single-overhead-cam design and long piston stroke give Mercury 40-60hp FourStroke outboards more low-end torque for excellent acceleration, even when pushing a heavy load.



MERCURY ELECTRONIC FUEL INJECTION (EFI)

Mercury Electronic Fuel Injection (EFI) delivers reliable turnkey starts, improved fuel efficiency, instant throttle response and protection against low-quality-fuel problems.



MERCURY SMARTCRAFT

Previously reserved for higher horsepower engines, full Mercury SmartCraft functionality has now been extended to the 40-60hp models for instant, reliable information displayed on a range of Mercury SmartCraft digital gauges, or on your phone with optional VesselView mobile.



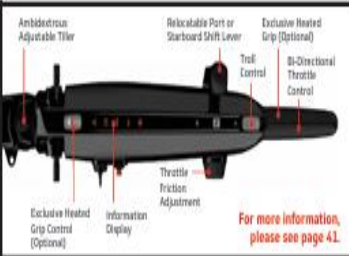
COMMAND THRUST [OPTIONAL]

A complete system with a taller, heavy duty gearcase and larger gear shafts (up to 33% larger than the standard and a robust 2.33:1 gear ratio).

The result is the propeller sits in deeper cleaner, less agitated water and performance is dramatically improved for larger heavier boats. Paired with a larger-diameter propeller, with 20% more surface area, maneuverability and boat-lift are even better.

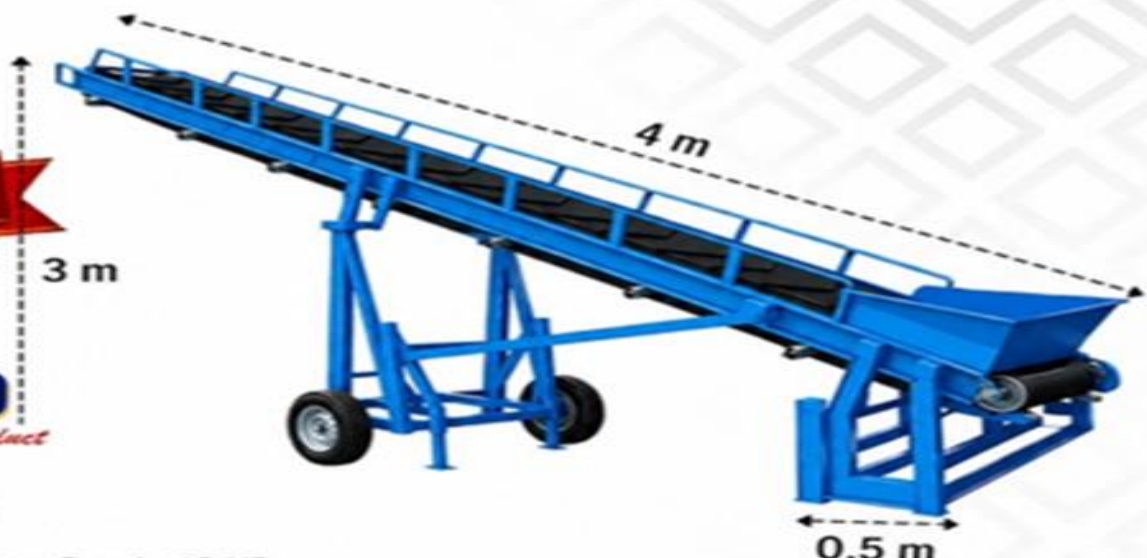
THE MOST INTUITIVE TILLER

- Tiller control with 10rpm increments.
- Most tiller tilt angle adjustments.
- Most side to side angle adjustments.
- Only tiller in market with relocatable port or starboard shift lever.
- Integrated engine information display.
- Industry first heated grip (optional).



For more information, please see page 41.

MOBILE CONVEYOR SAWIT



**SEJAK
BEST QUALITY
2001**

presco
The Quality of Product

SPESIFIKASI :

Penggerak	: Motor Bensin 13 HP
P*L*T	: 4*0.5*3 m
Panjang Belt	: 4 m
Berat	: 110 kg
Kapasitas	: 8 – 10 Ton/jam
Material rangka	: UNP 50 lengan, UNP 80 kaki
Roda	: 2 pcs; 175R14
Ring Vleg	: 2 pcs C 2060, panjang 26 m
Material Belt	: Plat SS 3 mm
Panjang Rantai	: 4 m
Mekanisme Kerja	: Lifting /mengangkat dlm posisi mining

KG
BERAT
110 KG

 KONSTRUKSI KUAT

 MOBILITAS TINGGI

 PERAWAKAN MUDAH

 KHUSUS SAWIT



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,
DAN TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS

Jalan Bathin Alam, Sungai Alam, Bengkalis, Riau 28711
Telepon: (+62766) 24566, Fax imile (+62766) 800 1000
Laman: <http://www.polbeng.ac.id>, E-mail: polbeng@polbeng.ac.id

Nomor : 639/PL31/TU/2026

Bengkalis, 23 Januari 2026

Hal : Permohonan Izin Permintaan Data

Kepada Yth.
Kepala Desa Simalinyang
di
Tempat

Dengan Hormat

Sehubungan dengan dimulainya penyusunan Tugas Akhir Mahasiswa Program Studi D-III Teknik Perkapalan Jurusan Teknik Perkapalan, maka dengan ini kami mohon dengan kerendahan hati agar Bapak/Ibu dapat menerima dan membantu untuk mendapatkan data yang dibutuhkan dalam penelitian yang berkaitan dengan judul Tugas Akhir Mahasiswa kami, yaitu :

Nama : Hardestyo Dwi Saputra
Nim : 1103230025
Judul : "Perencanaan Desain Kapal Pengangkut TBS Kelapa Sawit didesa Simalinyang, Kec. Kampar Kiri Tengah"
Pembimbing : Budhi Santoso, ST., MT

Adapun yang dibutuhkan yakni survei terkait data desain kapal tersebut. Perlu kami tegaskan bahwa data yang Mahasiswa butuhkan hanya akan digunakan untuk keperluan pembuatan Tugas Akhir saja dan tidak akan dipergunakan untuk keperluan lain serta akan tetap terjaga kerahasiaannya.

Demikian surat ini disampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya dihaturkan terima kasih.

Da.n. Direktur
Wakil Direktur I

Ir. Romadhoni, ST., MT
NIP. 198404072019031008



**PEMERINTAH KABUPATEN KAMPAR
KECAMATAN KAMPAR KIRI TENGAH
DESA SIMALINYANG**

Alamat : Jl. Raya Simalinyang No. 2 A Kode Pos : 28475 Email : Simalinyang1983@Gmail.Com

SURAT KETERANGAN

Nomor : 400.1/SML-Kesra/20

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : ZAMRI
Jabatan : Kepala Desa Simalinyang

Dengan ini menerangkan :

Nama : HARDESTYO DWI SAPUTRA
NIM : 1103230025
Universitas : Politeknik Negeri Bengkalis
Program Studi : D-III Teknik Perkapalan
Jurusan : Teknik Perkapalan
Alamat : Desa Perawang Kecamatan. Tualang RT. 01 RW. 06 Kabupaten Siak
Judul Penelitian : "Perencanaan Desain Kapal Pengangkut TBS Kelapa Sawit di Desa Simalinyang Kecamatan Kampar Kiri Tengah"

Bahwa nama yang tersobut diatas benar telah melakukan penelitian dan pengambilan data tentang Perencanaan Desain Kapal Pengangkut TBS Kelapa Sawit di Desa Simalinyang Kecamatan Kampar Kiri Tengah Kabupaten Kampar.

Demikianlah Surat Keterangan ini kami berikan kepada yang bersangkutan agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.



Simalinyang, 30 Januari 2026

Kepala Desa Simalinyang

Lampiran 8 Dermaga Deesa Simalinyang



Lampiran 9 Kondisi Sungai Pasang



Lampiran 10 Kondisi Sungai Surut



Lampiran 11 Mengikuti Petani untuk Wawancara

