

TUGAS AKHIR

DESAIN KONSTRUKSI KAPAL KATAMARAN TIPE AXE BOW LAMBUNG ASIMETRI

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



Oleh:

DANIAH FALISHA
1103230002

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

HALAMAN PENGESAHAN
DESAIN KONSTRUKSI KAPAL KATAMARAN TIPE AXE
BOW LAMBUNG ASIMETRI

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

Oleh :
Daniah Falisha
NIM.1103230002

Disetujui oleh Tim Penguji Skripsi/TA :

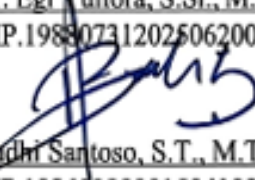
Tanggal Ujian : 6 Agustus 2026
Periode Wisuda : 2026


Muhammad Ikhsan, S.T., M.T.
NIP.198802122022031002

(Pembimbing 1)


Dr. Egi Yuliora, S.Si., M.Si
NIP.198807312025062001

(Pembimbing 2)


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

(Penguji 1)


Nur Audina, S.Pi., M.Si
NIP.199408062022032013

(Penguji 2)


Jupri, M.T.
NIP. 198707012025211080

(Penguji 3)

Bengkalis, 14 Agustus 2026
Ketua Program Studi D-III Teknik Perkapalan


Jupri, M.T.
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 : Budhi Santoso, S.T., M.T.

Tanggal Pengujian : 6 Agustus 2026

Tanda Tangan : 

Nama Penguji 2 : Nur Audina, S.Pi., M.Si

Tanggal Pengujian : 6 Agustus 2026

Tanda Tangan : 

Nama Penguji 3 : Jupri, M.T.

Tanggal Pengujian : 6 Agustus 2026

PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Bengkalis , 06 Agustus 2026



Daniah Falisha
NIM. 1103230002

DESAIN KONSTRUKSI KAPAL KATAMARAN TIPE AXE BOW LAMBUNG ASIMETRI

Nama Mahasiswa : Daniah Falisha

Nim : 1103230002

Dosen Pembimbing I : Muhammad Ikhsan, S.T.,M.T

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

ABSTRAK

Kapal katamaran merupakan salah satu jenis kapal multihull yang memiliki dua lambung yang dihubungkan oleh struktur penghubung dan memiliki karakteristik konstruksi yang berbeda dibandingkan kapal monohull. Penelitian ini membahas desain konstruksi kapal katamaran tipe Axe Bow lambung asimetri dengan menggunakan data utama kapal yang telah ditentukan. Penelitian bertujuan untuk menentukan dimensi elemen konstruksi kapal yang meliputi ketebalan pelat, penegar, profil konstruksi, serta struktur penghubung antar lambung berdasarkan peraturan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI), serta menghasilkan model konstruksi tiga dimensi sebagai representasi desain konstruksi kapal. Metode yang digunakan meliputi studi literatur, pengumpulan dan pengolahan data utama kapal, penentuan material, perhitungan faktor material dan faktor koreksi kecepatan, penentuan beban desain, perhitungan ketebalan pelat dan modulus penampang elemen konstruksi, serta pemodelan menggunakan *Rhinoceros 3D*. Perancangan menggunakan *Aluminium Alloy 5083-H116* mengacu pada ketentuan BKI yang berlaku untuk perencanaan konstruksi kapal. Hasil perhitungan digunakan untuk menentukan ukuran pelat dan profil konstruksi yang selanjutnya diterapkan pada model tiga dimensi. Hasil penelitian berupa desain konstruksi kapal katamaran tipe *Axe Bow* lambung asimetri yang meliputi pelat lambung dan geladak, gading melintang, gading memanjang, *web frame*, *floor*, *girder*, balok geladak, *cross-deck*, serta elemen konstruksi pendukung lainnya. Pemodelan tiga dimensi yang dihasilkan menggambarkan susunan elemen konstruksi secara keseluruhan dan dapat digunakan sebagai dasar dalam penyusunan gambar konstruksi serta pengembangan desain konstruksi kapal katamaran tipe *Axe Bow* lambung asimetri.

Kata Kunci: Kapal Katamaran, *Axe Bow Asimetri*, *Desain Konstruksi*, *Aluminium Alloy 5083-H116*, BKI, *Rhinoceros 3D*

STRUCTURAL DESIGN OF AN ASYMMETRIC-HULL AXE BOW CATAMARA

Student Name : Daniah Falisha
Student ID Number : 1103230002
Supervisor I : Muhammad Ikhsan, S.T.,M.T
Supervisor II : Egi Yuliora, S.Si., M.Si

ABSTRACT

A catamaran is a type of multihull vessel consisting of two hulls connected by a bridging structure and has structural characteristics that differ from those of a monohull vessel. This study discusses the structural design of an asymmetric-hull Axe Bow catamaran based on predetermined principal dimensions. The purpose of this study is to determine the dimensions of the ship's structural elements, including plate thickness, stiffeners, structural profiles, and connecting structures between the two hulls, in accordance with the rules of Biro Klasifikasi Indonesia (BKI), and to produce a three-dimensional structural model as a representation of the proposed structural design. The research method includes a literature review, collection and processing of the vessel's principal data, material selection, determination of material factors and speed correction factors, calculation of design loads, determination of plate thicknesses and section moduli of structural elements, and three-dimensional modeling using Rhinoceros 3D. The structural design employs Aluminium Alloy 5083-H116 in accordance with the applicable BKI requirements for ship structural design. The calculation results are used to determine the dimensions of plates and structural profiles, which are subsequently implemented in the three-dimensional model. The results of this study consist of the structural design of an asymmetric-hull Axe Bow catamaran, including hull and deck plating, transverse frames, longitudinal frames, web frames, floors, girders, deck beams, cross-deck structures, and other supporting structural elements. The resulting three-dimensional model illustrates the overall arrangement of the structural elements and can serve as a basis for preparing structural drawings and for further development of the structural design of an asymmetric-hull Axe Bow catamaran.

Keywords: *Catamaran, Asymmetric Axe Bow, Structural Design, Aluminium Alloy 5083-H116, BKI, Rhinoceros 3D*

KATA PENGANTAR

Segala puji hanya milik Tuhan Yang Maha Kuasa atas berkat, kasih dan rahmat-Nya penulis mampu menyelesaikan Laporan 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. Kedua orang tua saya Bapak Muhlis dan Ibu Farida Samosir terima kasih atas doa dan dukungan materi daan adik adik saya ahmad yazid serta naila NTB serta kasih sayang nya kepada penulis sehingga penulis mampu menjadi manusia yang bertanggung jawab terutama bertanggung jawab dalam Pendidikan.
2. Bapak Muhammad Ikhsan S.T., M.T selaku Ketua Jurusan Program Studi Teknik Perkapalan, Politeknik Negeri Bengkalis dan sekaligus sebagai dosen pembimbing satu saya dalam penyelesaian laporan tugas akhir, terimakasih atas masukan, bimbingan, dan saran yang diberikan kepada penulis.
3. Bapak Siswandi.B, S.T., M.T selaku Sekretaris Jurusan Teknik Perkapalan, Politeknik Negeri Bengkalis.
4. Bapak Jupri.,M.T selaku Ketua Program Studi D-III Teknik Perkapalan, Politeknik Negeri Bengkalis.
5. Bapak Pardi, S.T.,M.T selaku Wali Dosen penulis Sekaligus Koordinator TA terimakasih atas masukan, bimbingan, dan saran yang diberikan kepada penulis.
6. Ibu Dr. Egi Yuliora, S.Si., M.Si, selaku dosen pembimbing dua saya dalam penyelesaian laporan tugas akhir, terimakasih atas masukan, bimbingan, dan saran yang diberikan kepada penulis.
7. Seluruh dosen Jurusan Teknik Perkapalan yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.
8. Kepada rekan seperjuangan D3 TP Angkatan 23 dan teman-teman yang tidak dapat diucapkan satu persatu, terimakasih banyak tetap memberi semangat dan ikut serta meramaikan suasana positif dalam pembuatan laporan ini tanpa

saling menjatuhkan.

Penulis menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan dan masih banyak kekurangan dari segi kualitas dan kuantitas maupun dari ilmu pengetahuan yang penulis kuasai. Oleh karena itu, saya selaku penulis mohon kritik dan saran yang bersifat membangun untuk menyempurnakan pembuatan laporan dimasa mendatang. Atas perhatian dan waktunya penulis ucapkan sekian dan terimakasih.

Bengkalis, 28 Januari 2026

Penulis

Daniah Falisha
Nim. 1103230002

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>.....	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian/Perancangan.....	4
1.5 Manfaat.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Landasan Teori.....	5
2.2 Pengertian Konstruksi.....	6
2.3 Jenis Konstruksi kapal Catamaran Tipe <i>Axe Bow</i>	6
2.3.1 Sistem Konstruksi Simetri	6
2.3.2 Sistem Konstruksi Asimetri.....	7
2.4 Kapal Katamaran.....	7
2.5 Kapal <i>Axe Bow</i>	8
2.6 Perhitungan konstruksi BKI.....	8
2.6.1 Rumus Faktor Material Alumunium	9
2.6.2 Faktor Koreksi Kecepatan (<i>Correction Factor</i>)	9
2.6.3 Beban Desain (Design Load).....	10
2.6.4 Tebal Plat.....	12
2.6.5 Struktur Melintang Profil T	13
2.6.6 Struktur Memanjang Profil I.....	14

2.7	Data Utama Kapal Katamaran	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		16
3.1	<i>Flowchart</i> (Diagram Alir).....	16
3.2	Studi Literatur	17
3.3	Pengumpulan Data	17
3.3.1	Data Ukuran Utama	17
3.3.2	Data <i>General Arrangement</i>	17
3.3.3	Data Model Lambung.....	18
3.3.4	Prangkat Lunak Yang Di Gunakan (Rhino).....	18
3.3.5	Microsoft Excel.....	18
3.3.6	<i>Maxsurf</i>	19
3.3.7	AutoCAD	19
3.4	Tahapan Penelitian	19
3.4.1	Pengumpulan Data Penelitian.....	19
3.4.2	Persiapan Model Lambung.....	19
3.4.3	Persiapan Model Superstructure.....	20
3.4.4	Penggabungan Model	20
3.4.5	Penyusunan Model 3D Kapal.....	20
3.4.6	Perhitungan Konstruksi	20
3.4.7	Pemodelan Konstruksi 3D Berdasarkan Hasil Perhitungan	20
3.4.8	Analisis dan Pembahasan	21
3.4.9	Kesimpulan dan Saran	21
3.5	Tempat dan Waktu Pelaksanaan	21
3.6	Personalia Tugas Akhir	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		23
4.1	Penyusunan Model Tiga Dimensi Kapal.....	23
4.1.1	Data Desain kapal.....	23
4.1.2	Penggunaan Model Lambung.....	24
4.1.3	Penggunaan Model <i>superstruktur</i>	25
4.1.4	Penggabungan Model	27
4.1.5	Hasil Model 3D Kapal.....	27
4.1.6	Material Yang Digunakan	29

4.2	Perhitungan Konstruksi Kapal	29
4.2.1	Faktor koreksi Kecepatan	29
4.2.2	Beban Desain (Desain Load).....	35
4.2.3	Perhitungan Tebal Plat	38
4.2.4	Perhitungan gading melintang (Transverse Frame)	44
4.2.5	Rekapitulasi Rekomendasi Profil Konstruksi.....	63
4.2.6	Berat Konstruksi Kapal	64
4.3	Hasil Desain Kapal.....	66
4.3.1	Hasil Pemodelan 3D Konstruksi Kapal	66
4.3.2	Tampilan 2D (Side View) Elemen Konstruksi Kapal Katamaran Tipe <i>Axe Bow</i> Lambung Asimetri	69
4.3.3	Tampilan 2D Konstruksi Stern Area Frame 1 Kapal Katamaran Tipe <i>Axe Bow</i> Lambung Asimetri Stern Area Frame 1	69
4.3.4	Tampilan 2D Penampang Melintang Stern Area Frame 6 Kapal Katamaran Tipe <i>Axe Bow</i> Lambung Asimetri	70
4.3.5	Konstruksi 2D Midship Area Frame 12 Kapal Katamaran Tipe <i>Axe Bow</i> Lambung Asimetri	71
4.3.6	Konstruksi 2D Bow Area Frame 22 Kapal Katamaran Tipe <i>Axe Bow</i> Lambung Asimetri	72
4.3.7	Konstruksi 2D Bow Area Frame 22 Kapal Katamaran Tipe <i>Axe Bow</i> Lambung Asimetri	73
4.4	Pembahasan.....	73
4.4.1	Analisis Faktor Koreksi Kecepatan	74
4.4.2	Pembahasan Beban Desain (<i>Design Load</i>).....	74
4.4.3	Pembahasan Ketebalan Pelat	75
4.4.4	Pembahasan Pemilihan Profil Konstruksi	75
BAB V PENUTUP		76
5.1	Kesimpulan	76
5.2	Saran.....	76
DAFTAR PUSTAKA.....		78

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Lines Plane Axe Bow Asimetri	2
Gambar 2.1 Logo Biro Klasifikasi Indonesia.....	6
Gambar 2.2 Kapal Axe Bow	8
Gambar 2.3 Ketentuan Faktor Koreksi Kecepatan.....	9
Gambar 2.4 Ketentuan Beban Desain Shell Bottom dan Shell Side	11
Gambar 2.5 Ketentuan Beban Desain Dack Load.....	11
Gambar 2.6 Ketentuan Tebal Plat	12
Gambar 2.7 Ketentuan Profil T	13
Gambar 2.8 Ketentuan Profil L	14
Gambar 3.1 Flowchart.....	16
Gambar 3.2 General Arragment Axe Bow Asimetris	18
Gambar 4.1 General Arragment Axe Bow Asimetris	24
Gambar 4.2 Model lambaung kapal yang digunakan sebagai data pendukung dalam penyusunan model tiga dimensi kapal	25
Gambar 4.3 Superstruktur kapal yang digunakan sebagai data pendukung dalam penyusunan model tiga dimensi kapal.....	26
Gambar 4. 4 Bentuk Penggabungan Lambung kapal	27
Gambar 4.5 Bentuk kapal katamaran wisata tipe axe bow.....	28
Gambar 4.6 Detail Penerapan 2D Transverse Frame T 60 × 60 × 6 mm.....	49
Gambar 4.7 Detail Penerapan 2D Web Frame T 80 × 80 × 8 mm.....	52
Gambar 4.8 Detail Penerapan 2D Wrang 125 × 125 × 10 mm	55
Gambar 4.9 Detail Penerapan Deck Transverse Beam T 60 × 60 × 6 mm	58
Gambar 4.10 Detail Penerapan Bottom Longitudinal L 60×40×5 mm.....	61
Gambar 4.11 Hasil pemodelan tampak isometrik 3D konstruksi kapal katamaran	66
Gambar 4.12 Tampak Atas (Top View) Model Konstruksi 3D Kapal Katamaran Axe Bow Asimetri.....	67

Gambar 4. 13 Menunjukkan tampak haluan model konstruksi 3D kapal katamaran axe bow asimetri Asimetri.....	67
Gambar 4.14 Tampak Bawah (Bottom View) Model Konstruksi 3D Kapal Katamaran Axe Bow Asimetri	68
Gambar 4.15 Tampilan 2D (Side View) Elemen Konstruksi Kapal Katamaran Tipe Axe Bow Lambung Asimetri	69
Gambar 4.16 2D Konstruksi Stern Area Frame 1 Kapal.....	70
Gambar 4.17 Gambar 2D Penampang Melintang Stern area frame 16.....	70
Gambar 4.18 Gambar 2D Penampang Melintang Midship Area Frame 12.....	71
Gambar 4.19 Gambar 2D Penampang Melintang	72
Gambar 4.20 Gambar 2D Penampang Melintang	73

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Data Utama Kapal	15
Tabel 2.2 Data pembuatan Rencana Umum (General Arrangement)	15
Tabel 3. 1 Data Utama Kapal	17
Tabel 4.1 Ukuran Utama Kapal.....	23
Tabel 4.2 Rekapitulasi Koreksi Kecepatan	35
Tabel 4.3 Rekapitulasi Disign Load	38
Tabel 4.4 Rekapitulasi Tebal Plat.....	44
Tabel 4.5 Rekapitulasi Profil T (Elemen Melintang)	64
Tabel 4.6 Rekapitulasi Profil l (Elemen memanjang)	64
Tabel 4.7 Rekapitulasi Berat Plate Konstruksi.....	65
Tabel 4.8 Rekapitulasi Berat Profil Konstruksi.....	65

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi perkapalan menuntut adanya desain dan konstruksi kapal yang tidak hanya memenuhi aspek keselamatan, tetapi juga mampu memberikan performa operasional yang optimal pada berbagai kondisi perairan. Salah satu bentuk kapal yang berkembang untuk memenuhi kebutuhan tersebut adalah kapal katamaran. Kapal katamaran memiliki dua lambung (*demihull*) yang dihubungkan oleh struktur penghubung, sehingga memberikan keunggulan dalam hal stabilitas, luas geladak, dan efisiensi operasional dibandingkan kapal *monohull*.

Salah satu jenis kapal yang banyak dikembangkan adalah kapal katamaran, yaitu kapal dengan dua lambung yang tersusun sejajar didesain khusus dengan memperhatikan aspek konstruksi yang aman, nyaman, dan sesuai karakteristik perairan setempat. Kapal katamaran dipilih karena memiliki *draft* dangkal yang sesuai untuk perairan muara, stabilitas tinggi, serta area geladak yang lebih luas dibanding monohull (Mohammad Surya Ardiansyah dkk 2025). Namun, pada pengoperasiannya, kapal katamaran masih menghadapi permasalahan berupa hambatan gelombang dan interaksi gelombang antar lambung, terutama saat beroperasi pada kecepatan tinggi.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dikembangkan desain haluan *axe bow*, yaitu bentuk haluan yang ramping dan memanjang secara vertikal sehingga mampu memotong gelombang dengan lebih efektif. Penerapan *axe bow* diketahui dapat mengurangi gaya tumbukan gelombang (*slamming*) serta meningkatkan performa hidrodinamika kapal. Desain ini kemudian dikombinasikan dengan konsep lambung asimetri pada kapal katamaran sebagai upaya untuk mengurangi fenomena *wave interference* dan hambatan total kapal.

penerapan lambung asimetri pada kapal katamaran bertujuan untuk mengurangi interaksi gelombang antar lambung dan menurunkan hambatan total kapal. Namun, bentuk lambung yang tidak simetris menyebabkan distribusi tegangan dan beban struktur menjadi tidak merata. Kondisi ini menuntut analisis

Penulis memilih judul ini karena pembahasan mengenai konstruksi kapal katamaran axe bow asimetri masih terbatas pada penelitian sebelumnya di Program Studi Teknik Perkapalan. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam perancangan konstruksi kapal berdasarkan Rules BKI serta menambah pengetahuan mengenai desain konstruksi kapal katamaran asimetri.

Gambar 1.1 Lines Plan
Sumber: Frizka Rafika (2025)

yang membuat bagian *asimetri* sehingga penulis merencanakan tugas akhir ini sebagai menjadi pembeda dari tugas akhir sebelumnya dikarenakan tugas akhir yang sebelumnya hanya membuat kapal desain kamaran *simetri*.

Dari sekian banyaknya class penulis memilih BKI (*Biro Klasifikasi Indonesia*) untuk digunakan sebagai acuan penulis untuk merancang desain konstruksi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang di atas maka permasalahan yang akan diselesaikan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana proses penyusunan model tiga dimensi kapal katamaran tipe Axe Bow asimetri berdasarkan data desain yang telah ditentukan sebagai dasar perancangan konstruksi kapal.
2. Bagaimana perhitungan konstruksi kapal katamaran tipe axe bow asimetri meliputi faktor koreksi kecepatan, beban desain, ketebalan pelat, serta elemen-elemen konstruksi seperti gading melintang, gading memanjang menggunakan material aluminium berdasarkan rules BKI.
3. Bagaimana hasil desain dan pemodelan 3D konstruksi kapal katamaran tipe axe bow asimetri berdasarkan hasil perhitungan konstruksi sesuai rules BKI.

1.3 Batasan Masalah

Masalah-masalah dalam pelaksanaan laporan Tugas Akhir dibatasi:

1. Kajian performa kapal seperti seakeeping, stabilitas, dan hambatan tidak dianalisis.
2. Desain kapal katamaran tipe axe bow asimetri yang dihasilkan pada pemodelan 3D sebagai representasi dari hasil perhitungan konstruksi.
3. Difokuskan pada aspek konstruksi, meliputi bentuk lambung, sistem rangka, dan tata letak struktur desain kapal katamaran tipe axe bow.

1.4 Tujuan Penelitian/Perancangan

Adapun tujuan dari tugas akhir adalah sebagai berikut:

1. Menyusun model tiga dimensi kapal katamaran tipe *Axe Bow* asimetri berdasarkan data desain yang telah ditentukan sebagai dasar perancangan konstruksi kapal.
2. Melakukan perhitungan konstruksi kapal katamaran tipe *Axe Bow* asimetri yang meliputi faktor koreksi kecepatan, beban desain, ketebalan pelat, serta elemen-elemen konstruksi seperti gading melintang, gading memanjang, *web frame*, *floor/wrang*, dan *girder* melintang alas berdasarkan *Rules* BKI.
3. Mendapatkan *design 3D* konstruksi kapal katamaran tipe *axe bow* asimetri menggunakan *roceroshin*

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari tugas akhir adalah sebagai berikut:

1. Menjadi referensi dan bahan pembelajaran bagi mahasiswa Teknik Perkapalan, khususnya dalam perancangan dan analisis konstruksi kapal katamaran dengan bentuk haluan *axe bow* asimetri.
2. Memberikan contoh penerapan aturan klasifikasi (BKI) dalam perhitungan konstruksi kapal katamaran, meliputi penentuan ukuran dan ketebalan elemen struktur kapal.
3. Menambah kajian ilmiah mengenai desain konstruksi kapal katamaran berbasis pemodelan 3D

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

Biro Klasifikasi Indonesia atau yang biasa disebut BKI merupakan satu-satunya badan usaha yang diberi wewenang oleh pemerintah Republik Indonesia untuk mengklasifikasikan kapal-kapal Indonesia maupun kapal asing yang berada di Indonesia. Sedangkan *klasifikasi* merupakan kegiatan penggolongan kapal berdasarkan konstruksi lambung, mesin dan listrik kapal guna memberikan penilaian mengenai kelaiklautan kapal untuk berlayar (BKI.2021). Menurut Biro Klasifikasi Indonesia (BKI), ketentuan mengenai material konstruksi kapal diatur dalam *Rules for Classification and Construction, (pt.1, Vol.V.), Sec 10 – Rules for Materials*. Volume ini menjelaskan persyaratan material kapal, termasuk aluminium alloy, yang mencakup sifat mekanik, komposisi material, serta ketentuan penggunaannya pada struktur kapal. BKI memperbolehkan penggunaan aluminium alloy sebagai material konstruksi kapal, khususnya untuk kapal cepat dan kapal ringan seperti katamaran. Perencanaan konstruksi kapal katamaran tipe Axe Bow lambung asimetri pada penelitian ini mengacu pada *Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) Rules for the Classification and Construction, Part 3 Volume VII – Rules for Small Vessel up to 24 m, Consolidated Edition 2021*, khususnya *Section 1.F (Metal Hulls)*. Aturan tersebut digunakan sebagai dasar dalam perencanaan konstruksi kapal berbahan aluminium. Ketentuan BKI digunakan sebagai acuan dalam menentukan parameter perhitungan konstruksi, meliputi penentuan faktor koreksi kecepatan (*speed correction factor*), beban desain (*design load*), tebal pelat (*plating thickness*), modulus penampang (*section modulus*), serta dimensi profil penegar (*stiffener*). Seluruh perhitungan dilakukan berdasarkan persamaan dan persyaratan yang tercantum dalam aturan BKI sehingga desain konstruksi yang dihasilkan memenuhi ketentuan klasifikasi.



Gambar 2.1 Logo Biro Klasifikasi Indonesia
Sumber: Biro Klasifikasi Indonesia

2.2 Pengertian Konstruksi

Dalam bidang perkapalan, konstruksi kapal merupakan susunan komponen pada bangunan kapal yang mana terdiri dari badan kapal serta bangunan atas (*Super Structure*). Secara umum konstruksi kapal terdiri dari konstruksi lambung kapal, konstruksi bangunan atas, dan konstruksi pada rumah *geladak*. Pada bagian lambung konstruksi terdiri dari *geladak*, *lunas*, dan lambung. Di bagian bangunan atas pula terdapat konstruksi tambahan yang letaknya berada di atas kapal, memiliki panjang setengah dari *geladak* dan ada pula yang sepanjang *geladak* seperti pada kapal wisata. Selanjutnya konstruksi pada rumah *geladak*. Rumah *geladak* memiliki ukuran yang lebih kecil daripada *geladak* kapal sebagai contohnya yaitu ruangan *navigasi* pada kapal (Maulana Dewantoro, 2023)

2.3 Jenis Konstruksi kapal Catamaran Tipe *Axe Bow*

2.3.1 Sistem Konstruksi Simetri

Konstruksi simetri pada kapal katamaran adalah sistem konstruksi di mana kedua lambung kapal memiliki bentuk, ukuran, dan susunan struktur yang sama serta simetris terhadap sumbu memanjang kapal. Pada konstruksi ini, distribusi beban struktur dan gaya hidrodinamika pada masing-masing lambung relatif seimbang, sehingga respons kapal terhadap beban gelombang dan manuver menjadi lebih stabil.

2.3.2 Sistem Konstruksi Asimetri

Konstruksi asimetri pada kapal katamaran adalah sistem konstruksi di mana bentuk, dimensi, atau karakteristik hidrodinamika antara lambung kanan dan kiri tidak dibuat identik. Perbedaan ini dirancang secara khusus untuk meningkatkan performa kapal, seperti pengurangan hambatan gelombang, peningkatan efisiensi kecepatan, dan penyesuaian terhadap kondisi operasional tertentu. Penerapan konstruksi asimetri banyak digunakan pada kapal cepat dan kapal wisata modern. Berikut merupakan gambar kapal Asimetris *General Arrangement*

Bentuk lambung asimetris secara konsisten menghasilkan hambatan total yang lebih rendah di semua bilangan Froude, khususnya pada kecepatan yang lebih tinggi—hambatan sekitar 10–15% lebih rendah dibandingkan dengan lambung simetris bilangan froude. (*Iamshchikov, E., Janutenienė, J., Mažeika, P., Mickevičienė, R., Villa, D., Zapnickas, T., & Djackov, V. (2025)*)

Bilangan froude adalah bilangan tidak berdimensi yang di gunakan dalam hidrodinamika kapal untuk membandingkan gaya inersia dan gaya gravitasi yang bekerja pada kapal. Bilangan ini penting untuk menilai perilaku gelombang yang ditimbulkan oleh kapal, stabilitas, dan efisiensi geraknya di air.

2.4 Kapal Katamaran

Kapal katamaran merupakan kapal yang memiliki lambung ganda yang dihubungkan dengan strukture *bridging*, Bentuk lambung kapal *katamaran* mirip dengan monohull tetapi memiliki garis air yang lebih ramping sehingga tahanan yang diambil lebih kecil. Kelebihan katamaran dari pada monohull selain memiliki tahanan yang lebih kecil yaitu memiliki stabilitas yang baik, , daya angkut lebih besar, dan efisiensi bahan bakar yang lebih tinggi pada kecepatan tertentu. Catamaran banyak digunakan untuk kapal wisata, ferry, kapal patroli, kapal penelitian, dan kapal pesiar karena memiliki ruang yang lebih luas serta performa hidrodinamis yang lebih baik. (Muhammad Naufal Syafiq, Untung Budiarto, Muhammad Iqbal, 2018).

2.5 Kapal *Axe Bow*

Kapal *Axe Bow* adalah jenis lambung yang menusuk gelombang pada haluan kapal, ditandai dengan batang vertical entri yang relative panjang dan sempit (*hull* depan) atau berbentuk seperti kapak. kaki depan dalam dan freenoard yang *relative* tinggi, dengan sedikit suar, sehingga profil busur menyerupai kapak. (Romadhoni Oni, 2015). pemotongan busur melalui air, dan kurang dipengaruhi oleh melewati gelombang dari busur dengan flare, membuat busur ini jenis jauh lebih rentan terhadap pitching. karena kaki kapal depan umumnya tidak naik diatas permukaan air, itu kurang rentan terhadap membanting. *Axe bow* busur bergerak pusat depan daerah lateral dan kapal mungkin perlu kemudi gerak jauh lebih untuk menahannya saja. dan ini meningkatkan kemiringan gelombang. konsep ini dikembangkan di belanda oleh Lex Keuning dari Delft University of Technology, *Damen Shipyard Group*, *Marin* (*Maritime research institute Netherlands*), kerajaan belanda kapal laut, *Damen Schelde Naval Ship Building* dan *United States Coast*. banyak penelitian dan analisa yang dilakukan menggunakan lambung *Axe bow* untuk diterapkan pada semua jenis kapal seperti kapal *supply vessel*, kapal kargo, container dan lain-lain. (Romadhoni, Budhi Santoso, Bobi Satria, Aprizawati, Supriadi 2022)



Gambar 2.2 Kapal *Axe Bow*
Sumber: Damen Shipyard

2.6 Perhitungan konstruksi BKI

Paduan aluminium untuk penggunaan di laut dapat diaplikasikan pada struktur atas, rumah dek, penutup palka, balok palka, dan berbagai item lainnya, asalkan kekuatan struktur aluminium setara dengan yang dibutuhkan untuk struktur baja. Rumus Faktor Material Aluminium

2.6.1 Rumus Faktor Material Alumunium

Faktor material k digunakan untuk menyesuaikan perbedaan sifat mekanik aluminium terhadap baja, sehingga tebal plat yang dihasilkan mampu memenuhi persyaratan kekuatan minimum sesuai standar klasifikasi.

Faktor material (k)

$$k = \frac{235}{R'_{lim}}$$

$$R'_{lim} = \min (R'_{p0,2}, 0,7R'_m)$$

Dimana:

k = faktor material aluminium

R'_{lim} = tegangan leleh referensi aluminium pada kondisi las [N/mm²]

$R'_{p0,2}$ = tegangan leleh minimum aluminium pada kondisi las [N/mm²]

R'_m = kuat tarik minimum aluminium pada kondisi las [N/mm²]

2.6.2 Faktor Koreksi Kecepatan (*Correction Factor*)

Faktor koreksi kecepatan (*speed correction factors*) merupakan faktor yang digunakan untuk memperhitungkan pengaruh kecepatan kapal terhadap besarnya beban desain yang bekerja pada elemen-elemen struktur kapal. Ketentuan mengenai faktor koreksi kecepatan mengacu pada ***BKI Rules for Small Vessels up to 24 m, Pt.3 Vol.VII, Section 1, Hull Structures A, Subsection 1.9.3, Table 1.2 – Correction Factors*** dapat dilihat pada gambar berikut 2.4

Loading area	Correction factor
Shell bottom	$F_{vb} = 0,34 \cdot \sqrt{\frac{v}{L_{WL}}} + 0,355 \geq 1,0$
Shell side	$F_{vs} = \left(0,024 \cdot \sqrt{\frac{v}{L_{WL}}} + 0,91 \right) (1,018 - 0,0024 \cdot L) \geq 1,0$
Internal structural members Floors	$F_{vf} = \left(0,78 \cdot \sqrt{\frac{v}{L_{WL}}} - 0,48 \right) (1,335 - 0,01 \cdot L) \geq 1,0$
Web frame at WL Bottom longitudinal frames	$F_{vbw} = 0,075 \cdot \sqrt{\frac{v}{L_{WL}}} + 0,73 > 1,0$ F_{vbl}
Transverse frames Webs at side	$F_{vstf} = \left(0,1 \cdot \sqrt{\frac{v}{L_{WL}}} + 0,52 \right) (1,19 - 0,01 \cdot L) > 1,0$ F_{vsw}
Side longitudinal frames	$F_{vsl} = \left(0,14 \cdot \sqrt{\frac{v}{L_{WL}}} + 0,47 \right) (1,07 - 0,008 \cdot L) > 1,0$
L_{WL} and v see A.5: $v_{max} = 12 \cdot \sqrt[4]{L}$	

Gambar 2.3 Ketentuan Faktor Koreksi Kecepatan
Sumber: BKI

Berdasarkan Tabel 1.2, BKI menunjukkan persamaan faktor koreksi kecepatan untuk setiap daerah pembebanan (*loading area*) yang digunakan dalam perhitungan beban desain struktur kapal. faktor koreksi kecepatan membedakan menjadi enam jenis sesuai dengan lokasi elemen struktur, yaitu FVB untuk pelat alas (*shell bottom*), FVS untuk pelat sisi (*shell side*), FVF untuk floor (*internal structural members*), FVBW/FVL untuk web frame pada *waterline* dan gading memanjang alas, FVSF/FVSW untuk gading melintang dan web sisi, serta FVSL untuk gading memanjang sisi. Faktor-faktor tersebut selanjutnya digunakan dalam perhitungan beban desain (*design load*) pada elemen struktur kapal

Keterangan:

F_{VB} = Faktor koreksi kecepatan untuk pelat alas (*Shell Bottom*).

F_{VS} = Faktor koreksi kecepatan untuk pelat sisi (*Shell Side*).

F_{VF} = Faktor koreksi kecepatan untuk floor atau wrang (*Internal Structural Members/Floors*).

F_{VBW} = Faktor koreksi kecepatan untuk web frame pada garis air (*Web Frame at Waterline*).

F_{VSW} = Faktor koreksi kecepatan untuk web sisi (*Webs at Side*).

F_{VSL} = Faktor koreksi kecepatan untuk gading memanjang sisi (*Side Longitudinal Frames*).

2.6.3 Beban Desain (Design Load)

Elemen struktur kapal akibat pengaruh tekanan hidrostatik dan hidrodinamis selama kapal beroperasi. Besarnya beban desain dipengaruhi oleh ukuran utama kapal, daerah pembebanan (*loading area*), serta faktor koreksi kecepatan (*speed correction factors*). Nilai beban desain digunakan sebagai dasar dalam menentukan tebal pelat dan dimensi elemen struktur sesuai ketentuan BKI. Perhitungan beban desain pada kapal *motor craft* mengacu pada *BKI Rules for Small Vessels up to 24 m in Length, Part 3 Volume VII, Consolidated Edition 2021, Section 1 – Hull Structures A, Subsection 1.9.2 Hull Loadings, Table 1.1*. dapat dilihat pada gambar berikut 2.4.

Hull area	Motor craft	Sailing craft and motorsailers
	Design loading [kN/m ²]	
Shell bottom	P_{dBM}	P_{dBS}
$\geq 0,4L \div \text{fore}$	$2,7L + 3,29$	$3,29L - 1,41$
$< 0,4L \div \text{aft}$	$2,16L + 2,63$	$2,63L - 1,13$
Shell side	P_{dSM}	P_{dSS}
$\geq 0,4L \div \text{fore}$	$1,88L + 1,76$	$2,06L - 2,94$
$< 0,4L \div \text{aft}$	$1,5L + 1,41$	$1,65L - 2,35$

Gambar 2.4 Ketentuan Beban Desain Shell Bottom dan Shell Side
Sumber: BKI

Untuk pelat alas (*shell bottom*) dan pelat sisi (*shell side*), BKI membedakan persamaan beban desain antara daerah haluan (*fore*) dan buritan (*aft*). Hal ini disebabkan oleh perbedaan distribusi tekanan yang bekerja pada kedua daerah tersebut selama kapal beroperasi, Sementara itu, beban desain pada geladak (*deck design load*) dinyatakan dengan satu persamaan tersendiri, Perbedaan ini mengikuti ketentuan yang ditetapkan dalam BKI untuk masing-masing daerah pembebanan pada struktur kapal. yaitu pada *BKI Rules for Small Vessels up to 24 m in Length, Part 3 Volume VII, Consolidated Edition 2021, Section 1 – Hull Structures A, Subsection 1.9.2 Hull Loadings, Table 1.3* dapat dilihat pada gambar berikut 2.5

Area			Sailing- and motor craft ³ Design loads P_{dD} [kN/m ²]
Main deck			$0,26 L + 8,24$
Cabins	$h \leq 0,5 \text{ m}$	deck ¹	$0,235 \cdot L + 7,42$
		wall	$0,26 \cdot L + 8,24$
Deckhouses	$h > 0,5 \text{ m}$	deck ^{1, 2}	$(0,235 \cdot L + 7,42) (1 - h'/10)$
		side wall ²	$(0,26 \cdot L + 8,24) (1 - h'/10)$
		front wall	$1,25 (0,26 \cdot L + 8,24) (1 - h'/10)$

¹ Minimum load for non-walk-on cabin decks $P_{dD \text{ min}} = 4,0$ [kN/m²]
² $h' = 0,5 \cdot h$ (h = superstructure height above main deck)
³ In the case of special-purpose craft such as fishing craft, the deck load may have to be corrected as appropriate for additional loads present

Gambar 2.5 Ketentuan Beban Desain Dack Load
Sumber: BKI

Keterangan:

P_{dBM} = tekanan desain pada pelat alas (*Shell Bottom*) (kN/m²)

P_{dSM} = tekanan desain pada pelat sisi (*Shell Side*) (kN/m²)

P_{dD} = beban desain pada geladak (*Deck Design Load*) (kN/m²).

L = panjang kapal sesuai ketentuan BKI (m)

2.6.4 Tebal Plat

Tebal plat merupakan salah satu parameter utama dalam perancangan konstruksi kapal yang berfungsi untuk menjamin kekuatan struktur terhadap beban yang bekerja selama kapal beroperasi. Penentuan tebal plat dilakukan berdasarkan ketentuan *BKI Rules for Small Vessels up to 24 m in Length* dengan mempertimbangkan daerah pembebanan (*loading area*), tekanan desain (*design load*), jarak penegar (*stiffener spacing*), material yang digunakan, serta faktor lainnya sesuai persyaratan klasifikasi. Persamaan penentuan tebal plat untuk setiap daerah pembebanan ditetapkan oleh BKI sesuai jenis elemen struktur, seperti *shell bottom*, *shell side*, *deck*, dan elemen struktur lainnya. Ketentuan tersebut ditunjukkan pada Table 1.39. dapat dilihat pada gambar berikut 2.6

	Plate thickness [mm]	
	Shell plating for motor craft	Shell plating for sailing craft and motorsailers
Shell bottom	$t = 1,62 \cdot a \cdot F_{VB} \cdot \sqrt{P_{dBM} \cdot k}$	$t = 1,62 \cdot a \cdot \sqrt{P_{dBS} \cdot k}$
Shell side	$t = 1,62 \cdot a \cdot F_{VS} \cdot \sqrt{P_{dSM} \cdot k}$	$t = 1,62 \cdot a \cdot \sqrt{P_{dSS} \cdot k}$
Min. thickness	$t_{min} = 0,9 \cdot \sqrt{L \cdot k}$	
a = frame spacing [m] k = material factor in accordance with 3.3 F_{VB} = see A.1.9.3 F_{VS} = see A.1.9.3 P_{dBM} = see A.1.9.2 P_{dSM} = see A.1.9.2		

Gambar 2.6 Ketentuan Tebal Plat

Sumber: BKI

Keterangan :

t = Tebal Plat (mm)

t_{min} = Tebal Plat Minimum

a = Jarak antar gading *frame spacing* (m)

F_{VB} = Faktor koreksi kecepatan untuk pelat alas (*shell bottom*)

F_{VS} = Faktor koreksi kecepatan untuk pelat sisi (*shell side*)

P_{dSM} = Beban desain pelat sisi *shell side design loading* kN/m²

P_{dBM} = Beban desain pelat alas *shell bottom design loading* kN/m²

K = Faktor material sesuai ketentuan BKI

L = Panjang kapal sesuai definisi BKI (m)

2.6.5 Struktur Melintang Profil T

Profil T merupakan salah satu jenis penegar (*stiffener*) yang banyak digunakan pada struktur melintang kapal, seperti gading melintang (*transverse frame*). Profil ini terdiri atas satu badan (*web*) dan satu sayap (*flange*) yang membentuk penampang menyerupai huruf T. Penggunaan profil T bertujuan untuk meningkatkan kekakuan dan kekuatan struktur terhadap beban yang bekerja pada lambung kapal dengan tetap mempertahankan berat konstruksi yang relatif ringan. Dalam *BKI Rules for Small Vessels up to 24 m in Length*, dimensi profil struktur melintang ditentukan berdasarkan kebutuhan modulus penampang minimum (*Required Section Modulus*). Nilai modulus penampang yang dipersyaratkan harus lebih kecil atau sama dengan modulus penampang profil yang dipilih. *BKI Rules for Classification and Construction, Part 3 – Special Ships, Volume VII: Rules for Small Vessel up to 24 m, Consolidated Edition 2021*, Pada Tabel 1.42 . dapat dilihat pada gambar berikut 2.7

Required section moduli of transverse frames for motor craft, sailing craft and motorsailers [cm ³]		
Transverse frames	Motor craft	$W = 0,35 \cdot a \cdot \ell^2 \cdot F_{VSF} \cdot P_{dSM} \cdot k$
	Sailing craft and motorsailers	$W = 0,32 \cdot a \cdot \ell^2 \cdot P_{dSS} \cdot k$
a = transverse frame spacing [m] ℓ = unsupported length of frame [m] F_{VSF} = see A.1.9.3 k = material factor in accordance with 3.3 ℓ_{min} = 0,045 · L + 0,10 for motor craft or 0,60 [m], the larger value to be used ℓ_{min} = 0,065 · L + 0,30 for sailing craft and motorsailers or 0,60 [m], the larger value to be used P_{dSM} = see A.1.9.2 P_{dSS} = see A.1.9.2		

Gambar 2.7 Ketentuan Profil T

Sumber: BKI

Keterangan:

W = Modulus penampang minimum yang di persyaratkan (cm³)

a Jarak antar gading (*transverse frame spacing*) (m)

ℓ^2 = Bentang bebas gading (*unsupported length of frame*) (m)

F_{VSF} = Faktor koreksi kecepatan gading melintang

P_{dSM} = Beban desain pelat sisi kN/m²

k = Faktor material

2.6.6 Struktur Memanjang Profil L

Profil L (*angle profile*) merupakan salah satu jenis penegar (*stiffener*) yang digunakan pada konstruksi kapal untuk meningkatkan kekakuan dan kekuatan struktur. Profil ini memiliki penampang berbentuk huruf **L** dan umumnya digunakan pada elemen struktur sekunder, seperti balok geladak (*deck beam*), maupun elemen struktur lainnya sesuai dengan ketentuan desain, Dalam **BKI Rules for Small Vessels up to 24 m in Length**, penentuan dimensi profil L dilakukan berdasarkan **modulus penampang minimum** (*required section modulus*). Nilai modulus penampang yang dipersyaratkan dihitung sesuai dengan jenis elemen struktur yang dirancang. Selanjutnya dipilih profil L yang memiliki modulus penampang aktual sama dengan atau lebih besar daripada nilai yang dipersyaratkan **BKI Rules for Classification and Construction, Part 3 – Special Ships, Volume VII: Rules for Small Vessel up to 24 m, Consolidated Edition 2021**, Pada Tabel 1.42

Required section moduli of side longitudinal frames of motor craft, sailing craft and motorsailers [cm ³]		
Longitudinal frames	Motor craft	$W = 0,31 \cdot a \cdot \ell^2 \cdot F_{VSL} \cdot P_{dSM} \cdot k$
	Sailing craft and motorsailers	$W = 0,33 \cdot a \cdot \ell^2 \cdot P_{dSS} \cdot k$
a = longitudinal frame spacing [m] ℓ = unsupported length [m] F_{VSL} = see A.1.9.3 k = material factor in accordance with 3.3 ℓ_{min} = 0,01 · L + 0,70 or 0,75 [m], the larger value to be used P_{dSM} = see A.1.9.2 P_{dSS} = see A.1.9.2		

Gambar 2.8 Ketentuan Profil L
Sumber: **BKI**

Keterangan:

W = Modulus penampang minimum yang di persyaratkan (cm³)

a = Jarak antar gading memanjang (*Longitudinal frame spacing*) (m)

ℓ² = Bentang bebas gading (*unsupported length*) (m)

F_{VSL} = Faktor koreksi kecepatan gading memanjang sisi

P_{dSM} = Beban desain pelat sisi kN/m²

k = Faktor material

2.7 Data Utama Kapal Katamaran

Data utama kapal merupakan data dasar yang digunakan sebagai acuan dalam perencanaan dan analisis miniatur kapal katamaran. Data utama kapal tersebut digunakan sebagai dasar dalam pembuatan desain bentuk lambung, perhitungan hidrostatis, penentuan displacement, serta analisis stabilitas dan performa miniatur kapal katamaran dengan konstruksi lambung asimetri. Dimensi utama lambung kapal tipe axe bow asimetri data kapal ini di dapat dari penetian sebelumnya.

Tabel 2.1 Data Utama Kapal

LWL	: 12.30	m
Displacement	: 7.5	ton
B	: 4.089	m
H	: 1.48	m
T	: 0.62	m
Cb	: 0.235	m
Vs	: 27.5	Knot

Sumber: (Frizka Rafika 2025)

Tabel 2.2 Data pembuatan Rencana Umum (General Arrangement)

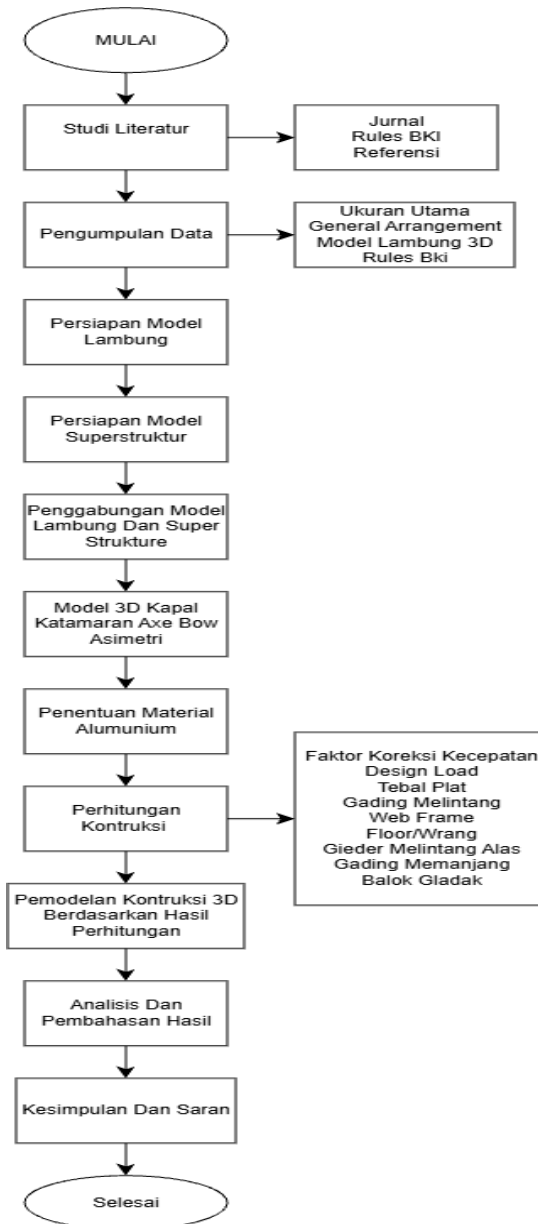
1	Ukuran Jarak gading	0,5	m
2	Ukuran tangki bahan bakar	2,2	m
3	Panjang kapal	12,30	m
4	Lebar kapal	4,089	m
5	Bangku	0,5	m
6	Ukuran pintu masuk	0,7	m

Sumber: (Frizka Rafika 2026)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 *Flowchart* (Diagram Alir)



Gambar 3.1 Flowchart

Flowchart (diagram alir) adalah suatu bagan yang menggambarkan urutan langkah-langkah atau alur proses secara sistematis. *Flowchart* digunakan untuk menjelaskan tahapan kegiatan, proses kerja, atau prosedur secara logis dan terstruktur dari awal hingga akhir.

3.2 Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan teori dan referensi yang berkaitan dengan penelitian. Literatur yang digunakan meliputi jurnal ilmiah, buku, dan *Rules* Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) yang menjadi acuan dalam perancangan konstruksi kapal katamaran tipe *Axe Bow* asimetri berbahan aluminium.

1. Jurnal penelitian terdahulu
2. Rules BKI

3.3 Pengumpulan Data

3.3.1 Data Ukuran Utama

Data ukuran utama kapal digunakan sebagai acuan dalam penyusunan model tiga dimensi kapal katamaran tipe *Axe Bow* asimetri. Ukuran utama tersebut diperoleh dari penelitian sebelumnya dan digunakan untuk memastikan model yang disusun memiliki dimensi yang sesuai dengan desain kapal.

Tabel 3. 1 Data Utama Kapal

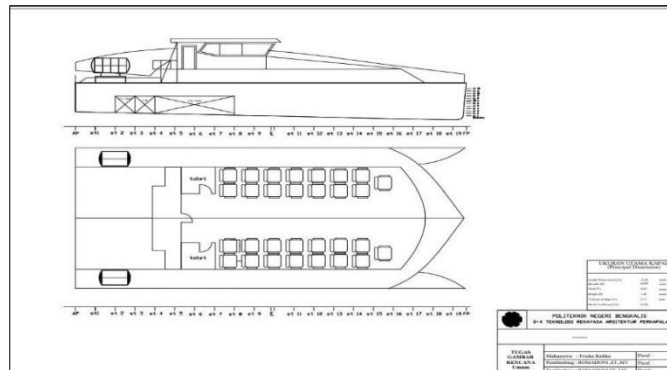
LOA	: 12.30	m
Displacement	: 7.5	ton
B	: 4.089	m
H	: 1.48	m
T	: 0.62	m
Cb	: 0.235	m
Vs	: 27.5	Knot
Ukuran jarak gading	:0.5	m

Sumber: Data Olahan 2026

3.3.2 Data General Arrangement

General Arrangement (GA) diperoleh dari penelitian sebelumnya dan digunakan sebagai acuan penempatan superstruktur serta ruang-ruang pada

kapal.dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3.2 General Arrangement Axe Bow Asimetris
Sumber: (Frizka Rafika)

3.3.3 Data Model Lambung

Model lambung kapal yang digunakan pada penelitian ini berasal dari penelitian sebelumnya dalam bentuk model tiga dimensi (3D). Model tersebut digunakan sebagai data awal dalam penyusunan model kapal tanpa dilakukan perubahan terhadap bentuk geometrinya.

3.3.4 Prangkat Lunak Yang Di Gunakan (Rhino)

Rhinoceros 3D (Rhino) merupakan perangkat lunak berbasis *NURBS (Non-Uniform Rational B-Splines)* yang digunakan untuk membuat dan mengolah model tiga dimensi. Pada penelitian ini, Rhinoceros 3D digunakan untuk menyusun model tiga dimensi kapal berdasarkan data desain yang diperoleh dari penelitian sebelumnya, menggabungkan model lambung dan superstruktur, serta memodelkan elemen-elemen konstruksi kapal berdasarkan hasil perhitungan.

3.3.5 Microsoft Excel

Pemodelan lambung awal dilakukan dengan menerapkan konsep axe bow pada bagian haluan serta desain demi-hull yang bersifat asimetri. Pemodelan ini bertujuan untuk memperoleh bentuk lambung yang mampu meningkatkan performa hidrodinamika kapal. Model lambung yang telah dibuat selanjutnya dianalisis untuk melihat kesesuaian terhadap kriteria desain yang telah ditetapkan. Dapat dilihat pada gambar berikut.

3.3.6 Maxsurf

Maxsurf merupakan perangkat lunak perancangan kapal yang digunakan untuk menampilkan dan memverifikasi model lambung kapal yang berasal dari penelitian sebelumnya. Pada penelitian ini, *Maxsurf* digunakan sebagai media untuk melihat dan memeriksa kesesuaian bentuk lambung sebelum model tersebut digunakan dalam penyusunan model tiga dimensi di *Rhinoceros 3D*.

3.3.7 AutoCAD

AutoCAD digunakan untuk membuka, melihat, atau mengolah gambar teknik dua dimensi, seperti *General Arrangement (GA)* atau gambar pendukung lainnya yang digunakan sebagai referensi dalam penyusunan model tiga dimensi kapal.

3.4 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini dilakukan secara sistematis mulai dari pengumpulan data desain kapal hingga diperoleh model konstruksi tiga dimensi. Adapun tahapan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

3.4.1 Pengumpulan Data Penelitian

Tahap awal penelitian dilakukan dengan mengumpulkan data yang diperlukan sebagai dasar penelitian. Data yang digunakan meliputi ukuran utama kapal, model lambung, dan *General Arrangement (GA)* yang diperoleh dari penelitian sebelumnya. Selain itu, dikumpulkan pula peraturan BKI sebagai acuan dalam proses perancangan konstruksi kapal.

3.4.2 Persiapan Model Lambung

Model lambung yang diperoleh dari penelitian sebelumnya digunakan sebagai data awal dalam penyusunan model tiga dimensi kapal. Model tersebut diimpor ke dalam perangkat lunak *Rhinoceros 3D* tanpa dilakukan perubahan terhadap bentuk geometrinya.

3.4.3 Persiapan Model Superstructure

Model superstruktur yang berasal dari penelitian sebelumnya digunakan sebagai pelengkap model kapal. Selanjutnya, model superstruktur diposisikan sesuai dengan *General Arrangement* sehingga membentuk konfigurasi kapal yang direncanakan.

3.4.4 Penggabungan Model

Model lambung dan model superstruktur digabungkan pada perangkat lunak Rhinoceros 3D sehingga membentuk model kapal tiga dimensi yang utuh. Pada tahap ini dilakukan penyesuaian posisi dan kesesuaian antarbagian model.

3.4.5 Penyusunan Model 3D Kapal

Model kapal hasil penggabungan digunakan sebagai model 3D penelitian. Model tersebut selanjutnya dipersiapkan sebagai dasar dalam proses perancangan konstruksi sesuai dengan ketentuan BKI.

3.4.6 Perhitungan Konstruksi

Perhitungan Konstruksi dilakukan berdasarkan Rules BKI untuk kapal aluminium dengan menentukan faktor koreksi kecepatan, design load, serta menghitung dimensi elemen konstruksi seperti ketebalan pelat, gading melintang, floor/wrang, gading memanjang, dan balok geladak. Hasil perhitungan kemudian diverifikasi agar memenuhi persyaratan minimum BKI dan digunakan sebagai dasar dalam pemodelan konstruksi 3D kapal.

3.4.7 Pemodelan Konstruksi 3D Berdasarkan Hasil Perhitungan

Pemodelan Konstruksi 3D Berdasarkan Hasil Perhitungan dilakukan dengan menerapkan seluruh dimensi elemen konstruksi yang telah diperoleh dari hasil perhitungan ke dalam model tiga dimensi kapal. Proses ini bertujuan menghasilkan model konstruksi yang sesuai dengan Rules BKI.

3.4.8 Analisis dan Pembahasan

Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap hasil perhitungan dan model konstruksi yang telah dibuat. Analisis bertujuan untuk mengetahui kesesuaian dimensi konstruksi dengan ketentuan Rules BKI serta mengevaluasi penerapan konstruksi pada kapal katamaran axe bow asimetri berbahan aluminium. dan dapat digunakan sebagai dasar pada tahap analisis serta pembahasan hasil penelitian.

3.4.9 Kesimpulan dan Saran

Tahap terakhir adalah menyusun kesimpulan berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh serta memberikan saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

3.5 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Tempat pelaksanaan pembuatan miniatur tugas akhir adalah di Kampus II Politeknik Negeri Bengkalis Jurusan Teknik Perkapalan pada tahun 2026.

3.6 Personalia Tugas Akhir

Penulis

Nama : Daniah Falisha
NIM : 1103230002
Jurusan/Program Studi : Teknik Perkapalan/D-III Teknik Perkapalan
Alamat Rumah : Gg.Mushallah Jln. Pramuka Bathin Alam, Sungai
Alam, Bengkalis
Telepon/Hp : 0812-6356-5725

Dosen Pembimbing I

Nama : Muhammad Ikhsan, ST., MT
NIP : 198802122022031002
Jurusan/Program Studi : Teknik Perkapalan/D-III Teknik Perkapalan
Staff : Dosen Tetap
Keterangan Pegawai : Aktif

Dosen Pembimbing II

Nama : Dr. Egi Yuliora, S.Si., M.Si
NIP : 198807312025062001
Jurusan/Program Studi : Teknik Perkapalan/D-III Teknik Perkapalan
Staff : Dosen Tetap
Keterangan Pegawai : Aktif

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penyusunan Model Tiga Dimensi Kapal

4.1.1 Data Desain kapal

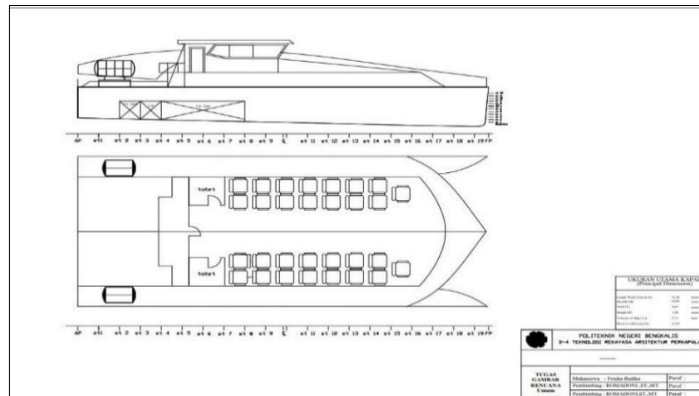
Data utama kapal merupakan dasar dalam proses perencanaan konstruksi kapal. Parameter seperti panjang, lebar, tinggi, sarat, dan koefisien blok digunakan sebagai acuan dalam perhitungan konstruksi sesuai dengan ketentuan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) *BKI Rules for Small Vessels up to 24 m (Part 3 Volume VII, 2021)*

Dalam penelitian ini, ukuran utama, general arrangement, dan model lambung kapal diambil berdasarkan data kapal acuan (*parent ship*) yang merupakan hasil rancangan dari penelitian sebelumnya, Data ini mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh **Romadhoni dkk. (2021)** serta dikembangkan kembali dalam skripsi **Friska Rafika (2025)** yang menganalisis performa lambung katamaran tipe Axe Bow simetri dan asimetri untuk kasus kapal wisata, Data ukuran utama kapal disajikan pada Tabel 4.1. beserta *General Arragment Axe Bow Asimetris*

Tabel 4.1 Ukuran Utama Kapal

LOA	: 12.30	m
Displacement	: 7.5	m ³
B	: 4.089	m
H	: 1.48	m
T	: 0.62	m
Cb	: 0.235	m
Vs	: 27.5	Knot
Ukuran jarak gading	:0.5	m

Sumber: Data Olahan 2026

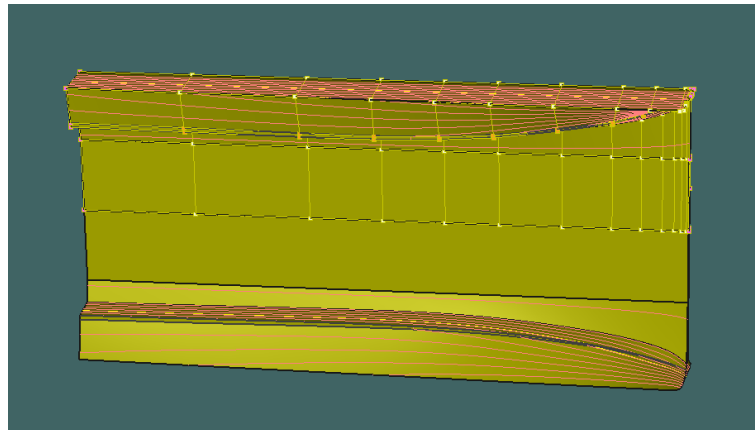


Gambar 4.1 General Arrangement Axe Bow Asimetris
Sumber: Frizka Rafika (2025)

Gambar 4.1 menunjukkan *General Arrangement* kapal katamaran tipe *Axe Bow* asimetris yang ditampilkan dalam tampak samping dan tampak atas. Pada tampak samping terlihat bentuk haluan tipe *Axe Bow* yang memiliki karakteristik haluan memanjang, rumah geladak (*superstructure*), serta bagian buritan kapal. Pada tampak atas terlihat dua lambung katamaran yang dihubungkan oleh struktur penghubung, sehingga membentuk area geladak utama. Selain itu, terlihat ruang kemudi yang berada di bagian depan bangunan atas, ruang penumpang dengan susunan kursi yang tersusun rapi di sisi kiri dan kanan, serta lorong sirkulasi yang memudahkan pergerakan penumpang di dalam kapal. Tata letak tersebut dirancang agar fungsi setiap ruang dapat dimanfaatkan secara optimal sesuai kebutuhan kapal wisata. *General Arrangement* ini digunakan sebagai acuan dalam proses pemodelan tiga dimensi serta sebagai dasar penempatan elemen-elemen konstruksi pada tahap perancangan selanjutnya.

4.1.2 Penggunaan Model Lambung

Model lambung yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari penelitian sebelumnya dalam bentuk model tiga dimensi (3D). Model tersebut digunakan sebagai data awal dalam penyusunan model tiga dimensi kapal katamaran tipe *Axe Bow* asimetri. Penggunaan model lambung dari penelitian sebelumnya bertujuan untuk menjaga kesesuaian bentuk geometris kapal dengan desain awal yang telah ditetapkan serta memastikan konsistensi data yang digunakan pada tahap perancangan konstruksi berikut pada gambar 4.2



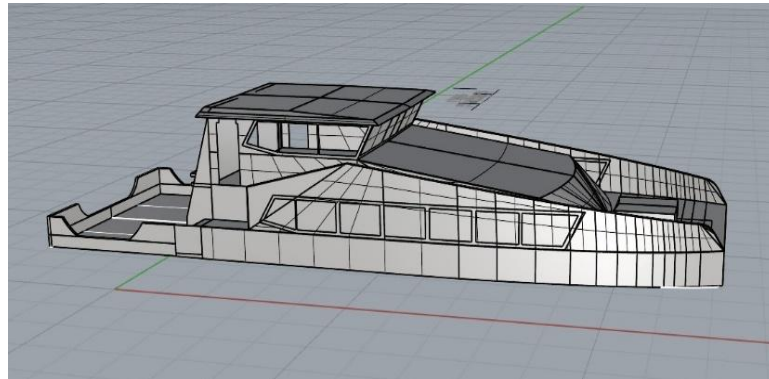
Gambar 4.2 Model lambung kapal yang digunakan sebagai data pendukung dalam penyusunan model tiga dimensi kapal
(Sumber: Frizka Rafika (2025))

Berdasarkan Gambar 4.2, model lambung yang digunakan merupakan model tiga dimensi kapal katamaran tipe *Axe Bow* asimetris yang menjadi acuan dalam penelitian ini. Model tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam penyusunan model kapal tiga dimensi sebelum dilakukan proses perancangan konstruksi. Disajikan gambar kapal katamaran wisata tipe *Axe Bow* hasil rancangan yang dikembangkan oleh Friska Rafika (2025) berdasarkan penelitian sebelumnya dari Romadhoni dkk. (2021). Berbeda dengan konfigurasi katamaran pada umumnya yang memiliki bentuk lambung simetris terhadap bidang tengah kapal (*centreline*), kapal acuan dalam penelitian ini menerapkan konsep lambung asimetri pada kedua *demihull*-nya. Konsep asimetri ini diterapkan dengan memberikan perbedaan bentuk geometri antara lambung kiri dan lambung kanan, yang bertujuan untuk menganalisis pengaruhnya terhadap performa hidrodinamika, stabilitas, dan hambatan kapal saat beroperasi di perairan dengan kondisi gelombang tertentu.

4.1.3 Penggunaan Model *superstruktur*

Model superstruktur yang digunakan pada penelitian ini merupakan model tiga dimensi (3D) yang diadaptasi dari penelitian sebelumnya dan disesuaikan dengan konfigurasi lambung kapal katamaran tipe *Axe Bow* asimetri. Superstruktur berfungsi sebagai bangunan di atas geladak utama yang mengakomodasi ruang kemudi, ruang penumpang, serta fasilitas pendukung operasional kapal. Pada

proses pemodelan, posisi superstruktur disesuaikan terhadap *General Arrangement* (GA) sehingga menghasilkan susunan ruang dan tata letak yang sesuai dengan desain kapal wisata. sebagai dasar dalam perancangan konstruksi berdasarkan Rules BKI.pada Gambar 4.3.



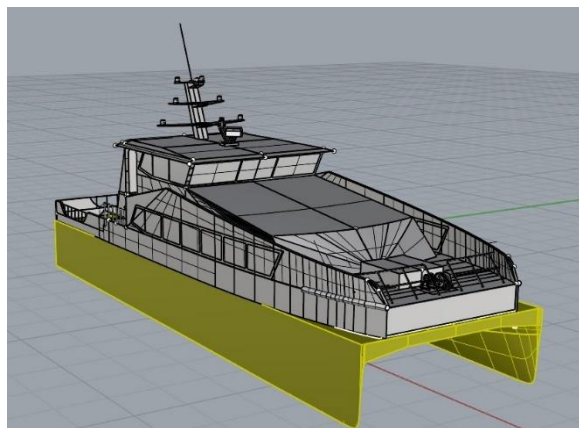
Gambar 4.3 Superstruktur kapal yang digunakan sebagai data pendukung dalam penyusunan model tiga dimensi kapal.
(Sumber: Frizka Rafika (2025))

Penjelasan Posisi Superstruktur:

1. Bagian depan atas terdapat anjungan kemudi (*wheelhouse*) yang menjadi pusat pengendalian kapal.
2. Bagian paling atas terdapat atap anjungan (*roof*) yang melindungi ruang kemudi.
3. Bagian tengah merupakan kabin penumpang, yaitu ruang utama yang digunakan penumpang selama pelayaran.
4. Bagian samping kabin dipasang jendela untuk memberikan pencahayaan dan pandangan keluar.
5. Bagian atas kabin terdapat dek atas (*upper deck*) sebagai area terbuka bagi penumpang.
6. Di atas dek penumpang terdapat kanopi yang berfungsi sebagai pelindung dari panas dan hujan.
7. Bagian belakang dilengkapi tangga akses yang menghubungkan dek utama dengan dek atas.
8. Di sepanjang sisi dek dipasang railing sebagai sistem pengaman penumpang.

4.1.4 Penggabungan Model

Proses penggabungan model merupakan tahapan akhir dalam pemodelan tiga dimensi kapal sebelum dilakukan perancangan konstruksi. Pada tahap ini, model lambung (*hull*) yang telah diperoleh dari penelitian sebelumnya digabungkan dengan model superstruktur yang telah dirancang menggunakan perangkat lunak *Rhinoceros 3D*. Setelah kedua model berhasil disatukan, dilakukan pemeriksaan kembali terhadap sambungan antarbagian untuk memastikan tidak terdapat celah (*gap*), tumpang tindih (*overlap*), maupun kesalahan geometri yang dapat memengaruhi proses perancangan konstruksi. Hasil akhir dari tahap ini adalah model tiga dimensi kapal katamaran tipe *Axe Bow Asimetri* yang telah terintegrasi antara lambung dan superstruktur sehingga membentuk konfigurasi kapal secara utuh. Model tiga dimensi yang telah selesai digabungkan kemudian digunakan sebagai dasar dalam proses perancangan konstruksi, meliputi penentuan letak elemen konstruksi, perhitungan tebal pelat, penempatan stiffener, web frame, girder, balok geladak, serta komponen struktur lainnya sesuai dengan Rules BKI. Bentuk hasil penggabungan model lambung dan superstruktur ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4. 4 Bentuk Penggabungan Lambung kapal
Sumber: Data Olahan 2026

4.1.5 Hasil Model 3D Kapal

Berdasarkan proses penyusunan dan penggabungan model lambung dengan model superstruktur, diperoleh model tiga dimensi kapal katamaran tipe *Axe Bow*

asimetri yang utuh. Model tersebut telah sesuai dengan data desain yang digunakan sehingga dapat dijadikan sebagai dasar dalam proses perancangan konstruksi kapal berdasarkan *Rules* BKI.

Model tiga dimensi yang dihasilkan menampilkan konfigurasi kapal secara lengkap yang terdiri atas dua lambung (demihull), bridge deck sebagai penghubung antar lambung, geladak utama, superstruktur, ruang kemudi (wheelhouse), pagar pengaman (railing), serta perlengkapan pendukung lainnya. Seluruh komponen telah ditempatkan sesuai dengan tata letak desain sehingga menghasilkan model yang menyerupai bentuk kapal sebenarnya. Selain memberikan visualisasi bentuk kapal, model tiga dimensi ini juga berfungsi sebagai dasar dalam penyusunan gambar konstruksi dua dimensi dan penempatan elemen-elemen struktur kapal, seperti pelat, stiffener, web frame, girder, floor, serta balok geladak. Dengan adanya model tiga dimensi tersebut, proses perancangan konstruksi menjadi lebih mudah karena setiap elemen struktur dapat ditempatkan sesuai dengan bentuk geometri kapal. Pada Gambar 4.7 terlihat bahwa model kapal telah memiliki bentuk yang utuh dan terintegrasi antara lambung dan superstruktur. Hasil pemodelan ini menjadi acuan utama dalam tahapan perhitungan konstruksi dan penyusunan gambar detail konstruksi pada pembahasan selanjutnya. dapat dilihat pada Gambar 4.5



Gambar 4.5 Bentuk kapal katamaran wisata tipe axe bow
Sumber: Data Olahan 2026

4.1.6 Material Yang Digunakan

Material yang digunakan dalam perancangan konstruksi kapal katamaran tipe *Axe Bow* asimetri adalah Aluminium Alloy 5083-H116. *Aluminium Alloy* 5083 merupakan paduan aluminium yang memiliki kandungan utama *aluminium* (Al) dengan unsur paduan utama *magnesium* (Mg), serta mengandung *mangan* (Mn) dan unsur lainnya dalam jumlah tertentu. Penambahan unsur magnesium memberikan peningkatan kekuatan dan ketahanan terhadap korosi, sehingga material ini banyak digunakan pada konstruksi yang membutuhkan kombinasi antara kekuatan, bobot ringan, dan ketahanan terhadap lingkungan laut. Kondisi temper H116 menunjukkan bahwa material telah mengalami pengerjaan pengerasan dan memenuhi kondisi khusus yang digunakan untuk aplikasi pelat aluminium pada lingkungan laut.

Kondisi tersebut dipilih untuk memperoleh sifat mekanik dan ketahanan korosi yang sesuai untuk kebutuhan konstruksi kapal. Pemilihan *Aluminium Alloy* 5083-H116 pada kapal katamaran tipe *Axe Bow* asimetri didasarkan pada karakteristik material yang memiliki massa jenis lebih rendah dibandingkan baja, sehingga dapat membantu mengurangi berat konstruksi kapal. Pengurangan berat konstruksi menjadi salah satu pertimbangan penting pada kapal berkecepatan tinggi seperti kapal yang dirancang dalam penelitian ini. Selain itu, ketahanan terhadap korosi pada lingkungan air laut dan kemampuan material untuk digunakan dalam konstruksi kapal menjadikan Aluminium Alloy 5083-H116 sesuai digunakan sebagai material pelat dan elemen konstruksi kapal.

Dengan demikian, penggunaan Aluminium Alloy 5083-H116 diharapkan dapat memberikan konstruksi yang ringan, memiliki kekuatan yang memadai, dan mempunyai ketahanan terhadap lingkungan laut, sehingga sesuai dengan kebutuhan perancangan konstruksi kapal katamaran tipe *Axe Bow* asimetri.

4.2 Perhitungan Konstruksi Kapal

4.2.1 Faktor koreksi Kecepatan

Faktor koreksi kecepatan merupakan koefisien yang digunakan dalam perhitungan beban desain (*design load*) untuk memperhitungkan pengaruh

kecepatan operasional kapal terhadap besarnya tekanan yang bekerja pada struktur lambung. Semakin tinggi kecepatan kapal, semakin besar gaya hidrodinamis yang diterima oleh pelat dan elemen struktur sehingga diperlukan faktor koreksi untuk menyesuaikan besarnya beban desain. mengacu *BKI Rules for Small Vessels up to 24 m (Part 3 Volume VII, 2021)* Tabel 1.2 Penggunaan Rules BKI Perencanaan konstruksi kapal mengacu pada *BKI Rules for Small Vessel up to 24 m, Part 3 Volume VII, Section 1 – Hull Structures, Consolidated Edition 2021*. Berdasarkan ketentuan *Application*, Rules tersebut berlaku untuk kapal dengan panjang L antara 6–24 m. Kapal yang dirancang memiliki panjang keseluruhan (LOA) sebesar 12,30 m. Selanjutnya, penentuan faktor koreksi kecepatan mengacu pada Section 1, Subsection 1.9.3 *Correction Factors for Speed*, Table 1.2. Ketentuan tersebut menggunakan parameter kecepatan kapal v dan panjang garis air LWL dalam menentukan faktor koreksi kecepatan.

4.2.1.1 Perhitungan Faktor Koreksi Kecepatan Pelat Alas (FVB)

Perhitungan faktor koreksi FVB (Correction Factor for Shell Bottom) dilakukan berdasarkan persamaan pada BKI Rules for Small Vessels up to 24 m (Part 3 Volume VII, 2021), Tabel 1.2 Prosedur perhitungan dilakukan dengan menggunakan data kecepatan kapal (V) dan panjang garis air (LWL) sesuai dengan ketentuan BKI. Hasil perhitungan menunjukkan nilai **FVB**

$$F_{VB} = 0.34 \sqrt{\frac{V}{\sqrt{L_{WL}}}} + 0.355, \quad F_{VB} \geq 1.0$$

$$F_{VB} = 0.34 \sqrt{\frac{27.5}{\sqrt{11.70}}} + 0.355$$

$$F_{VB} = 0.34 \sqrt{\frac{27.5}{\sqrt{11.70}}} + 0.355$$

$$F_{VB} = 0.34 \sqrt{8.039} + 0.355$$

$$F_{VB} = 0.34(2.835) + 0.355$$

$$F_{VB} = 0.964 + 0.355$$

$$F_{VB} = 1.319 \approx 1.32$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai FVB sebesar **1,32**. digunakan sebagai faktor koreksi pada perhitungan *design load* untuk pelat alas (*shell bottom*)

4.2.1.2 Perhitungan Faktor Koreksi Kecepatan Pelat Sisi (FVS)

Perhitungan faktor koreksi **FVS** (*Correction Factor for Shell Side*) dilakukan berdasarkan persamaan pada *BKI Rules for Small Vessels up to 24 m (Part 3 Volume VII, 2021) Tabel 1.2* Prosedur perhitungan dilakukan dengan menggunakan data kecepatan kapal (**V**), panjang garis air (**LWL**), dan *Rule Length* (**L**) sesuai dengan ketentuan BKI. Hasil perhitungan menunjukkan nilai **FVS**

$$F_{VS} = \left(0.024 \frac{V}{\sqrt{L_{WL}}} + 0.91 \right) (1.018 - 0.0024L), \quad F_{VS} \geq 1.0$$

$$F_{VS} = \left(0.024 \frac{27.5}{\sqrt{11.70}} + 0.91 \right) (1.018 - 0.0024(12.00))$$

$$F_{VS} = \left(0,024 \cdot \frac{27,5}{3,421} + 0,91 \right) (1,018 - 0,0288)$$

$$F_{VS} = (0,024(8,038) + 0,91)(0,9892)$$

$$F_{VS} = (0,1929 + 0,91)(0,9892)$$

$$F_{VS} = 1,0910$$

$$F_{VS} \approx 1,09$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai **FVS** sebesar **1,09**. Nilai tersebut memenuhi persyaratan minimum yang ditetapkan pada Tabel 1.2 *BKI Rules for High Speed Craft*, yaitu **FVS** $\geq 1,0$.

4.2.1.3 Perhitungan Faktor Koreksi Kecepatan Struktur Internal (FVF)

Faktor koreksi kecepatan **FVF** (*Correction Factor for Internal Structural Members*) dihitung berdasarkan persamaan pada *BKI Rules for Small Vessels up to 24 m (Part 3 Volume VII, 2021)* Tabel 1.2. Prosedur perhitungannya dilakukan dengan cara yang sama seperti pada perhitungan **FVB** dan **FVS**, yaitu dengan mensubstitusikan data kecepatan kapal (**V**), panjang garis air (**LWL**), dan **Rule Length (L)** ke dalam persamaan BKI.

$$FVF = \left(0,78 \cdot \frac{V}{\sqrt{L_{WL}}} - 0,48 \right) (1,335 - 0,01L) FVF \geq 1,0$$

$$\sqrt{L_{WL}} = \sqrt{11,70} = 3,421$$

$$\frac{V}{\sqrt{L_{WL}}} = \frac{27,5}{3,421} = 8,038$$

$$FVF = (0,78(8,038) - 0,48)(1,335 - 0,01(12,00))$$

$$FVF = (6,270 - 0,48)(1,335 - 0,120)$$

$$FVF = (5,790)(1,215)$$

$$\boxed{FVF = 7,04}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai FVF sebesar 7,04. Nilai tersebut memenuhi persyaratan minimum yang ditetapkan pada *Tabel 1.2 BKI Rules for Small Vessels up to 24 m (Part 3 Volume VII, 2021)*, yaitu $FVF \geq 1,0$.

4.2.1.4 Perhitungan Faktor Koreksi Kecepatan *Bottom Web* dan *Bottom Longitudinal* (FVBW/FVL)

Perhitungan faktor koreksi FVBW/FVL dilakukan untuk menentukan faktor koreksi akibat pengaruh kecepatan kapal terhadap elemen konstruksi memanjang pada bagian dasar kapal, yaitu *bottom web* dan *bottom longitudinal*. Nilai faktor

koreksi ini dihitung berdasarkan persamaan yang tercantum pada *BKI Rules for Small Vessels up to 24 m (Part 3 Volume VII, 2021)*, *Tabel 1.2* dengan menggunakan data kecepatan kapal (**V**) dan panjang garis air (**LWL**) sesuai ketentuan BKI.

Persamaan yang di gunakan:

$$F_{VBW} = F_{VL} = 0.075 \cdot \frac{V}{\sqrt{L_{WL}}} + 0.73 \quad F_{VBW} = F_{VL} \geq 1.0$$

$$F_{VBW} = 0.075 \frac{27.5}{\sqrt{11.70}} + 0.73$$

$$F_{VBW} = 0.075 \frac{27.5}{3.421} + 0.73$$

$$F_{VBW} = 0.075(8.038) + 0.73$$

$$F_{VBW} = 0.603 + 0.73$$

$$F_{VBW} = 1.33$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai **FVBW sebesar 1,33**. Nilai tersebut memenuhi persyaratan minimum yang ditetapkan pada **Table 1.2 BKI Rules for Small Vessels up to 24 m (Part 3 Volume VII, 2021)**, yaitu **FVBW ≥ 1,0**.

4.2.1.5 Perhitungan Faktor Koreksi Kecepatan *Side Frame* dan *Side Web* (**FVSF/FVSW**)

Perhitungan faktor koreksi **FVSF (Side Frame)** dan **FVSW (Side Web)** dilakukan untuk menentukan **faktor koreksi akibat pengaruh kecepatan kapal terhadap elemen penegar pada sisi kapal**, yaitu **side frame** dan **side web**. Nilai faktor koreksi ini dihitung berdasarkan persamaan yang tercantum pada *BKI Rules for Small Vessels up to 24 m (Part 3 Volume VII, 2021)*, *Tabel 1.2* dengan menggunakan data kecepatan kapal (**V**), panjang garis air (**LWL**), dan **Rule Length (L)** sesuai ketentuan BKI.

$$F_{VSW} = \left(0.10 \frac{V}{\sqrt{L_{WL}}} + 0.52 \right) (1.19 - 0.01L), \quad F_{VSW} \geq 1.0$$

$$FVSW = \left(0,10 \cdot \frac{27,5}{\sqrt{11,70}} + 0,52\right)(1,19 - 0,01(12,00))$$

$$FVSW = \left(0,10 \cdot \frac{27,5}{3,421} + 0,52\right)(1,19 - 0,120)$$

$$FVSW = (0,10(8,038) + 0,52)(1,070)$$

$$FVSW = (0,8038 + 0,52)(1,070)$$

$$FVSW = (1,3238)(1,070)$$

$$FVSW \approx 1,324 \times 1,070$$

$$FVSW \approx 1,4167$$

$$\boxed{FVSW = 1,42}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai **FVSW sebesar 1,42**. Nilai tersebut memenuhi persyaratan minimum yang ditetapkan pada Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai **FVSW sebesar 1,42**. Nilai tersebut memenuhi persyaratan minimum yang ditetapkan pada *Table 1.2 BKI Rules for Classification and Construction, Part 3 – Special Ships, Volume VII: Rules for Small Vessels up to 24 m, Consolidated Edition 2021*, yaitu $FVSW \geq 1,0$., yaitu $FVSW \geq 1,0$.

4.2.1.6 Perhitungan Faktor Koreksi Kecepatan *Side Longitudinal* (FVSL)

Perhitungan faktor koreksi **FVSL (Side Longitudinal)** dilakukan untuk menentukan **faktor koreksi akibat pengaruh kecepatan kapal terhadap elemen penegar memanjang pada sisi kapal (side longitudinal)**. Nilai faktor koreksi ini dihitung berdasarkan persamaan yang tercantum pada *BKI Rules for Small Vessels up to 24 m (Part 3 Volume VII, 2021), Table 1.2* dengan menggunakan data kecepatan kapal (V), panjang garis air (LWL), dan **Rule Length (L)** sesuai ketentuan BKI

$$F_{VSL} = \left(0.14 \cdot \frac{V}{\sqrt{L_{WL}}} + 0.47 \right) (1.07 - 0.008L) \quad F_{VSL} \geq 1.0$$

$$F_{VSL} = \left(0.14 \frac{27.5}{\sqrt{11.70}} + 0.47 \right) (1.07 - 0.008(12.00))$$

$$F_{VSL} = \left(0.14 \frac{27.5}{3.421} + 0.47 \right) (1.07 - 0.096)$$

$$F_{VSL} = (0.14(8.038) + 0.47)(0.974)$$

$$F_{VSL} = (1.125 + 0.47)(0.974)$$

$$F_{VSL} = 1.595 \times 0.974$$

$$F_{VSL} = 1.55$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai **FVSL sebesar 1,55**. Nilai tersebut memenuhi persyaratan minimum yang ditetapkan pada **Table 1.2 BKI Rules for Small Vessels up to 24 m (Part 3 Volume VII, 2021)**, yaitu **FVSL ≥ 1,0**.

Tabel 4.2 Rekapitulasi Koreksi Kecepatan

Faktor	Untuk Anggota Struktur	Nilai Terhitung
FVB	Pelat alas (shell bottom)	1.32
FVS	Pelat sisi (shell side)	1.09
FVF	Floor / wrang	7.04
FVBW	Web frame @ WL / gading memanjang alas	1.33
FVSF	Gading melintang / web sisi	1.42
FVSL	Gading memanjang sisi	1.55

Sumber: Data Olahan 2026

4.2.2 Beban Desain (Desain Load)

Design load merupakan beban rencana yang digunakan sebagai dasar dalam menentukan dimensi dan kekuatan elemen konstruksi kapal. Besarnya design load

dihitung berdasarkan ketentuan oleh *BKI Rules for Small Vessels up to 24 m (Part 3 Volume VII, 2021)* Tabel 1.1 dengan mempertimbangkan lokasi elemen konstruksi, dimensi utama kapal, serta faktor koreksi yang telah dihitung pada subbab sebelumnya. Nilai design load yang diperoleh selanjutnya digunakan dalam perhitungan ketebalan pelat dan dimensi penegar sesuai persyaratan BKI.

4.2.2.1 Design Load Shell Bottom

Diketahui Rule Length, $L = 12,00 \text{ m}$

Alas, $\geq 0,4L$ haluan:

$$P_{dBM} = 2.7L + 3.29$$

$$P_{dBM} = 2.7(12) + 3.29$$

$$= 35,69 \text{ kN/m}^2.$$

Alas, $< 0,4L$ buritan:

$$P_{dBM} = 2.16L + 2.63$$

$$P_{dBM} = 2.16(12) + 2.63$$

$$= 28,55 \text{ kN/m}^2.$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai *design load shell bottom* pada daerah haluan ($\geq 0,4L$) sebesar $35,69 \text{ kN/m}^2$. Dan pada *design load shell bottom* pada daerah buritan ($\geq 0,4L$) sebesar $28,55 \text{ kN/m}^2$. Nilai ini digunakan sebagai beban desain pada perhitungan konstruksi pelat alas kapal.

4.2.2.2 Design Load shell side

Diketahui Rule Length, $L = 12,00 \text{ m}$

Sisi, $\geq 0,4L$ haluan

$$P_{dSM} = 1.88L + 1.76$$

$$P_{dSM} = 1.88(12) + 1.76$$

$$= 24,32 \text{ kN/m}^2.$$

Sisi, < 0,4L buritan:

$$P_{dSM} = 1.50L + 1.41$$

$$P_{dSM} = 1.50(12) + 1.41$$

$$= 19,41 \text{ kN/m}^2.$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai *design load shell side* pada daerah haluan ($\geq 0,4L$) sebesar 24,32 kN/m². Dan pada *design load shell side* pada daerah buritan ($\geq 0,4L$) sebesar 19,41 kN/m². Nilai ini digunakan sebagai beban desain pada perhitungan konstruksi pelat alas kapal.

4.2.2.3 Gladak Utama (Main dack)

Design load merupakan beban rencana yang digunakan sebagai dasar dalam menentukan dimensi dan kekuatan elemen konstruksi kapal. Untuk bagian design load Main dack dihitung berdasarkan oleh BKI Rules for Small Vessels up to 24 m (Part 3 Volume VII, 2021) Tabel 1.3

Geladak utama:

$$P_{dD} = 0.26L + 8.24$$

$$P_{dD} = 0.26(12) + 8.24$$

$$= 11,36 \text{ kN/m}^2.$$

Tabel 4.3 Rekapitulasi Design Load

No	Area	Nilai kN/m^2
1	Alas, $\geq 0,4L$ haluan	35,69
2	Alas, $< 0,4L$ buritan	28,55
3	Sisi, $\geq 0,4L$ haluan	24,32
4	Sisi, $< 0,4L$ buritan	19,41
5	Gladak Utama	11,36

Sumber: Data Olahan 2026

4.2.2.4 Faktor Material Nilai k

Faktor material k digunakan dalam perhitungan konstruksi untuk memperhitungkan karakteristik kekuatan material yang digunakan. Pada penelitian ini digunakan Aluminium Alloy 5083-H116 sebagai material konstruksi kapal. Penentuan faktor material mengacu pada **BKI Table 1.38** mengenai *Strengths (minimum values) of inert-gas welded aluminium sheets and profiles (MIG)*. Berdasarkan tabel tersebut, material **Al Mg 4,5 Mn** pada kondisi *all conditions* memiliki nilai kekuatan tarik minimum R_m sebesar **275 N/mm²** dan tegangan luluh $R_{p0,2}$ sebesar **125 N/mm²**, sehingga diperoleh faktor material sebesar $k=1,59$. Berdasarkan BKI Table 1.38, nilai faktor material yang digunakan dalam perhitungan konstruksi kapal adalah

$$k = 1,59$$

4.2.3 Perhitungan Tebal Plat

Perhitungan tebal pelat dilakukan untuk menentukan ketebalan minimum pelat yang memenuhi persyaratan kekuatan konstruksi berdasarkan ketentuan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI). Perhitungan ini menggunakan nilai *design load* yang telah diperoleh pada Subbab 4.2.2, dengan mempertimbangkan jarak antar penegar (*spacing*), faktor material, dan parameter lain sesuai persyaratan BKI. Hasil perhitungan digunakan sebagai dasar dalam menentukan ketebalan pelat yang akan diterapkan pada setiap bagian konstruksi kapal, meliputi pelat alas (*shell bottom*),

pelat sisi (*side shell*), dan pelat geladak (*main deck*).perhitungan ini menggunakan persamaan oleh BKI Rules for Small Vessels up to 24 m (Part 3 Volume VII, 2021), Tabel 1.39.

Diketahui:

Jarak antar penegar (a) = 0,50 m

Faktor koreksi pelat alas (F_{VB}) = 1,32

Design load shell bottom (P_{dBM})= 35,69 kN/m²

Material factor (k) = 1,59

4.2.3.1 Perhitungan Tebal Pelat Alas (Shell Bottom) $\geq 0,4L$ Haluan

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

$$t = 1,62 \cdot 0,50 \cdot 1,32 \cdot \sqrt{35,69 \cdot 1,59}$$

$$t = 1,62 \cdot 0,50 \cdot 1,32 \cdot \sqrt{56,7471}$$

$$t = 1,62 \cdot 0,50 \cdot 1,32 \cdot 7,533$$

$$t = 8,05 \text{ mm}$$

$$10 \text{ mm} > 8,05 \text{ mm}$$

Rekomendasikan : 10 mm

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh tebal pelat alas (Shell Bottom) sebesar 8,05 mm. Selanjutnya, pemilihan tebal pelat disesuaikan dengan ukuran pelat Aluminium 5083 yang tersedia. Ukuran pelat 8 mm tidak memenuhi hasil perhitungan karena lebih kecil dari 8,05 mm. Oleh karena itu, digunakan pelat dengan tebal 10 mm, yang merupakan ukuran pelat tersedia dan memiliki nilai lebih besar dari hasil perhitungan.

4.2.3.2 Perhitungan Tebal Pelat Alas (Shell Bottom) < 0,4L Buritan

$$t = 1,62 \times a \times F_{VB} \times \sqrt{P_{dBM} \times k}$$

$$t = 1,62 \times 0,50 \times 1,32 \times \sqrt{28,55 \times 1,59}$$

$$t = 1,62 \times 0,50 \times 1,32 \times \sqrt{45,3945}$$

$$t = 1,62 \times 0,50 \times 1,32 \times 6,7375$$

$$t = t = 7,20 \text{ mm}$$

Direkomendasikan :8 mm

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan nilai beban desain pada daerah buritan sebesar $P_{dbm} 28,55 \text{ kN/m}^2$, diperoleh ketebalan pelat alas (Shell Bottom) sebesar 7,20 mm. Nilai tersebut merupakan ketebalan minimum berdasarkan hasil perhitungan. Selanjutnya, pemilihan ketebalan pelat disesuaikan dengan ukuran pelat Aluminium yang tersedia serta mempertimbangkan agar ketebalan pelat yang digunakan tidak lebih kecil dari hasil perhitungan. Dengan demikian, tebal pelat yang digunakan dalam konstruksi harus dipilih pada ukuran nominal yang lebih besar atau sama dengan 7,20 mm. Berdasarkan ukuran pelat yang tersedia, maka tebal pelat alas (Shell Bottom) yang digunakan dalam perencanaan dipilih sebesar 8 mm. Dengan demikian, tebal pelat alas (Shell Bottom) pada daerah (<0,4L) buritan yang digunakan dalam perencanaan adalah 8 mm.

4.2.3.3 Perhitungan Tebal Pelat Sisi (Side Shell) $\geq 0,4L$ Haluan

$$t = 1,62 \times a \times F_{VS} \times \sqrt{P_{dSM} \times k}$$

$$t = 1,62 \times 0,50 \times 1,09 \times \sqrt{24,32 \times 1,59}$$

$$t = 1,62 \times 0,50 \times 1,09 \times \sqrt{38,6688}$$

$$t = 1,62 \times 0,50 \times 1,09 \times 6,218$$

$$t = 5,49 \text{ mm}$$

$$t = 5,49 \text{ mm} \approx 5,5 \text{ mm}$$

Direkomendasikan : 6 mm

Hasil perhitungan menunjukkan ketebalan minimum pelat sisi sebesar 5,5 mm. Ketebalan ini diperoleh dari *design load* pelat sisi sebesar 24,32 kN/m². Untuk memenuhi ketentuan klasifikasi dan mempermudah proses fabrikasi, digunakan pelat dengan ketebalan 6 mm.

4.2.3.4 Perhitungan Tebal Pelat Sisi (Side Shell) < 0,4L Buritan

$$t = 1,62 \times a \times F_{VS} \times \sqrt{P_{dSM} \times k}$$

$$t = 1,62 \times 0,50 \times 1,09 \times \sqrt{19,41 \times 1,59}$$

$$t = 1,62 \times 0,50 \times 1,09 \times \sqrt{30,8619}$$

$$t = 1,62 \times 0,50 \times 1,09 \times 5,555$$

$$t = 4,91 \text{ mm}$$

$$t = 4,91 \text{ mm} \approx 5.0$$

Direkomendasikan: 5 mm

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh ketebalan minimum pelat sisi sebesar 5.0 mm. Karena hasil tersebut masih memenuhi hasil perhitungan berada di atas ketebalan minimum yang dipersyaratkan BKI, maka dipilih pelat dengan ketebalan 5 mm.

4.2.3.5 Perhitungan Tebal Minimum Pelat

$$t_{min} = 0,9\sqrt{L \times k}$$

$$t_{min} = 0,9\sqrt{12 \times 1,59}$$

$$t_{min} = 0,9\sqrt{19,08}$$

$$t_{min} = 0,9 \times 4,37$$

$$t_{min} = 3,93 \text{ mm} \approx 3,9 \text{ mm}$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa ketebalan minimum pelat berdasarkan ketentuan BKI adalah **3,9 mm**. Nilai ini menjadi batas minimum yang harus dipenuhi sehingga ketebalan pelat yang digunakan tidak boleh lebih kecil dari nilai tersebut.

4.2.3.6 Perhitungan Tebal Pelat Geladak Utama (Main Deck)

$$t = 1,65 \times a \times \sqrt{P_{ad} \times k}$$

$$t = 1,65 \times 0,50 \times \sqrt{11,36 \times 1,59}$$

$$t = 1,65 \times 0,50 \times \sqrt{18,06}$$

$$t = 1,65 \times 0,50 \times 4,25$$

$$t = 3,51 \text{ mm} \approx 3,5 \text{ mm}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh ketebalan minimum pelat geladak utama sebesar **3,5 mm**. Dalam penelitian ini dipilih ketebalan **4–5 mm** agar konstruksi memiliki kekakuan yang lebih baik serta mempertimbangkan ketersediaan material di pasaran.

4.2.3.7 Bulkheads

Bulkhead merupakan struktur sekat yang berfungsi untuk membagi ruang di dalam kapal serta memberikan kekuatan dan kekakuan pada struktur lambung. Pada kapal yang dirancang, digunakan *watertight bulkhead* yang berfungsi sebagai sekat kedap air untuk membatasi penyebaran air apabila terjadi kebocoran pada salah satu ruang kapal. Perencanaan ketebalan pelat *bulkhead* mengacu pada BKI *Rules for Small Vessel up to 24 m*, Part 3 Volume VII, Section 1, Subsection 5.1 – *Bulkhead Plating*. Berdasarkan ketentuan tersebut, ketebalan pelat *bulkhead* ditentukan berdasarkan jarak antar *stiffener* a , *pressure head* h_1 , *material factor* k , serta faktor C sesuai kondisi tumpuan dan jenis *bulkhead*. Dalam perencanaan ini, *bulkhead* menggunakan material *Aluminium Alloy 5083-H116* dengan jarak *stiffener* sebesar

0,50 m. Hasil perhitungan ketebalan minimum pelat kemudian dibandingkan dengan ketebalan pelat aktual yang digunakan untuk memastikan bahwa ketebalan yang dipilih memenuhi persyaratan perhitungan BKI.

Perhitungan Tebal Bulkhead

Ditentukan dengan persamaan:

$$[t = a\sqrt{h_1 \cdot k \cdot C}]$$

Diketahui

$$[a = 0,50 \text{ m}, h_1 = 1,48 \text{ m}, k = 1,59 \text{ C} = 2,90]$$

Tebal Pelat minimum bulkhead berdasarkan BKI

$$[t = (0,50)\sqrt{(1,48)(1,59)(2,90)}]$$

$$[t = (0,50)\sqrt{(1,48)(1,59)(2,90)}]$$

$$[t = (0,50)\sqrt{6,82128}]$$

$$[t = (0,50)(2,61176)]$$

$$[t = 1,31 \text{ mm}]$$

$$[t_{\min} = 1,31 \text{ mm}]$$

Berdasarkan hasil perhitungan BKI diperoleh tebal minimum pelat *bulkhead* sebesar 1,31 mm. Selanjutnya, ketebalan pelat aktual ditetapkan sebesar **4 mm** dengan mempertimbangkan ketebalan pelat yang digunakan pada konstruksi kapal serta kemudahan penerapan dan pengelasan di lapangan. Ketebalan aktual tersebut kemudian diverifikasi terhadap hasil perhitungan minimum BKI. Karena 4 mm lebih besar dari 1,31 mm, maka pelat *bulkhead* yang digunakan memenuhi persyaratan ketebalan minimum hasil perhitungan. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa tebal minimum pelat *bulkhead* adalah 1,31 mm. Pelat yang digunakan dipilih

dengan ketebalan aktual 4 mm. Pemilihan tersebut memenuhi persyaratan karena $t_{aktual}=4 \text{ mm} > t_{min}=1,31 \text{ mm}$.

Tabel 4.4 Rekapitulasi Tebal Plat

Kompenen	Tebal Terhitung BKI	Rekomendasi Dipasang
Pelat alas, $\geq 0,4L$ haluan	8.05 mm	10 mm
Pelat alas, $< 0,4L$ buritan	7.20 mm	8 mm
Pelat sisi, $\geq 0,4L$ haluan	5.5 mm	6 mm
Pelat sisi, $< 0,4L$ buritan	5.0 mm	5 mm
Tebal minimum pelat kulit	3.9 mm	- (governing bila hasil $< ini$)
Pelat geladak utama	3.5 mm	4-5 mm (praktis, agar tak oil-canning)
Bulkheads	1.31	4 mm

Sumber: Data Olahan, 2026

4.2.4 Perhitungan gading melintang (Transverse Frame)

Gading melintang merupakan elemen struktur yang berfungsi memperkuat pelat kulit serta mempertahankan bentuk lambung kapal terhadap beban yang bekerja. Berdasarkan ketentuan oleh BKI Rules for Small Vessels up to 24 m (Part 3 Volume VII, 2021), Pada Tabel 1.42, setiap gading harus memiliki modulus penampang minimum (*required section modulus*). Selanjutnya dipilih profil-T yang mempunyai modulus penampang aktual lebih besar daripada modulus penampang minimum tersebut.

Nilai (W_{req}) merupakan modulus penampang minimum yang dipersyaratkan berdasarkan perhitungan BKI. Selanjutnya, modulus penampang aktual profil T Z dihitung berdasarkan dimensi geometris profil menggunakan persamaan dari *Marine Science and Technology Journal* (2025). Profil T dinyatakan memenuhi persyaratan apabila Z nilai lebih besar atau sama dengan nilai (W_{req}),

Dengan demikian, (W_{req}), digunakan sebagai nilai kebutuhan modulus penampang berdasarkan BKI, sedangkan Z merupakan nilai modulus penampang

aktual dari profil T yang direncanakan. Penentuan nilai l^2 Nilai 1 merupakan **unsupported length of frame** atau panjang bentang bebas frame. Berdasarkan *Table 1.42*, nilai minimum l untuk *motor craft* ditentukan dengan persamaan:

$$l_{min}=0,045L+0,10$$

Dengan panjang kapal $L=12,30$ m, maka:

$$l_{min}=0,045(12,30)+0,10 =0,6535 \text{ m}$$

dengan $L=12,30$ m menghasilkan:

$$l_{min}=0,6535 \text{ m}$$

Di bulat kan menjadi:

$$l = 0,65 \text{ m}$$

Nilai l merupakan panjang bentang bebas (*unsupported length*) frame. Berdasarkan *Table 1.42*, nilai minimum l untuk *motor craft* ditentukan berdasarkan $l_{min}=0,045L+0,10$. Dengan panjang kapal $L=12,00$ m diperoleh $l=0,64$ m. Selanjutnya nilai l^2 diperoleh dari kuadrat panjang bentang tersebut, yaitu $l^2=(0,64)^2$

Keterangan Simbol:

Lambang	Arti	Satuan umum
(A_f)	Luas penampang flange/sayap	mm ²
(A_w)	Luas penampang web/badan	mm ²
(A)	Luas penampang total profil	mm ²
(b_f)	Lebar flange/sayap	mm
(t_f)	Tebal flange/sayap	mm
(t_w)	Tebal web/badan	mm
(h)	Tinggi keseluruhan profil	mm
(h_w)	Tinggi web/badan profil	mm

Lambang	Arti	Satuan umum
(y_f)	Jarak titik berat flange dari dasar profil	mm
(y_w)	Jarak titik berat web dari dasar profil	mm
$(\bar{y})$	Letak titik berat penampang total / sumbu netral	mm
(d)	Jarak titik berat suatu bagian terhadap sumbu netral	mm
(I_x)	Momen inersia penampang terhadap sumbu (x)	mm ⁴
(I_c)	Momen inersia bagian penampang terhadap sumbu yang melalui titik beratnya	mm ⁴
(c)	Jarak dari sumbu netral ke serat/permukaan terluar	mm
(Z_x)	Modulus penampang terhadap sumbu (x)	mm ³
(W_{actual})	Modulus penampang aktual dari profil	cm ³ atau mm ³
(W_{req})	Modulus penampang minimum yang dipersyaratkan	cm ³

Rumus	Arti dalam bahasa biasa
$(A_f = b_f t_f)$	Luas flange = lebar flange $\times$ tebal flange
$(A_w = t_w h_w)$	Luas web = tebal web $\times$ tinggi web
$(A = A_f + A_w)$	Luas penampang total = luas flange + luas web
$(y_f = h - t_f/2)$	Posisi titik berat flange diukur dari dasar profil
$(y_w = h_w/2)$	Posisi titik berat web diukur dari dasar web
$(\bar{y})$ $= \sum \frac{A_i y_i}{\sum A_i}$	Titik berat penampang = jumlah luas $\times$ posisi titik berat, dibagi luas total
(d)	$y_i - \bar{y}$
(I_x) $= \sum (I_c + A d^2)$	Momen inersia total = jumlah momen inersia tiap bagian + pengaruh jarak bagian terhadap sumbu netral
(I_c) $= \frac{bh^3}{12}$	Momen inersia masing-masing bagian penampang terhadap sumbu yang melalui titik beratnya
$(c = h - \bar{y})$	Jarak dari sumbu netral ke serat terluar penampang
$(Z_x = I_x/c)$	Modulus penampang = momen inersia dibagi jarak sumbu netral ke serat terluar
$(W_{\text{actual}} = Z_x)$	Modulus penampang aktual yang dimiliki oleh profil
$(W_{\text{actual}} \geq W_{\text{req}})$	Profil dinyatakan memenuhi apabila modulus penampang aktual $\geq$ modulus penampang yang dipersyaratkan

$$W = 0,35 \cdot a \cdot l^2 \cdot F_{VSF} \cdot P_{dSM} \cdot k$$

$$W = 0,35 \cdot 0,50 \cdot (0,64)^2 \cdot 1,42 \cdot 24,32 \cdot 1,59$$

$$W = 0,35 \cdot 0,50 \cdot 0,4096 \cdot 1,42 \cdot 24,32 \cdot 1,59$$

$$W = 3,93 \text{ cm}^3$$

Rumus :

$$A_f = b_f \times t_f$$

$$A_f = 60 \times 6 = 360 \text{ mm}^2$$

Luas Web

$$A_w = t_w \times (h - t_f)$$

$$A_w = 6 \times (60 - 6) = 324 \text{ mm}^2$$

Total Luas Penampang

$$A = A_f + A_w$$

$$A = 360 + 324 = 684 \text{ mm}^2$$

Titik Berat Flange

$$y_f = h - \frac{t_f}{2}$$

$$y_f = 60 - \frac{6}{2} = 57 \text{ mm}$$

Titik Berat Web

$$y_w = \frac{h - t_f}{2}$$

$$y_w = \frac{60 - 6}{2} = 27 \text{ mm}$$

Titik Berat Penampang

$$\bar{y} = \frac{A_f y_f + A_w y_w}{A}$$

$$\bar{y} = \frac{360 \times 57 + 324 \times 27}{684}$$

$$\bar{y} = 42,79 \text{ mm}$$

Momen Inersia

$$I_x = \Sigma(I_c + A d^2)$$

$$I_x = 233.286 \text{ mm}^4$$

Modulus Penampang

$$Z = \frac{I_x}{c}$$

$$Z = \frac{233.286}{42,79}$$

$$Z = 5,45 \text{ cm}^3$$

$$5,45 > 3,93$$

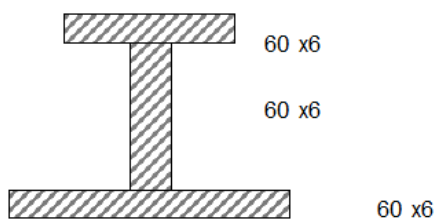
$$Z > W_{\text{req}}$$

Margin dari $Z > W_{\text{req}}$

$$\text{Margin}(\%) = \frac{Z_{\text{aktual}} - W_{\text{BKI}}}{W_{\text{BKI}}} \times 100\%$$

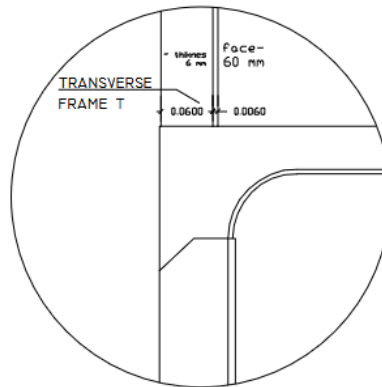
$$\text{Margin}(\%) = \frac{5,45 - 3,93}{3,93} \times 100\%$$

$$\text{Margin} = 38,68\%$$



Profil T 60 × 60 × 6 mm dipilih sebagai dimensi awal (*trial profile*) untuk dilakukan verifikasi terhadap persyaratan BKI. Selanjutnya, berdasarkan dimensi

profil tersebut dilakukan perhitungan sifat penampang sehingga diperoleh modulus penampang aktual sebesar $5,45 \text{ cm}^3$. Karena nilai modulus penampang aktual lebih besar daripada modulus penampang minimum yang dipersyaratkan BKI sebesar $4,05 \text{ cm}^3$, dengan selisih 38,68% maka profil T $60 \times 60 \times 6 \text{ mm}$ dinyatakan memenuhi persyaratan dan digunakan sebagai struktur gading melintang.



Gambar 4.6 Detail Penerapan 2D Transverse Frame T $60 \times 60 \times 6 \text{ mm}$

Sumber: Data Olahan, 2026

Gambar 4.6 memperlihatkan detail konstruksi sambungan *transverse frame tipe T* terhadap pelat sisi kapal. Berdasarkan hasil perhitungan dimensi struktur, digunakan pelat dengan ketebalan 6 mm dan profil T dengan *face plate* berukuran 60 mm. Detail ini menunjukkan konfigurasi sambungan las antara profil dan pelat yang berfungsi sebagai pengikat utama untuk memastikan distribusi beban berjalan secara efektif, meningkatkan kekakuan struktur, serta menjaga integritas konstruksi pada area sambungan sesuai dengan hasil perancangan.

4.2.4.1 Perhitungan gading besar (*Web Frame*)

Perhitungan *web frame* (gading besar) dilakukan berdasarkan oleh BKI Rules for Small Vessels up to 24 m (Part 3 Volume VII, 2021). Perhitungan ini bertujuan untuk menentukan kebutuhan modulus penampang minimum (*required section modulus*) yang harus dipenuhi oleh web frame agar mampu menahan beban desain yang bekerja pada struktur kapal. Nilai kebutuhan modulus penampang tersebut kemudian digunakan sebagai dasar dalam pemilihan profil T yang sesuai.

$$W = 0,48 \cdot a \cdot l^2 \cdot F_{VBW} \cdot P_{dBM} \cdot k$$

$$W = 0,48 \cdot 0,50 \cdot (0,64)^2 \cdot 1,33 \cdot 35,69 \cdot 1,59$$

$$W = 0,48 \cdot 0,50 \cdot 0,4096 \cdot 1,33 \cdot 35,69 \cdot 1,59$$

$$W = 7,41 \text{ cm}^3$$

$$A_f = b_f \times t_f$$

$$A_f = 80 \times 8 = 640 \text{ mm}^2$$

Luas Web

$$A_w = t_w \times (h - t_f)$$

$$A_w = 8 \times (80 - 8) = 576 \text{ mm}^2$$

Total Luas Penampang

$$A = A_f + A_w$$

$$A = 640 + 576 = 1.216 \text{ mm}^2$$

Titik Berat Flange

$$y_f = h - \frac{t_f}{2}$$

$$y_f = 80 - \frac{8}{2} = 76 \text{ mm}$$

Titik Berat Web

$$y_w = \frac{h - t_f}{2}$$

$$y_w = (80 - 8)/2 = 36 \text{ mm}$$

Titi Berat Penampang

$$\bar{y} = (A_f y_f + A_w y_w)/A$$

$$\bar{y} = \frac{640 \times 76 + 576 \times 36}{1.216}$$

$$\bar{y} = 57,05 \text{ mm}$$

Momen Inersia

$$I_x = \Sigma(I_c + A d^2)$$

$$I_x = 737.298 \text{ mm}^4$$

Modulus Penampang

$$Z = \frac{I_x}{c}$$

$$Z = 737.298/57,05$$

$$Z = 12,92 \text{ cm}^3$$

$$12,92 > 7,41$$

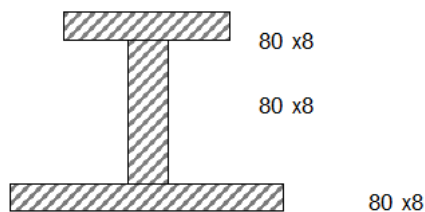
$$\boxed{Z > W_{\text{req}}}$$

Margin dari $Z > W_{\text{req}}$

$$\text{Margin}(\%) = \frac{Z_{\text{aktual}} - W_{\text{BKI}}}{W_{\text{BKI}}} \times 100\%$$

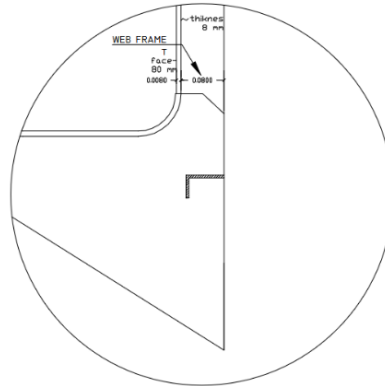
$$\text{Margin}(\%) = \frac{12,92 - 7,41}{7,41} \times 100\%$$

$$\text{Margin} = 74,36\%$$



Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan persamaan BKI diperoleh kebutuhan modulus penampang minimum W_{req} sebesar 7,41 cm³ untuk elemen web frame. Selanjutnya dipilih profil T 80 × 80 × 8 mm sebagai dimensi awal (*trial profile*) pada lembar perhitungan Excel. Berdasarkan dimensi profil tersebut diperoleh modulus penampang aktual Z sebesar 12,92 cm³. Karena nilai Z lebih

besar daripada W_{req} ($12,92 \text{ cm}^3 > 7,41 \text{ cm}^3$), maka profil T $80 \times 80 \times 8 \text{ mm}$ dinyatakan memenuhi persyaratan BKI dan digunakan sebagai profil web frame. Berikut gambar



Gambar 4.7 Detail Penerapan 2D Web Frame T $80 \times 80 \times 8 \text{ mm}$
Sumber: Data Olahan, 2026

Gambar 4.7 menunjukkan penerapan *Web Frame* Profil yang ditunjukkan adalah profil T dengan ukuran face = 80 mm dan thickness = 8 mm, yang sesuai dengan hasil perhitunganmu yaitu profil T $80 \times 80 \times 8 \text{ mm}$ pada struktur lambung kapal. Berdasarkan hasil perhitungan, profil tersebut memiliki modulus penampang aktual sebesar $12,92 \text{ cm}^3$, lebih besar daripada modulus penampang minimum yang dipersyaratkan BKI sebesar $7,41 \text{ cm}^3$, dengan selisih 74,36 % sehingga dinyatakan memenuhi persyaratan kekuatan dan digunakan sebagai elemen web frame pada konstruksi kapal.

4.2.4.2 Perhitungan *Floor wrang*

Perhitungan *floor* dilakukan berdasarkan oleh BKI Rules for Small Vessels up to 24 m (Part 3 Volume VII, 2021). Perhitungan ini bertujuan untuk menentukan kebutuhan modulus penampang minimum (*required section modulus*) yang harus dipenuhi oleh floor agar mampu menahan beban desain yang bekerja pada struktur kapal.

$$W = 0.43 \cdot a \cdot l^2 \cdot F_{VF} \cdot P_{dBM} \cdot k$$

$$W = 0,43 \cdot 0,50 \cdot (0,64)^2 \cdot F_{VF} \cdot 35,69 \cdot 1,59$$

$$W = 0,48 \cdot 0,50 \cdot 0,4096 \cdot 7,04 \cdot 35,69 \cdot 1,59$$

$$W = 35,18 \text{ cm}^3$$

$$W = 35,18 \text{ cm}^3$$

$$A_f = b_f \times t_f$$

$$A_f = 125 \times 10 = 1.250 \text{ mm}^2$$

Luas Web

$$A_w = t_w \times (h - t_f)$$

$$A_w = 10 \times (125 - 10) = 1.150 \text{ mm}^2$$

Total Luas Penampang

$$A = A_f + A_w$$

$$A = 1.250 + 1.150 = 2.400 \text{ mm}^2$$

Titik Berat Flange

$$y_f = h - \frac{t_f}{2}$$

$$y_f = 80 - \frac{8}{2} = 76 \text{ mm}$$

Titik Berat Web

$$y_w = \frac{h - t_f}{2}$$

$$y_w = \frac{125 - 10}{2} = 57,5 \text{ mm}$$

Titik Berat Penampang

$$\bar{y} = \frac{A_f y_f + A_w y_w}{A}$$

$$\bar{y} = \frac{1.250 \times 120 + 1.150 \times 57,5}{2.400}$$

$$\bar{y} = 90,05 \text{ mm}$$

Momen Inersia

$$I_x = \Sigma(I_c + A d^2)$$

$$I_x = 3.617.493 \text{ mm}^4$$

Modulus Penampang

$$Z = \frac{I_x}{c}$$

$$Z = \frac{3.617.493}{90,05}$$

$$Z = 40,17 \text{ cm}^3$$

$$Z > W_{\text{req}}$$

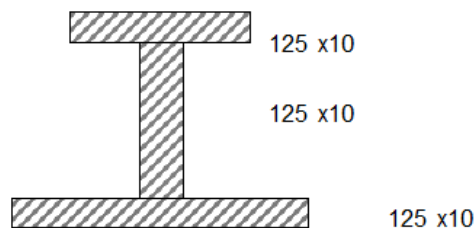
$$40,17 > 35,18$$

Margin dari $Z > W_{\text{req}}$

$$\text{Margin}(\%) = \frac{Z_{\text{aktual}} - W_{\text{BKI}}}{W_{\text{BKI}}} \times 100\%$$

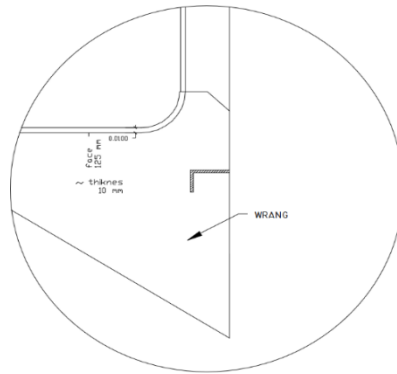
$$\text{Margin}(\%) = \frac{40,17 - 35,18}{35,18} \times 100\%$$

$$\text{Margin} = 14,18 \%$$



Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan persamaan BKI diperoleh modulus penampang minimum yang dipersyaratkan untuk elemen floor/wrang

sebesar $W_{req}=35,18 \text{ cm}^3$. Selanjutnya dipilih profil T $125 \times 125 \times 10 \text{ mm}$ sebagai *trial profile*. Berdasarkan perhitungan sifat penampang diperoleh modulus penampang aktual sebesar $Z = 40,17 \text{ cm}^3$. Dengan selisih 14,18% maka profil T $125 \times 125 \times 10 \text{ mm}$ memenuhi persyaratan dan dapat digunakan sebagai *floor/wrang*. Berikut pada gambar 4.8



Gambar 4.8 Detail Penerapan 2D Wrang $125 \times 125 \times 10 \text{ mm}$
Sumber: Data Olahan, 2026

Gambar 4.8 memperlihatkan detail sambungan *wrang* dengan pelat lambung kapal. Wrang dirancang menggunakan pelat setebal 10 mm dengan *face plate* berukuran 125 mm. Detail sambungan menunjukkan konfigurasi las yang berfungsi untuk menjamin kontinuitas penyaluran beban, meningkatkan kekakuan struktur melintang, serta memastikan sambungan memiliki kekuatan yang sesuai dengan hasil perhitungan konstruksi yang telah dilakukan.

4.2.4.3 Perhitungan Balok Geladak (*Deck Transverse Beam*)

Perhitungan balok geladak (*deck beam*) dilakukan berdasarkan oleh BKI Rules for Small Vessels up to 24 m (Part 3 Volume VII, 2021). Perhitungan ini bertujuan untuk menentukan kebutuhan modulus penampang minimum (*required section modulus*) yang harus dipenuhi oleh balok geladak agar mampu menahan beban desain yang bekerja pada struktur geladak kapal.

$$W = 0,38 \cdot a \cdot l^2 \cdot F_{VB} \cdot P_{dD} \cdot k$$

$$W = 0,38 \cdot 0,50 \cdot (0,64)^2 \cdot 1,32 \cdot 11,36 \cdot 1,59$$

$$W = 0,38 \cdot 0,50 \cdot 0,4096 \cdot 1,32 \cdot 11,36 \cdot 1,59$$

$$W = 1,85 \text{ cm}^3$$

$$W = 1,85 \text{ cm}^3$$

$$A_f = b_f \times t_f$$

$$A_f = 60 \times 6 = 360 \text{ mm}^2$$

Luas Web

$$A_w = t_w \times (h - t_f)$$

$$A_w = 6 \times (60 - 6) = 324 \text{ mm}^2$$

Total Luas Penampang

$$A = A_f + A_w$$

$$A = 360 + 324 = 684 \text{ mm}^2$$

Titik Berat Flange

$$y_f = h - \frac{t_f}{2}$$

$$y_f = 60 - \frac{6}{2} = 57 \text{ mm}$$

Titik Berat Web

$$y_w = \frac{h - t_f}{2}$$

$$y_w = \frac{60 - 6}{2} = 27 \text{ mm}$$

Titi Berat Penampang

$$\bar{y} = \frac{A_f y_f + A_w y_w}{A}$$

$$\bar{y} = \frac{360 \times 57 + 324 \times 27}{684}$$

$$\bar{y} = 42,79 \text{ mm}$$

Momen Inersia

$$I_x = \Sigma(I_c + A d^2)$$

$$I_x = 233.286 \text{ mm}^4$$

Modulus Penampang

$$Z = \frac{I_x}{c}$$

$$Z = \frac{233.286}{42,79}$$

$$Z = 5,45 \text{ cm}^3$$

$$Z > W_{\text{req}}$$

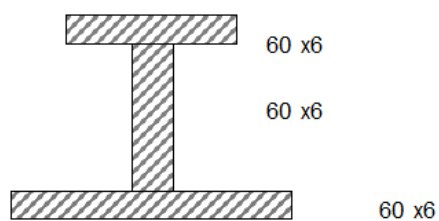
$$5,45 > 1,85$$

Magin dari $Z > W_{\text{req}}$

$$\text{Margin}(\%) = \frac{Z_{\text{aktual}} - W_{\text{BKI}}}{W_{\text{BKI}}} \times 100\%$$

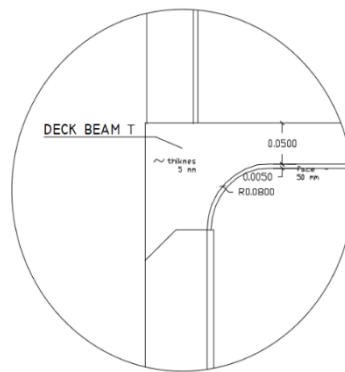
$$\text{Margin}(\%) = \frac{5,45 - 1,85}{1,85} \times 100\%$$

$$\text{Margin} = 194 \%$$



Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan persamaan BKI diperoleh

kebutuhan modulus penampang minimum W sebesar $1,91 \text{ cm}^3$. Selanjutnya dipilih profil T $60 \times 60 \times 6 \text{ mm}$ sebagai dimensi awal (*trial profile*). Hasil verifikasi menunjukkan bahwa nilai Z lebih besar daripada W ($5,45 \text{ cm}^3 > 1,91 \text{ cm}^3$), dengan selisih 194% sehingga profil T $60 \times 60 \times 6 \text{ mm}$ dinyatakan memenuhi persyaratan BKI dan digunakan sebagai elemen struktur yang direncanakan berikut pada gambar 4.9



Gambar 4.9 Detail Penerapan Deck Transverse Beam T $60 \times 60 \times 6 \text{ mm}$
Sumber: Data Olahan, 2026

Gambar 4.9 menunjukkan penerapan Deck Transverse Beam pada konstruksi geladak utama kapal. Profil yang digunakan adalah profil T $60 \times 60 \times 6 \text{ mm}$, dengan lebar *flange* (face) 60 mm, tinggi badan profil (web) 60 mm, dan ketebalan profil (*thickness*) 6 mm. Profil tersebut dipasang melintang pada geladak utama dan dihubungkan dengan pelat geladak menggunakan sambungan las. Pemilihan dimensi profil didasarkan pada hasil perhitungan kebutuhan modulus penampang yang telah memenuhi persyaratan BKI, sehingga mampu berfungsi sebagai penegar melintang untuk meningkatkan kekakuan pelat geladak serta menyalurkan beban menuju struktur pendukung kapal.

4.2.4.4 Perhitungan Gading Memanjang Alas (*Bottom Longitudinal*)

Perhitungan gading memanjang alas (*bottom longitudinal*) dilakukan berdasarkan BKI Rules for Small Vessels up to 24 m (Part 3 Volume VII, 2021). Perhitungan ini bertujuan untuk menentukan kebutuhan modulus penampang minimum (*required section modulus*) yang harus dipenuhi oleh gading memanjang alas agar mampu menahan beban desain pada bagian alas kapal. Nilai kebutuhan

modulus penampang tersebut kemudian digunakan sebagai dasar dalam pemilihan profil I yang sesuai.

$$W = 0,31 \cdot a \cdot l^2 \cdot F_{VSL} \cdot P_{dBM} \cdot k$$

$$W = 0,31 \cdot 0,50 \cdot (0,82)^2 \cdot 1,55 \cdot 35,69 \cdot 1,59$$

$$W = 0,31 \cdot 0,50 \cdot 0,6724 \cdot 1,55 \cdot 35,69 \cdot 1,59$$

$$W = 9,17 \text{ cm}^3$$

$$W = 9,17 \text{ cm}^3$$

$$A_1 = 65 \times 5 = 325 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = 42 \times 5 = 210 \text{ mm}^2$$

Luas Bagian Beririsan

$$A_3 = 5 \times 5 = 25 \text{ mm}^2$$

Total Luas Penampang

$$A = A_1 + A_2 - A_3$$

$$A = 325 + 210 - 25 = 510 \text{ mm}^2$$

Titik Berat

$$y_f = y_1 = \frac{65}{2} = 32,5 \text{ mm}$$

$$y_2 = \frac{5}{2} = 2,5 \text{ mm}$$

$$y_3 = \frac{5}{2} = 2,5 \text{ mm}$$

Titi Berat Penampang

$$\bar{y} = \frac{A_1 y_1 + A_2 y_2 - A_3 y_3}{A}$$

$$\bar{y} = \frac{325 \times 32,5 + 210 \times 2,5 - 25 \times 2,5}{510}$$

$$\bar{y} = 20,74 \text{ mm}$$

Momen Inersia

$$I_x = \Sigma(I_c + A d^2)$$

$$I_x = 207.720 \text{ mm}^4$$

Modulus Penampang

$$Z = \frac{I_x}{c}$$

$$Z = \frac{207,720}{20,74}$$

$$Z = 10,01 \text{ cm}^3$$

$$\boxed{Z > W}$$

$$10,01 > 9,17$$

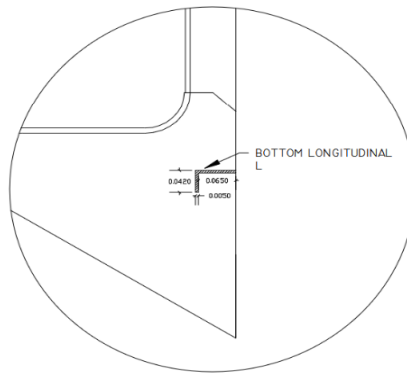
Margin dari $Z > W_{\text{req}}$

$$\text{Margin}(\%) = \frac{Z_{\text{aktual}} - W_{\text{BKI}}}{W_{\text{BKI}}} \times 100\%$$

$$\text{Margin}(\%) = \frac{10,01 - 9,17}{9,17} \times 100\%$$

$$\text{Margin} = 9,16 \%$$

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan persamaan BKI diperoleh kebutuhan modulus penampang minimum W sebesar 9.17 cm³. Selanjutnya dipilih profil L 65 × 42 × 5 mm sebagai dimensi awal (*trial profile*) pada lembar perhitungan Excel. Berdasarkan dimensi profil tersebut diperoleh modulus penampang aktual Z sebesar 13,79 cm³. Hasil verifikasi menunjukkan bahwa nilai Z besar daripada W (10,01 cm³ > 9.17 cm³), dengan selisih 9,16% sehingga profil **L 65 × 42 × 5 mm** dinyatakan memenuhi persyaratan BKI dan digunakan sebagai profil gading memanjang alas (*bottom longitudinal frame*). Berikut pada gambar 4.10



Gambar 4.10 Detail Penerapan Bottom Longitudinal L 60×40×5 mm
Sumber: Data Olahan, 2026

4.2.4.5 Perhitungan Gading Memanjang Sisi (Side Longitudinal)

Perhitungan gading memanjang sisi (*side longitudinal*) dilakukan *BKI Rules for Small Vessels up to 24 m (Part 3 Volume VII, 2021)*, Perhitungan ini bertujuan untuk menentukan kebutuhan modulus penampang minimum (*required section modulus*) yang harus dipenuhi oleh gading memanjang sisi agar mampu menahan beban desain pada bagian sisi kapal. Nilai kebutuhan modulus penampang tersebut kemudian digunakan sebagai dasar dalam pemilihan profil I yang sesuai.

$$W = 0,31 \cdot a \cdot l^2 \cdot F_{VSL} \cdot P_{dSM} \cdot k$$

$$W = 0,31 \cdot 0,50 \cdot (0,82)^2 \cdot 1,55 \cdot 24,32 \cdot 1,59$$

$$W = 0,31 \cdot 0,50 \cdot 0,6724 \cdot 1,55 \cdot 24,32 \cdot 1,59$$

$$W = 6,26 \text{ cm}^3$$

$$W = 6,26 \text{ cm}^3$$

$$A_1 = 60 \times 5 = 300 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = 40 \times 5 = 200 \text{ mm}^2$$

Luas Bagian Beririsan

$$A_3 = 5 \times 5 = 25 \text{ mm}^2$$

Total Luas Penampang

$$A = A_1 + A_2 - A_3$$

$$A = 300 + 200 - 25 = 475 \text{ mm}^2$$

Titik Berat

$$y_f = y_1 = \frac{60}{2} = 30 \text{ mm}$$

$$y_2 = \frac{5}{2} = 2,5 \text{ mm}$$

$$y_3 = \frac{5}{2} = 2,5 \text{ mm}$$

Titi Berat Penampang

$$\bar{y} = \frac{A_1 y_1 + A_2 y_2 - A_3 y_3}{A}$$

$$\bar{y} = \frac{300 \times 30 + 200 \times 2,5 - 25 \times 2,5}{475}$$

$$\bar{y} = 19,87 \text{ mm}$$

Momen Inersia

$$I_x = \Sigma(I_c + A d^2)$$

$$I_x = 173.950 \text{ mm}^4$$

Modulus Penampang

$$Z = \frac{I_x}{c}$$

$$Z = \frac{173.950}{19,87}$$

$$Z = 8,76 \text{ cm}^3$$

$$\boxed{Z > W}$$

$$8,76 > 6,26$$

Magin dari $Z > W_{\text{req}}$

$$\text{Margin}(\%) = \frac{Z_{\text{aktual}} - W_{\text{BKI}}}{W_{\text{BKI}}} \times 100\%$$

$$\text{Margin}(\%) = \frac{8,76 - 6,26}{6,26} \times 100\%$$

$$\text{Margin} = 39,93 \%$$

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan persamaan BKI diperoleh kebutuhan modulus penampang minimum **W** sebesar 6,26 cm³. Selanjutnya dipilih profil L 60 × 40 × 5 mm sebagai dimensi awal (*trial profile*) pada lembar perhitungan Excel. Berdasarkan dimensi profil tersebut diperoleh modulus penampang aktual **Z** sebesar 8,76 cm³. Hasil verifikasi menunjukkan bahwa nilai **Z** lebih besar daripada **W** (8,76cm³ > 6,26 cm³), dengan selisih 39,93 % sehingga profil L 60 × 40 × 5mm dinyatakan memenuhi persyaratan BKI dan digunakan sebagai profil gading memanjang sisi (*side longitudinal frame*).

4.2.5 Rekapitulasi Rekomendasi Profil Konstruksi

Setelah dilakukan perhitungan modulus penampang (W) untuk setiap elemen konstruksi berdasarkan ketentuan, *BKI Rules for Small Vessels up to 24 m (Part 3 Volume VII, 2021)*, serta melakukan pemilihan ukuran profil standar yang tersedia di pasaran, maka tahap selanjutnya adalah menyusun rekapitulasi hasil rekomendasi profil.

Rekapitulasi ini bertujuan untuk menyajikan secara ringkas seluruh dimensi profil yang dipilih beserta status kelayakannya, sehingga memudahkan dalam proses pembuatan gambar produksi dan pengadaan material. Dalam rangka menyederhanakan konstruksi kapal kecil, jenis profil yang digunakan dibatasi hanya pada dua tipe, yaitu:

Kriteria kelayakan yang digunakan adalah $W_{\text{aktual}} \geq W_{\text{dibutuhkan}}$. Apabila kondisi ini terpenuhi, maka profil dinyatakan OK dan layak digunakan.

1. Profil T (Tee) : Diuntuk elemen konstruksi melintang
2. Profil I (I-beam) : Digunakan untuk elemen konstruksi memanjang

Tabel 4.5 Rekapitulasi Profil T (Elemen Melintang)

No	Bagian Konstruksi	Ukuran Standar Profil	Parameter penampang Zx actual profil	Parameter minimum BKI W	Margin %
1	Gading melintang (<i>transverse frame</i>)	T 60×60×6 mm	5,45	3,93	38,68%
2	Web frame (<i>gading besar</i>)	T 80×80×8 mm	12,92	7,41	74,36%
3	Floor	T 125×125×10 mm	40,17	35,18	14,18%
4	Balok geladak (<i>deck beam</i>) melintang	T 60×60× 6 mm	5,45	1,85	194%

Sumber: Data Olahan, 2026

Tabel 4.6 Rekapitulasi Profil I (Elemen memanjang)

No	Bagian Konstruksi	Ukuran Standar	Parameter penampang actual Z profil	Parameter minimum BKI W req	Margin %
1	Gading memanjang alas (<i>bottom longitudinal</i>)	L 65 ×42×5 mm	10,01	9,17	9,16%
2	Gading memanjang sisi (<i>side longitudinal</i>)	1 60×40×5mm	8,76	6,26	39,3%

Sumber: Data Olahan, 2026

4.2.6 Berat Konstruksi Kapal

Berat konstruksi kapal dihitung berdasarkan komponen pelat dan profil yang digunakan pada konstruksi. Berat pelat ditentukan berdasarkan panjang, lebar, ketebalan, dan massa jenis material Aluminium Alloy 5083-H116, sedangkan berat profil ditentukan berdasarkan luas penampang, panjang, jumlah profil, dan massa jenis material. Hasil perhitungan setiap komponen kemudian direkapitulasi untuk memperoleh berat total konstruksi kapal.

Tabel 4.7 Rekapitulasi Berat Plate Konstruksi

No.	Kode Plat	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Ketebalan (mm)	Massa Jenis (kg/m ³)	Berat Konstruksi(kg)
1	MAIN DECK PLATE	12300	4089	4	2.660	535,16
2	SUPERSTRUCTURE DECK PLATE	6554	3289	4	2.660	229,38
3	PROTECTIVE ROOF PLATE	3293	3647	4	2.660	127,78
4	HULL SIDE PLATE	12300	1166	10	2.660	381,49
5	MAIN DECK SIDE PLATE	6554	1196	4	2.660	83,43
6	SUPERSTRUCTURE SIDE PLATE	3293	1250	4	2.660	43,8
7	PLAT BELAKANG GELADAK UTAMA	4089	1616	4	2.660	70,31
8	MAIN DECK REAR PLATE	3289	595	4	2.660	20,82
9	SUPERSTRUCTURE REAR PLATE	4089	1095	4	2.660	47,64
10	SUPERSTRUCTURE FORWARD PLATE	3289	436	4	2.660	15,26
					TOTAL	1.511,65

Tabel 4. 8 Rekapitulasi Berat Profil Konstruksi

No.	PROFIL L/T	Flange	Ketebalan	Web	Ketebalan	Panjang	Jumlah Item	Massa Jenis (kg/m ³)	Berat Konstruksi(kg)
1	WEB FRAME 1-5	80	8	80	8	1004	5	2.660	17,09
2	WEB FRAME 6-7	80	8	80	8	3300	2	2.660	22,47
3	WEB FRAME 8-12	80	8	80	8	2705	4	2.660	36,24
4	WEB FRAME 13-14	80	8	80	8	2578	2	2.660	17,56
5	WEB FRAME 15-17	80	8	80	8	2454	3	2.660	25,57
6	WEB FRAME 18-19	80	8	80	8	2269	2	2.660	15,45
7	WEB FRAME 20-23	80	8	80	8	1518	5	2.660	25,84
8	WEB FRAME 24	80	8	80	8	463	1	2.660	1,58
9	TRANSVERSE FRAME	60	6	60	6	4089	24	2.660	187,95
10	WRANG	125	5	125	5	1343	4	2.660	17,86
11	SIDE GIRDER	60	5	40	5	12300	4	2.660	65,44
12	BOTTOM LONGITUDINAL	60	5	40	5	12300	8	2.660	130,87
								TOTAL	564,81

Berdasarkan hasil rekapitulasi berat plat dan profil konstruksi total berat konstruksi kapal dihitung dengan menjumlahkan berat plate dan berat profil menjadi.

$$[W_{\text{konstruksi}} = W_{\text{pelat}} + W_{\text{profil}}]$$

$$[W_{\text{konstruksi}} = 1.511,65 + 564,81]$$

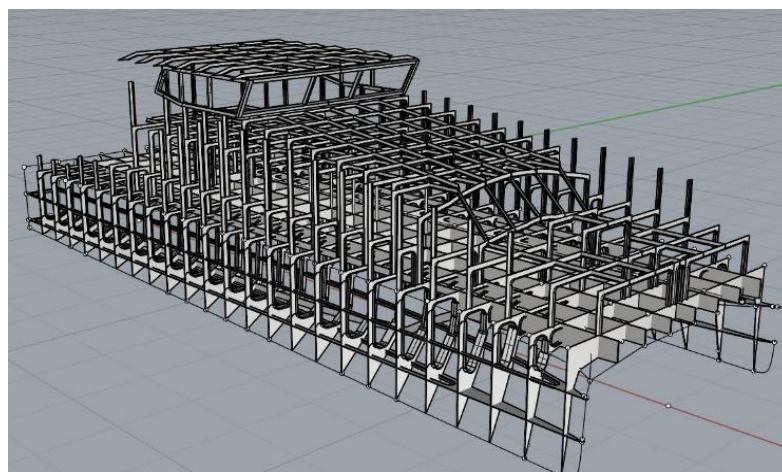
$$[W_{\text{konstruksi}} = 2.076,46 \text{ kg}]$$

Berdasarkan hasil rekapitulasi, diperoleh berat pelat konstruksi sebesar 1.511,65 kg dan berat profil konstruksi sebesar 564,81 kg. Dengan demikian, total berat konstruksi kapal yang diperhitungkan dari komponen pelat dan profil adalah sebesar 2.076,46 kg

4.3 Hasil Desain Kapal

4.3.1 Hasil Pemodelan 3D Konstruksi Kapal

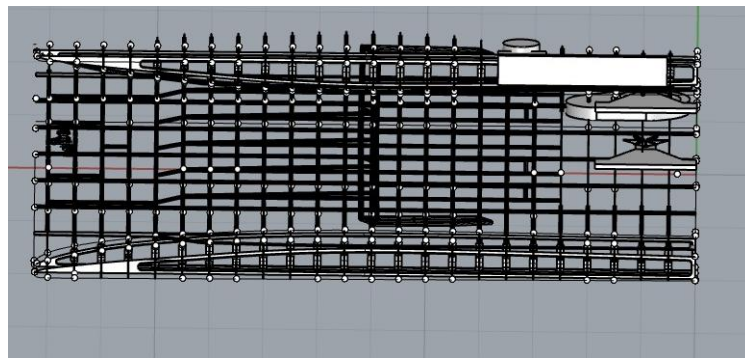
Setelah seluruh perhitungan konstruksi dilakukan berdasarkan ketentuan *BKI Rules for Small Vessels up to 24 m (Part 3 Volume VII, 2021)*, tahapan selanjutnya adalah pembuatan model tiga dimensi (3D) menggunakan perangkat lunak Rhinoceros 3D. Pemodelan ini bertujuan untuk memvisualisasikan susunan elemen-elemen konstruksi kapal sehingga dapat diketahui kesesuaian antara hasil perhitungan dengan bentuk struktur yang dirancang. Model tiga dimensi yang dihasilkan merupakan representasi konstruksi kapal katamaran tipe *Axe Bow* lambung asimetri yang terdiri atas dua lambung (*demihull*) yang dihubungkan oleh struktur *cross deck*. Pada tahap ini model masih berupa rangka konstruksi (*structural framing*) sehingga pelat lambung dan pelat geladak belum dipasang. Penyajian model tanpa pelat bertujuan agar susunan setiap elemen struktur dapat diamati dengan lebih jelas.



Gambar 4.11 Hasil pemodelan tampak isometrik 3D konstruksi kapal katamaran
Sumber: Data Olahan, 2026

Gambar 4.11 menunjukkan tampak isometrik model konstruksi 3D kapal

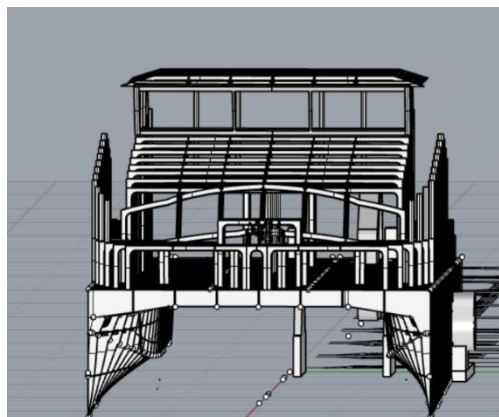
katamaran axe bow asimetri yang telah dimodelkan berdasarkan hasil perhitungan konstruksi sesuai Rules BKI. Pada tampilan ini terlihat susunan elemen konstruksi utama, seperti gading melintang, gading memanjang, floor (wrang), balok geladak, serta struktur superstruktur yang membentuk konstruksi kapal secara keseluruhan.



Gambar 4.12 Tampak Atas (Top View) Model Konstruksi 3D Kapal Katamaran Axe Bow Asimetri

Sumber: Data Olahan, 2026

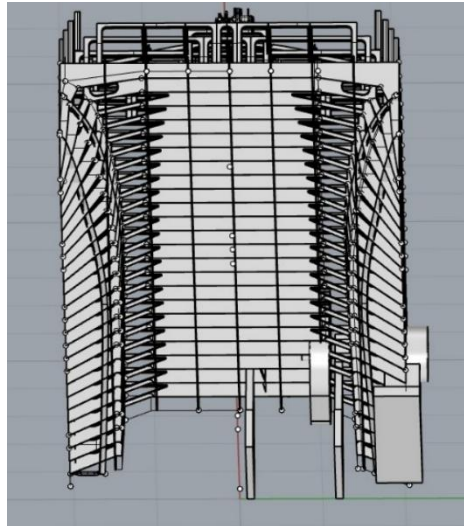
Gambar 4.12 memperlihatkan tampak atas model konstruksi 3D kapal katamaran axe bow asimetri. Pada tampilan ini dapat diamati susunan gading memanjang, balok geladak, serta tata letak elemen konstruksi pada bagian geladak yang telah disesuaikan dengan hasil perhitungan konstruksi.



Gambar 4. 13 Menunjukkan tampak haluan model konstruksi 3D kapal katamaran axe bow asimetri Asimetri

Sumber: Data Olahan, 2026

Gambar 4.13 menunjukkan tampak haluan model konstruksi 3D kapal katamaran axe bow asimetri. Tampilan ini memperlihatkan bentuk kedua lambung kapal serta susunan gading melintang yang berfungsi sebagai penegar struktur pada bagian depan kapal.



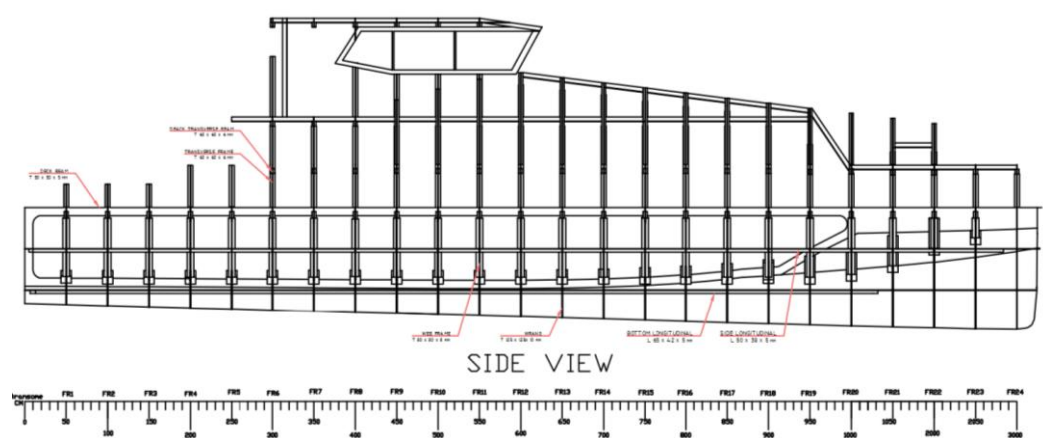
Gambar 4.14 Tampak Bawah (Bottom View) Model Konstruksi 3D Kapal Katamaran Axe Bow Asimetri

Sumber: Data Olahan, 2026

Gambar 4.14 memperlihatkan tampak bawah model konstruksi 3D kapal katamaran axe bow asimetri. Pada tampilan ini terlihat susunan konstruksi dasar kapal yang terdiri atas pelat alas, floor (wrang), dan gading memanjang sebagai elemen utama yang memperkuat struktur bagian bawah lambung. Berdasarkan gambar di atas terlihat bahwa seluruh elemen konstruksi telah tersusun mengikuti bentuk lambung kapal. Elemen-elemen tersebut meliputi gading melintang, gading memanjang, web frame, wrang, girder dasar, balok geladak, struktur penghubung (*cross deck*), serta pelat geladak. Penyusunan elemen dilakukan berdasarkan hasil perhitungan dimensi profil dan ketebalan pelat sehingga setiap komponen telah memenuhi persyaratan konstruksi yang ditetapkan oleh BKI.

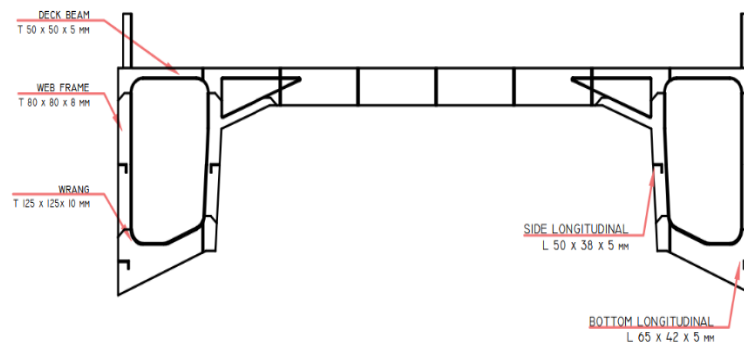
4.3.2 Tampilan 2D (Side View) Elemen Konstruksi Kapal Katamaran Tipe *Axe Bow* Lambung Asimetri

Berikut tampilan ini menunjukkan tampilan 2D (*side view*) konstruksi kapal katamaran tipe *Axe Bow* lambung asimetri yang disusun berdasarkan hasil pemodelan konstruksi. Tampilan ini memperlihatkan susunan dan posisi elemen-elemen konstruksi utama pada lambung kapal secara keseluruhan, sehingga memberikan gambaran mengenai tata letak konstruksi dari bagian haluan hingga buritan. Gambar ini digunakan sebagai acuan untuk memudahkan pembaca dalam memahami posisi setiap elemen konstruksi sebelum dilakukan pembahasan secara rinci pada subbab hasil perhitungan masing-masing elemen konstruksi. Berikut pada gambar 4.15



Gambar 4.15 Tampilan 2D (Side View) Elemen Konstruksi Kapal Katamaran Tipe *Axe Bow* Lambung Asimetri
Sumber: Data Olahan, 2026

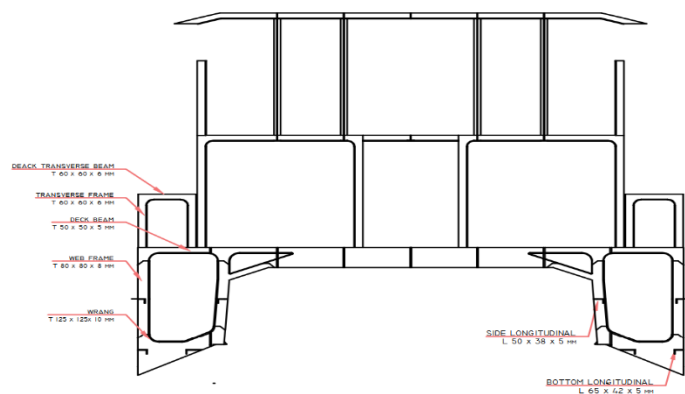
4.3.3 Tampilan 2D Konstruksi Stern Area Frame 1 Kapal Katamaran Tipe *Axe Bow* Lambung Asimetri Stern Area Frame 1



Gambar 4.16 2D Konstruksi Stern Area Frame 1 Kapal
Sumber: Data Olahan, 2026

Berikut gambar 4.16 tampilan ini menunjukkan detail konstruksi Stern Frame 1 pada kapal katamaran tipe *Axe Bow* lambung asimetri. Pada gambar ini ditampilkan susunan elemen-elemen konstruksi yang membentuk penampang melintang di bagian buritan, yang terdiri atas *deck beam*, *web frame*, *wrang*, *side longitudinal*, dan *bottom longitudinal* beserta ukuran profil masing-masing. Penyusunan elemen-elemen konstruksi tersebut dilakukan berdasarkan hasil perhitungan dimensi profil sesuai dengan ketentuan *BKI Rules for Small Vessels up to 24 m (2021)* sehingga mampu memberikan kekuatan dan kekakuan struktur pada bagian buritan kapal. Gambar ini digunakan sebagai acuan dalam menunjukkan posisi serta hubungan antar elemen konstruksi pada *Stern Frame 1*

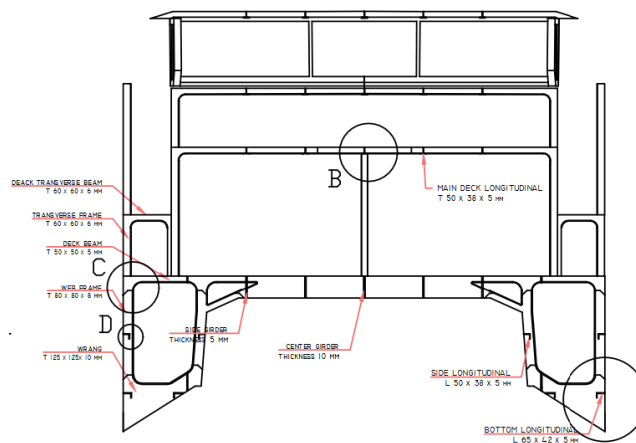
4.3.4 Tampilan 2D Penampang Melintang Stern Area Frame 6 Kapal Katamaran Tipe *Axe Bow* Lambung Asimetri



Gambar 4.17 Gambar 2D Penampang Melintang Stern area frame 16
Sumber: Data Olahan, 2026

Gambar 4.17 ini menunjukkan detail konstruksi *Stern Area Frame 6* pada kapal katamaran tipe *Axe Bow* lambung asimetri. Pada penampang melintang ini terlihat susunan elemen-elemen konstruksi yang terdiri atas *deck transverse beam*, *deck beam*, *transverse frame*, *web frame*, *wrang*, *side longitudinal*, dan *bottom longitudinal*, beserta ukuran profil yang digunakan pada masing-masing elemen. Selain itu, pada *Frame 6* telah terdapat struktur penyangga bangunan atas (*superstructure*) yang terhubung dengan geladak melalui *deck transverse beam*. Susunan elemen konstruksi tersebut dirancang berdasarkan hasil perhitungan dimensi profil sesuai ketentuan *BKI Rules for Small Vessels up to 24 m (2021)* sehingga mampu memberikan kekuatan dan kekakuan struktur pada area buritan serta mendukung pembebanan yang bekerja pada bangunan atas kapal.

4.3.5 Konstruksi 2D Midship Area Frame 12 Kapal Katamaran Tipe *Axe Bow* Lambung Asimetri

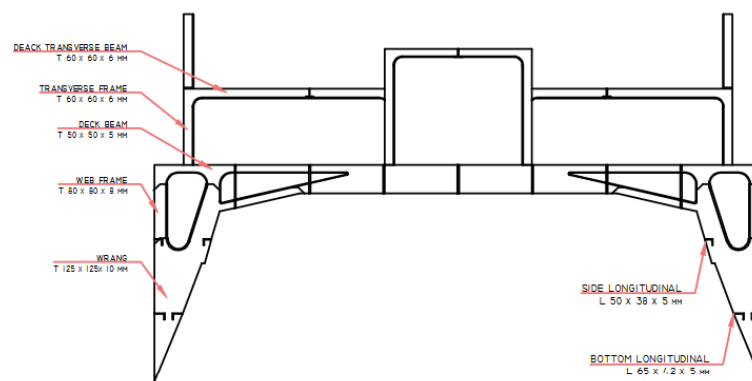


Gambar 4.18 Gambar 2D Penampang Melintang Midship Area Frame 12
Sumber: Data Olahan, 2026

Gambar 4.18 menunjukkan detail konstruksi Midship Area *Frame 12* pada kapal katamaran tipe *Axe Bow* lambung asimetri. Penampang melintang ini memperlihatkan susunan elemen-elemen konstruksi utama yang berada pada bagian tengah kapal, meliputi *transverse frame*, *deck transverse beam*, *deck beam*, *web frame*, *wrang*, *main deck longitudinal*, *side longitudinal*, *bottom longitudinal*,

side girder, dan center girder beserta ukuran profil yang digunakan pada masing-masing elemen. Susunan konstruksi tersebut disusun berdasarkan hasil perhitungan dimensi profil sesuai dengan ketentuan *BKI Rules for Small Vessels up to 24 m (2021)* sehingga mampu memberikan kekuatan dan kekakuan yang memadai pada bagian tengah kapal. Selain itu, pada *Midship Area Frame* juga terlihat struktur penghubung antar lambung (*cross deck*) yang berfungsi meningkatkan kekakuan global kapal serta mendukung distribusi beban yang bekerja pada struktur kapal.

4.3.6 Konstruksi 2D Bow Area Frame 22 Kapal Katamaran Tipe *Axe Bow* Lambung Asimetri

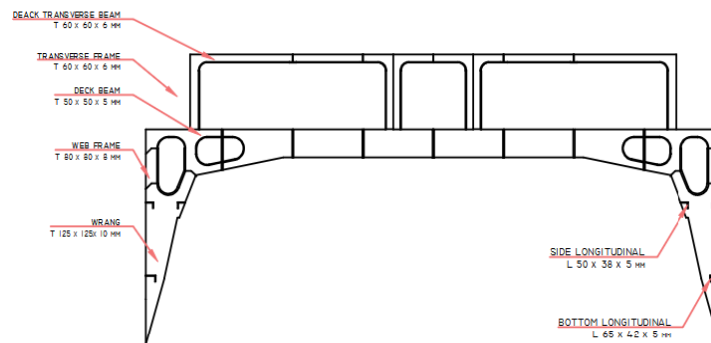


Gambar 4.19 Gambar 2D Penampang Melintang
Sumber: Data Olahan, 2026

Gambar 4.19 menunjukkan detail konstruksi *Bow Area Frame 22* pada kapal katamaran tipe *Axe Bow* lambung asimetri. Penampang melintang ini memperlihatkan susunan elemen-elemen konstruksi utama pada bagian haluan kapal yang terdiri *transverse frame*, *deck beam*, *web frame*, *wrang*, *side longitudinal*, dan *bottom longitudinal* beserta ukuran profil yang digunakan pada masing-masing elemen. Penyusunan elemen-elemen konstruksi tersebut dilakukan berdasarkan hasil perhitungan dimensi profil sesuai dengan ketentuan *BKI Rules for Small Vessels up to 24 m (2021)* sehingga mampu memberikan kekuatan dan kekakuan struktur pada area haluan. Gambar ini memberikan gambaran mengenai

susunan dan posisi elemen konstruksi pada Bow Area Frame 22 sebagai acuan dalam memahami konfigurasi struktur di bagian depan kapak

4.3.7 Konstruksi 2D Bow Area Frame 22 Kapal Katamaran Tipe *Axe Bow* Lambung Asimetri



Gambar 4.20 Gambar 2D Penampang Melintang

Sumber: Data Olahan, 2026

Gambar 4.20 menunjukkan detail konstruksi *Bow Area Frame 23* pada kapal katamaran tipe *Axe Bow* lambung asimetri. Penampang melintang ini memperlihatkan susunan elemen-elemen konstruksi pada bagian haluan kapal yang terdiri atas *transverse frame*, *deck beam*, *web frame*, *wrang*, *side longitudinal*, dan *bottom longitudinal* beserta ukuran profil yang digunakan pada masing-masing elemen. Selain itu, pada *Frame 23* terlihat adanya sekat (*bulkhead*) pada bagian tengah struktur yang berfungsi sebagai elemen pengaku tambahan untuk meningkatkan kekakuan konstruksi dan membagi ruang di dalam lambung kapal. Seluruh elemen konstruksi disusun berdasarkan hasil perhitungan dimensi profil sesuai dengan ketentuan *BKI Rules for Small Vessels up to 24 m (2021)* sehingga memenuhi persyaratan kekuatan konstruksi pada area haluan kapal.

4.4 Pembahasan

Pembahasan pada subbab ini bertujuan untuk menganalisis dan menginterpretasikan seluruh hasil perhitungan yang telah diperoleh pada subbab

sebelumnya. Analisis mencakup faktor koreksi kecepatan, beban desain, ketebalan pelat, serta pemilihan profil konstruksi. Selain itu, pembahasan juga menghubungkan hasil perhitungan dengan ketentuan *BKI Rules for Small Vessels up to 24 m (Part 3 Volume VII, 2021)*, serta mempertimbangkan aspek teknis dan praktis dalam fabrikasi kapal.

4.4.1 Analisis Faktor Koreksi Kecepatan

Dari hasil perhitungan faktor koreksi kecepatan yang dirangkum pada Tabel 4.2, terlihat bahwa nilai tertinggi terjadi pada *floor* ($FVF = 7,02$) dan pelat alas ($FVB = 3,09$). Hal ini menunjukkan bahwa bagian dasar kapal menerima beban dinamis paling besar akibat kecepatan kapal yang tinggi (27,5 knot). Semakin tinggi kecepatan kapal, semakin besar tekanan hidrodinamis yang bekerja pada struktur bawah lambung, terutama pada bagian haluan yang sering menerima benturan gelombang (*slamming*). Sementara itu, nilai FVS pada pelat sisi hanya 1,09 yang merupakan nilai terendah, karena pelat sisi tidak langsung berhadapan dengan tekanan air seperti halnya pelat alas. Seluruh nilai faktor koreksi yang diperoleh telah memenuhi syarat minimum BKI yaitu $\geq 1,0$, sehingga aman digunakan dalam perhitungan selanjutnya.

4.4.2 Pembahasan Beban Desain (*Design Load*)

Berdasarkan Tabel 4.3, beban desain tertinggi terjadi pada pelat alas daerah haluan sebesar 36,50 kN/m², sedangkan terendah pada geladak utama sebesar 11,44 kN/m². Perbedaan ini sangat wajar karena pelat alas khususnya di haluan menerima tekanan air dan benturan gelombang paling keras saat kapal melaju, sedangkan geladak utama hanya menerima beban dari muatan dan aktivitas di atas kapal. Beban desain di haluan selalu lebih tinggi daripada di buritan, baik pada pelat alas maupun pelat sisi, karena bagian haluan merupakan area pertama yang menghantam gelombang. Pola distribusi beban ini menjadi dasar dalam menentukan ketebalan pelat yang berbeda-beda pada setiap bagian kapal.

4.4.3 Pembahasan Ketebalan Pelat

Berdasarkan Tabel 4.4, ketebalan pelat yang direkomendasikan bervariasi sesuai dengan tingkat beban yang diterima. Pelat alas haluan membutuhkan ketebalan paling besar yaitu 12 mm (hasil hitung 10,9 mm), sedangkan pelat geladak hanya membutuhkan 4–5 mm (hasil hitung 3,5 mm). Pemilihan ketebalan yang lebih besar dari hasil hitungan dilakukan dengan pertimbangan praktis, antara lain ketersediaan ukuran pelat di pasaran, faktor keamanan terhadap korosi, serta untuk mencegah terjadinya deformasi lokal (*oil-canning*) pada pelat yang terlalu tipis. Seluruh ketebalan yang dipilih masih berada di atas ketebalan minimum BKI sebesar 4,0 mm, sehingga dinyatakan aman.

4.4.4 Pembahasan Pemilihan Profil Konstruksi

Secara keseluruhan, seluruh hasil perhitungan konstruksi kapal katamaran tipe Axe Bow lambung asimetri telah memenuhi ketentuan BKI *Rules for Small Vessel up to 24 m, Consolidated Edition 2021*. Mulai dari faktor koreksi kecepatan, beban desain, ketebalan pelat, hingga dimensi profil, semuanya berada di atas nilai minimum yang disyaratkan. Dengan demikian, konstruksi kapal yang dirancang dinyatakan aman dan layak untuk dilanjutkan ke tahap produksi. Meskipun demikian, untuk hasil yang lebih akurat, disarankan dilakukan verifikasi lanjutan dengan analisis elemen hingga (FEA) guna mengetahui distribusi tegangan secara lebih detail pada kondisi operasional sebenarnya.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Model tiga dimensi kapal katamaran tipe *Axe Bow* lambung asimetri berhasil dibuat berdasarkan data utama kapal dan General Arrangement (GA) yang digunakan dalam penelitian. Pemodelan dilakukan menggunakan perangkat lunak Rhinoceros 3D dengan menggabungkan model lambung dan superstruktur sehingga diperoleh model kapal tiga dimensi yang utuh. Model tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam penyusunan dan pemodelan elemen konstruksi kapal.
2. Perhitungan konstruksi kapal katamaran tipe *Axe Bow* lambung asimetri berhasil dilakukan berdasarkan Rules for Small Vessels up to 24 m, Part 3 Volume VII, 2021 dari Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) dengan menggunakan material Aluminium Alloy 5083-H116. Perhitungan meliputi faktor koreksi kecepatan, beban desain, ketebalan pelat, serta penentuan ukuran elemen konstruksi berupa gading melintang, web frame, floor, gading memanjang, dan balok geladak. Hasil pemilihan profil menunjukkan bahwa nilai modulus penampang aktual telah memenuhi nilai modulus penampang yang dipersyaratkan BKI.
3. Hasil perancangan dan pemodelan tiga dimensi konstruksi kapal katamaran tipe *Axe Bow* asimetri telah berhasil direalisasikan berdasarkan hasil perhitungan konstruksi sesuai Rules BKI. Elemen-elemen konstruksi yang telah dihitung kemudian dimodelkan ke dalam model tiga dimensi kapal sehingga diperoleh model konstruksi yang sesuai dengan hasil perhitungan dan dapat merepresentasikan susunan konstruksi kapal secara menyeluruh.

5.2 Saran

1. Penelitian selanjutnya dapat melakukan analisis kekuatan struktur menggunakan Finite Element Analysis (FEA) pada daerah konstruksi yang memiliki beban atau tegangan kritis untuk memvalidasi hasil perhitungan

berdasarkan Rules BKI.

2. Perlu dilakukan kajian lebih lanjut terhadap efisiensi berat konstruksi, terutama melalui optimasi ketebalan pelat dan ukuran profil dengan tetap memenuhi persyaratan *BKI Rules for Small Vessels up to 24 m*.
3. Perlu dilakukan pengembangan dan penyempurnaan desain konstruksi pada penelitian selanjutnya dengan mempertimbangkan kondisi pembebanan yang lebih beragam agar diperoleh desain konstruksi yang lebih optimal dan aman.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiansyah, M. S., Sumardiono, S., & Utami, S. D. (2025). Konstruksi kapal wisata tipe katamaran berbahan FRP untuk operasi di perairan Pulau Mengare Kabupaten Gresik. *Prosiding Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV)*, 11(1), 512–522.
- Biro Klasifikasi Indonesia, *Rules for Classification and Construction Part 3 Special Ships Volume VII: Rules for Small Vessel up to 24 m (Consolidated Edition 2021)*. Jakarta, Indonesia: Biro Klasifikasi Indonesia, 2021.
- Biro Klasifikasi Indonesia, *Rules for Classification and Construction Part 1 Seagoing Ships: Rules for Materials, Volume V*, Jan. 2025.
- Dewantoro, M., & Maulana, M. (2023). Desain konstruksi kapal wisata M.V. Sitoba berbahan dasar fiberglass (Diploma thesis). Politeknik Negeri Bengkalis, Bengkalis, Indonesia.
- F. Rafika, “Studi Perbandingan Performa Lambung Katamaran Tipe Axe Bow Simetri dan Asimetri terhadap Studi Kasus Kapal Wisata,” Skripsi, Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Arsitektur Perkapalan, Politeknik Negeri Bengkalis, Bengkalis, 2025.
- Iamshchikov, E., Janutenienė, J., Mažeika, P., Mickevičienė, R., Villa, D., Zapnickas, T., & Djakov, V. (2025). Optimizing catamaran hull form for resistance reduction: Methodology and case study. *Journal of Marine Science and Engineering*, 13(6), 1160.
- Romadhoni, (2015). Analisa Pengaruh Bentuk Lambung Axe Bow Pada Kapal High Speed Craft Terhadap Hambatan Total, *Jurnal Teknik Perkapalan Politeknik Bengkalis*.
- Romadhoni, R., Santoso, B., Satria, B., Aprizawati, A., & Supriyadi, S. (2022). Analisa kelayakan investasi kapal katamaran tipe axe bow untuk wisata Pulau Beting Aceh (Rupat). *COSTING: Journal of Economic, Business and Accounting*, 6(1), 772–781.
- Syafiq, M. N., Budiarto, U., & Iqbal, M. (2018). Analisa pengaruh variasi penambahan fin pada centerbulb terhadap performa seakeeping dan hambatan kapal katamaran dengan metode computational fluid dynamic (CFD). *Jurnal Teknik Perkapalan*, 6(1), 132–141.