



## **PENENTUAN DIMENSI UTAMA KAPAL PENANGKAP IKAN DENGAN METODE OPTIMISASI PERBANDINGAN RASIO PARAMETER KAPAL BERDASARKAN KURVA HIDROSTATIK**

**Yeddid Yonatan Eka Darma<sup>a\*</sup>**

<sup>a\*</sup> Teknik Manufaktur Kapal, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Banyuwangi

E-mail koresponden: [yeddidyonatan@poliwangi.ac.id](mailto:yeddidyonatan@poliwangi.ac.id)

### **ABSTRACT**

*The main dimensions of a ship, including length, width, and height, play a crucial role in determining its size and are influenced by factors such as the intended shipping route and cargo capacity. This study aimed to optimize the main dimensions by analyzing the ratios and hydrostatic curve parameters. Data on existing ships in the market were collected and analyzed to assess whether the ratios met the desired values. Based on the analysis, three variations of the model were created, each emphasizing a different ratio. Model 1 aimed to maximize the existing ratio values, model 2 placed the ratios in the middle range, and model 3 aimed to minimize the ratio comparisons.*

*The optimization process involved comparing the values of Lpp/B, Lpp/D, and B/T ratios. These ratios have significant implications for various aspects of the ship's performance. The Lpp/B ratio (5.1-6.1) affects stability, Lpp/D ratio (8.2-9.0) influences longitudinal strength and the curvature of the hull girder, and the B/T ratio (2.3-2.6) impacts factors such as resistance and transverse stability. By conducting the variations, the following ratios were obtained: Model 1: Lpp/B 2.32, Lpp/D 8.2, B/T 2.32. Model 2: Lpp/B 5.15, Lpp/D 9.0, B/T 2.31. Model 3: Lpp/B 5.12, Lpp/D 8.9, B/T 2.33.*

*All models met the acceptable ratio values. The selection of the model depended on hydrostatic aspects and ship resistance. In terms of hydrostatics, model 3 outperformed the initial model in terms of WPA, WSA, and CP. Regarding resistance, model 3 exhibited the lowest value at 9.5 kN. Consequently, for ratio optimization, model 3 was chosen with the following ship dimensions: LOA 23.8m, Lpp 21.85m, B 4.27m, H 2.4m, and T 1.83m.*

**Keywords:** Main Dimension, Optimization, Resistance, Hydrostatic Curve.

### **Abstrak**

Dimensi utama kapal, termasuk panjang, lebar, dan tinggi, memainkan peran penting dalam menentukan ukurannya dan dipengaruhi oleh faktor seperti rute pengiriman yang dituju dan kapasitas muatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan dimensi utama dengan menganalisis rasio dan parameter kurva hidrostatis. Data kapal yang ada di pasaran dikumpulkan dan dianalisis untuk menilai apakah rasio-rasio tersebut memenuhi nilai yang diinginkan. Berdasarkan analisis tersebut, dibuat tiga variasi model, masing-masing menekankan rasio yang berbeda. Model 1 bertujuan untuk memaksimalkan nilai rasio yang ada, model 2 menempatkan rasio-rasio tersebut pada rentang tengah, dan model 3 bertujuan untuk meminimalkan perbandingan rasio.

Proses optimisasi melibatkan perbandingan nilai-nilai rasio Lpp/B, Lpp/D, dan B/T. Rasio-rasio ini memiliki implikasi signifikan terhadap berbagai aspek kinerja kapal. Rasio Lpp/B (5.1-6.1) mempengaruhi stabilitas, rasio Lpp/D (8.2-9.0) memengaruhi kekuatan longitudinal dan kelengkungan balok lambung, dan rasio B/T (2.3-2.6) mempengaruhi faktor-faktor seperti resistansi dan stabilitas transversal. Dengan melakukan variasi tersebut, diperoleh rasio-rasio berikut: Model 1: Lpp/B 2.32, Lpp/D 8.2, B/T 2.32. Model 2: Lpp/B 5.15, Lpp/D 9.0, B/T 2.31. Model 3: Lpp/B 5.12, Lpp/D 8.9, B/T 2.33.

Semua model memenuhi nilai rasio yang diterima. Pemilihan model bergantung pada aspek hidrostatis dan resistansi kapal. Dalam hal hidrostatis, model 3 lebih unggul daripada model awal dalam hal WPA, WSA, dan CP. Mengenai resistansi, model 3 menunjukkan nilai terendah sebesar 9.5 kN. Oleh karena itu, untuk optimisasi rasio, dipilih model 3 dengan dimensi kapal sebagai berikut: LOA 23.8m, Lpp 21.85m, B 4.27m, H 2.4m, dan T 1.83m.

**Kata Kunci:** Dimensi Utama, Optimasi, Tahanan, Kurva Hidrostatis.

## 1. PENDAHULUAN

Dalam industri kapal penangkap ikan, sering kali digunakan desain tradisional yang telah terbukti secara historis. Namun, desain ini sering kali menghadapi beberapa tantangan yang menyebabkan ketidaknyamanan dan ketidaksesuaian dalam penggunaan kapal.

Desain tradisional kapal penangkap ikan cenderung memiliki lambung yang bulat dan tinggi, dengan fokus pada kapasitas muatan dan daya tahan di tengah lautan yang kasar. Meskipun desain ini memiliki kelebihan dalam hal kekuatan dan stabilitas di perairan yang sulit, namun terdapat beberapa kekurangan yang perlu diperhatikan. Salah satu kekurangan dari desain tradisional adalah kurangnya penekanan pada penentuan dimensi utama kapal. Ukuran lambung yang tinggi dan bulat cenderung membuat kapal menjadi kurang stabil dan rentan terhadap getaran dan gerakan gelombang laut. Hal ini dapat menyebabkan ketidaknyamanan bagi awak kapal dan mengurangi efisiensi operasional dalam proses penangkapan ikan.

Dalam hal ini, perlu adanya pengembangan desain kapal penangkap ikan dengan metode optimisasi perbandingan rasio parameter kapal berdasarkan kurva hidrostatik merupakan topik utama dari penelitian ini. Dimensi utama kapal penangkap ikan mencakup panjang, lebar, dan tinggi kapal yang mempengaruhi performa dan karakteristik kapal. Metode optimisasi perbandingan rasio parameter kapal digunakan untuk menentukan dimensi yang optimal dengan mempertimbangkan faktor hidrostatik.

Dalam penelitian ini, metode optimisasi perbandingan rasio parameter kapal dilakukan melalui analisis kurva hidrostatik. Peneliti mencari data kapal penangkap ikan yang tersedia di pasaran dan menganalisis rasio-rasio parameter kapal seperti L/B, L/D, B/T, dan D/T. Rasio-rasio ini memberikan gambaran tentang performa kapal seperti resistansi, stabilitas, dan manuverabilitas.

Dalam proses optimisasi, tiga model dengan variasi dimensi utama kapal dibuat. Model pertama bertujuan memaksimalkan nilai rasio yang ada, model kedua menempatkan nilai perbandingan rasio di tengah, dan model ketiga meminimalkan nilai perbandingan rasio yang ada. Perbandingan rasio ini dipilih berdasarkan kriteria yang ditetapkan dan masih dalam rentang yang diinginkan. Analisis perbandingan rasio dilakukan dengan memperhatikan perubahan pada kurva hidrostatik yang terjadi akibat optimisasi dimensi kapal. Hasil analisis ini memberikan informasi mengenai performa hidrostatik dari masing-masing model, sehingga didapatkan dimensi utama kapal yang optimal.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Penentuan Parameter Desain

Dalam menentukan parameter dan dimensi utama kapal yang direncanakan dalam desain awal, terdapat dua metode yang didasarkan pada buku "Ship Design Methodologies of Preliminary Design", yaitu Metode Relasional/Empiris di mana penentuan dimensi utama kapal didasarkan pada data perbandingan dari kapal yang akan dibangun berdasarkan jenis dan ukuran yang serupa, sedangkan Metode Parametrik digunakan ketika data perbandingan kapal tidak tersedia. Oleh karena itu, diperlukan studi dengan mencari kombinasi dari dimensi utama kapal dan karakteristik desain utama kapal untuk mengoptimalkan kriteria desain yang dipilih. Berdasarkan model optimisasi parameter yang diidentifikasi, dilakukan minimasi atau maksimasi terhadap kriteria yang ditetapkan. Dalam penelitian ini, metode parametrik digunakan dengan menganalisis data yang beredar dan melakukan variasi dan kombinasi berdasarkan aspek resistansi.

Dimensi utama kapal yaitu panjang (L) pada draft (T) merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap berat kapal dan tahanan air yang dihasilkan. Urutan parameter utama dari yang paling berpengaruh terhadap kinerja kapal dapat dilihat dalam Tabel 1.

**Tabel 1.** Urutan Parameter Utama yang Mempengaruhi Kinerja Kapal [1]

Parameter Utama	Pengaruh Pada Performa Kapal
<b>Panjang (L)</b>	Tahanan, kekuatan longitudinal, manuverabilitas, stabilitas di laut, volume lambung, biaya modal..
<b>Lebar (B)</b>	Stabilitas melintang, volume lambung, tahanan, manuverabilitas, biaya modal..
<b>Tinggi (D)</b>	Volume lambung, kekuatan longitudinal, stabilitas melintang, biaya modal, lambung timbul.
<b>Sarat Air (T)</b>	Displacement, stabilitas melintang, lambung timbul, tahanan..

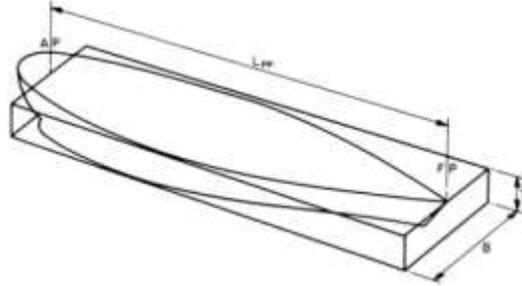
**2.2 Koefisien Kapal**

Nilai koefisien lambung kapal merupakan suatu nilai perbandingan bentuk lambung kapal terhadap bangun ruang tertentu, adapun beberapa nilai koefisien yang perlu diperhatikan dalam pembuatan kapal adalah sebagai berikut:

**2.2.1 Coefficient Block (CB)**

*Coefficient Block* merupakan perbandingan isi karena dengan volume balok yang mengelilinginya.

$$CB = V/Lwl \times B \times T \quad (1)$$

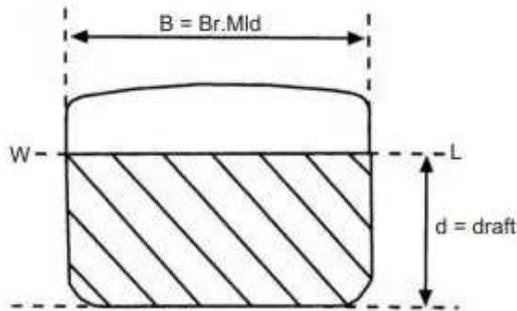


**Gambar 1. Coefficient Block [2]**

**2.2.2 Coefficient Midship (CM)**

*Coefficient Midship* adalah perbandingan luasan gading besar yang terendam air dengan lebar kapal (B) dan tingginya (T).

$$Cm = \frac{AM}{B \times T} \quad (2)$$

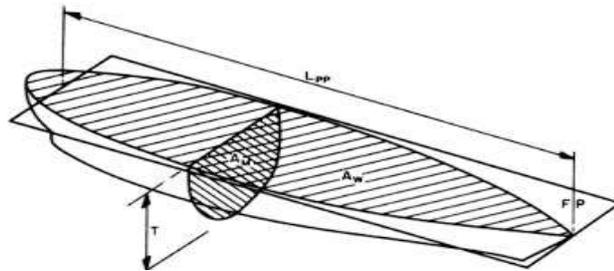


**Gambar 2. Coefficient Midship [2]**

**2.2.3 Coefficient Prismatic (CP)**

*Coefficient Prismatic* adalah perbandingan antara isi carene/volume yang ada di bawah air dengan luas penampang midship (AM) dan panjang garis air (LWL). Harga CP ini umumnya menunjukkan kelangsingan bentuk kapal.

$$Cp = \frac{Cb}{Cm} \quad (3)$$



**Gambar 3. Coefficient Prismatic [2]**

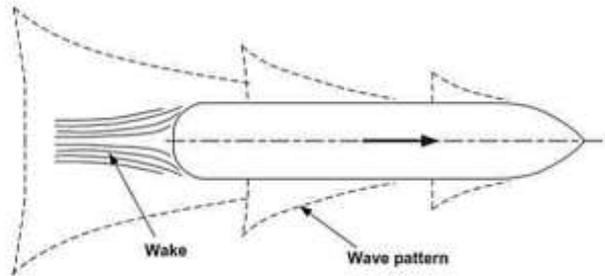
#### 2.2.4 Volume Displacement

Volume Displacement adalah volume perpindahan air yang diakibatkan oleh volume badan kapal yang tercelup.

$$V = Lwl \times B \times T \times Cb \quad (4)$$

#### 2.3 Tahanan Kapal

Berdasarkan buku *Principle of Naval Architecture* suatu hambatan kapal pada kecepatan tertentu adalah besar gaya yang diperlukan untuk menarik kapal pada suatu fluida dengan asumsi bahwa tidak ada interferensi ketika proses menarik. Sedangkan tenaga yang diperlukan untuk menariknya disebut dengan *effective power*. Pada saat menarik kapal, akan dirasakan adanya gaya yang melawan tarikan, gaya itulah yang disebut dengan hambatan. Hambatan tersebut sama dengan komponen gaya fluida yang bekerja sejajar dengan sumbu gerakan kapal.



Gambar 4. Waves and Wake [3]

##### 2.3.1 Froude Number (FN)

Bilangan Froude adalah sebuah bilangan non-dimensional yang digunakan untuk mengukur hambatan dari sebuah benda yang bergerak di permukaan air. Bilangan froude dinamakan sesuai dengan penemunya *William Froude*. [4]

$$Fn = Vs / (\sqrt{g \cdot L}) \quad (5)$$

Dimana:

$Vs$	= Kecepatan kapal	(m/s)
$g$	= Percepatan gravitasi	(m/s <sup>2</sup> )
$L$	= Panjang garis air	(m)

##### 2.3.2 Reynolds Number (RN)

Bilangan *Reynolds* (RN) adalah rasio gaya inersia terhadap gaya viskos. Itu Bilangan *Reynolds* adalah bilangan tak berdimensi yang digunakan untuk mengkategorikan fluida sistem di mana efek viskositas penting dalam mengendalikan kecepatan atau pola aliran fluida. Signifikansi utamanya berkaitan dengan batas lapisan [4]. Semakin rendah RN, semakin besar kecenderungan untuk aliran lapisan batas menjadi laminar. Semakin tinggi RN semakin banyak batasnya aliran lapisan akan cenderung turbulen.

$$Rn = ((Vs \times Lwl) / \mu) \quad (6)$$

Dimana:

$Vs$	= Kecepatan aliran	(m/s)
$Lwl$	= Panjang garis air kapal	(m)
$\mu$	= 0.00008847	(Viskositas air laut pada suhu 28°C)

##### 2.3.3 Perhitungan Tahanan Total (RT)

Untuk menghitung RT dapat dihitung menggunakan rumus dari referensi buku *Principal of Naval Architecture Vol II Page 93*, [5] sebagai berikut:

$$RT = CT \cdot 0.5 \cdot \rho \cdot Vs^2 \cdot S$$

Dimana:

$CT$	= Tahanan Gesek + Tahanan Tambahan + Tahanan Udara
------	--

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Untuk menentukan dan mengidentifikasi dimensi utama kapal, digunakan metode berikut. Pertama, dilakukan pengumpulan data yang mencakup dimensi utama kapal dan rencana garis kapal. Selanjutnya, dilakukan perbandingan rasio dimensi utama dengan mengacu pada parameter yang diizinkan. Berdasarkan

perbandingan ini, dibuat tiga model berbeda dengan mempertimbangkan nilai perbandingan yang diizinkan. Selanjutnya, dari ketiga model tersebut, dipilih dimensi yang optimal berdasarkan analisis kurva hidrostatik. Dengan demikian, dimensi utama kapal dapat ditentukan dengan menggunakan metode yang telah disebutkan.

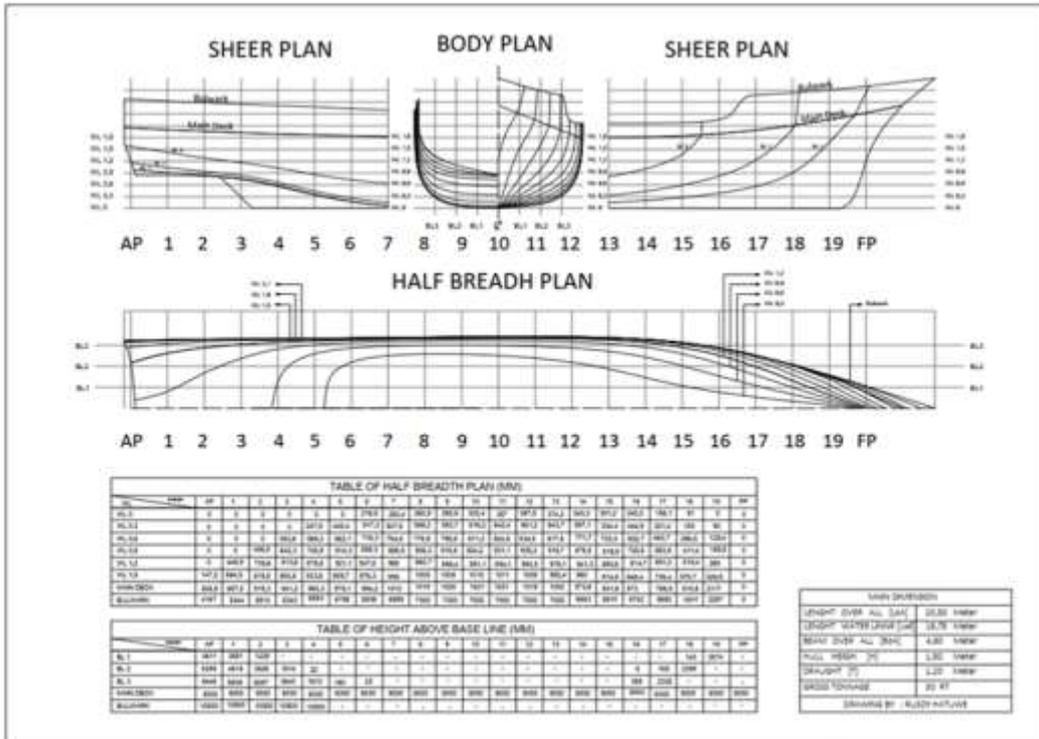
Optimisasi adalah proses untuk mencapai atau memperoleh hasil yang optimal. Untuk mendapatkan nilai optimum, dilakukan perubahan pada komponen variabel yang dibatasi oleh kendala sebagai penentu tingkat optimal [6]. Dalam kasus desain kapal, dilakukan perubahan dari data ukuran utama kapal awal yang diperoleh menjadi data ukuran utama kapal yang baru yang optimal dengan membandingkan nilai ukuran utama dengan tujuan memaksimalkan atau meminimalkan nilai perbandingan yang masih tercakup dalam kriteria nilai optimisasi dalam buku "Metodologi Desain Kapal Awal" pada bab 2 tentang "Pemilihan Dimensi Utama dan Perhitungan Nilai Desain Kapal Dasar" halaman 102 [7], yang tercantum dalam Tabel 2 di bawah ini.

**Tabel 2.** Koefisien Bentuk Lambung dan Rasio Dimensi Utama Kapal

Ship type	Hull form coefficient				Ratio of main dimension						
	$C_b$	$C_{M1}$	$C_{M2}$	$C_{M3}$	$L_w/B$	B/T	$L_w/D^{2.5}$	$L_w/D$	$P_{10}/L_w$	$L_w/B_{max}$	
Fast seagoing cargo ships	0.57-0.65	0.97-0.98	0.56-0.64	0.68-0.74	5.7-7.8	2.2-2.6	5.6-5.9	9.9-11.5	5.1-6.3	20-25	
Fast seagoing cargo ships	0.66-0.74	0.97-0.995	0.65-0.73	0.80-0.86	4.8-8.5	2.1-2.3	5.2-5.4		5.8-7.0	30-35	
Coastal cargo ships	0.68-0.73	-0.985	0.58-0.72	0.78-0.83	4.5-5.5	2.5-2.7	4.2-4.8	10.0-12.0	upto 7.0	40-50	
Small short sea passenger ships	0.61-0.63	0.82-0.85	0.51-0.53	0.65-0.70	5.8-6.5	3.3-3.9	6.3-6.6	10.4-11.6	6.6-7.9	20-25	
Ferries	0.53-0.62	0.91-0.9	0.50-0.60	0.68-0.81	5.9-6.2a 5.2-5.4b	3.7-4.0	6.2-6.9a 5.7-5.9b	8.6-10.3	7.0-10.0	25-35	
Fishing vessels	0.61-0.63	0.87-0.90	0.53-0.56	0.76-0.79	5.1-6.1	2.3-2.6	5.0-5.4	8.2-9.0	8.0-8.5	15-25	
Tugboats	0.61-0.68	0.75-0.83	0.50-0.58	0.79-0.84	3.8-4.5	2.4-2.6	4.0-4.6	7.7-10.0	8.2-10.2	20-30	
Bulk carriers	0.79-0.84	0.990-0.997	0.72-0.86	0.88-0.92	5.0-7.1a	2.1-3.2	4.7-5.6	10.5-12.8	4.4-4.9	50-60	
Tankers $F_L < 0.15$	0.835-0.855	0.992-0.996	0.82-0.88	0.88-0.94	5.1-6.8	2.4-3.2	4.5-5.6	12.0-14.0	3.6-4.5	50-60	
Tankers $F_L > 0.16-0.18$	0.79-0.83	0.992-0.996	0.78-0.86	0.88-0.92	5.0-6.5	2.2-2.9	4.5-5.2	10.5-12.8	4.4-4.9	50-60	
Fast seagoing trollers	(0.35) <sup>a</sup> /0.59-0.62	0.96-0.985	(0.33) <sup>a</sup> /0.57-0.59	0.68-0.72	6.7-7.2	2.8-3.0	6.1-6.5	-11.0	5.6-6.6	10-15	

<sup>a</sup> For  $L > 100$  m  
<sup>b</sup> For  $L < 40-45$  m  
<sup>c</sup>  $C_b, C_M = 0.57$

Data kapal yang akan diidentifikasi adalah rasio dimensi utama kapal, yaitu data rencana garis dari 30 desain kapal yang beredar di kalangan nelayan di pesisir Banyuwangi, dimana data dari 30 desain kapal tersebut dilakukan analisa regresi linier, data hasil regresi tersebut kemudian di konversi menjadi gambar rencana garis yang ditampilkan dalam Gambar 5 di bawah ini.



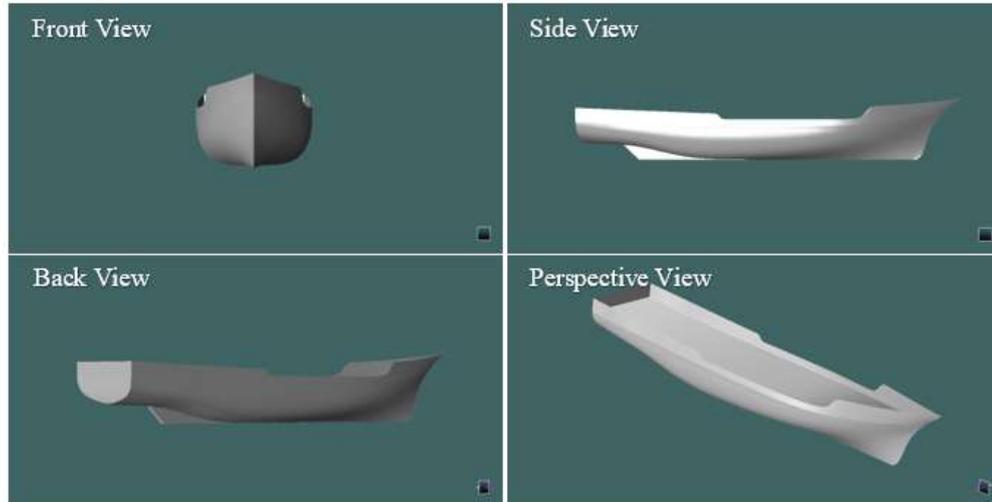
**Gambar 5.** Gambar Rencana Garis Kapal (*Initial Design*)

Data rencana garis dan dimensi utama kapal (*Initial Design*) digunakan sebagai acuan untuk desain kapal (*Optimization*) yang akan dibuat dalam tiga variasi setelah. Dimensi utama dan nilai koefisien kapal yang akan diidentifikasi ditampilkan dalam Tabel 3 di bawah ini.

**Tabel 3.** Koefisien Bentuk Lambung dan Parameter Desain Kapal.

Data Utama Kapal ( <i>Initial Design</i> )		
<b>LOA</b>	20,5	m
<b>Lwl</b>	18,5	m
<b>B</b>	4,27	m
<b>D</b>	1,8	m
<b>T</b>	1,2	m
Parameter Desain Kapal ( <i>Initial Design</i> )		
<b>Cp</b>	0,61	
<b>Cp</b>	0,61	
<b>Cb</b>	0,509	
<b>Cm</b>	0,849	
<b>Cwp</b>	0,821	

Berdasarkan data rencana garis dan dimensi utama kapal, dilakukan pemodelan 3D dari lambung kapal berdasarkan tabel *offset* pada rencana garis



**Gambar 6.** Gambar 3D dari Kapal Ikan di Banyuwangi (*Initial Design*)

Gambar 3D di atas kemudian dilakukan optimasi dimensi utama dengan menggunakan rasio dimensi utama dengan memperhatikan kurva hidrostatis kapal. Penggambaran lambung kapal akan di pertahankan sesuai Gambar 6 diatas dengan tujuan agar ketiga variasi yang akan dibuat memiliki bentuk lambung yang serupa sehingga terlihat pengaruh rasio dimensi utama kapal terhadap tahanan kapal.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Identifikasi Dimensi Utama dan Ratio Dimensi Utama Kapal dari *Initial Design*

Identifikasi ini dilakukan untuk melihat apakah dimensi utama dan ratio dimensi utama kapal dari kapal yang beredar di pesisir Banyuwangi memenuhi kriteria desain yang disarankan oleh buku "*Ship Design Methodologies of Preliminary Design*" pada bagian "Seleksi Dimensi Utama dan Perhitungan Nilai Desain Dasar Kapal". Dalam proses identifikasi ini, dilakukan tabulasi data yang menggambarkan dimensi utama dan ratio dimensi utama dari kapal ikan yang beredar di pesisir Banyuwangi dalam Tabel 4 di bawah ini.

**Tabel 4.** Identifikasi Nilai Dimensi Utama dan Ratio Dimensi Utama

Ratio Dimensi Utama dan Parameter Desain Kapal	Hasil dari <i>Initial Design</i>	Hasil Menurut Buku <i>Ship Design</i>	Keterangan (Sesuai/Tidak Sesuai)
<b>Lpp/B</b>	18,5/4,27	4,33	(5,1 – 6,1) Tidak Sesuai ( <i>Reject</i> )
<b>B/T</b>	4,27/1,2	3,55	(2,3 – 2,6) Tidak Sesuai ( <i>Reject</i> )
<b>L/D</b>	18,5/1,8	10,3	(8,2 – 9,0) Tidak Sesuai ( <i>Reject</i> )
<b>Cp</b>	0,61	-	(0,61 – 0,63) Sesuai ( <i>Pass</i> )
<b>Cb</b>	0,509	-	(0,53 – 0,6) Sesuai ( <i>Pass</i> )
<b>Cm</b>	0,849	-	(0,86 – 0,9) Tidak Sesuai ( <i>Reject</i> )
<b>Cwp</b>	0,821	-	(0,69 – 0,81) Tidak Sesuai ( <i>Reject</i> )

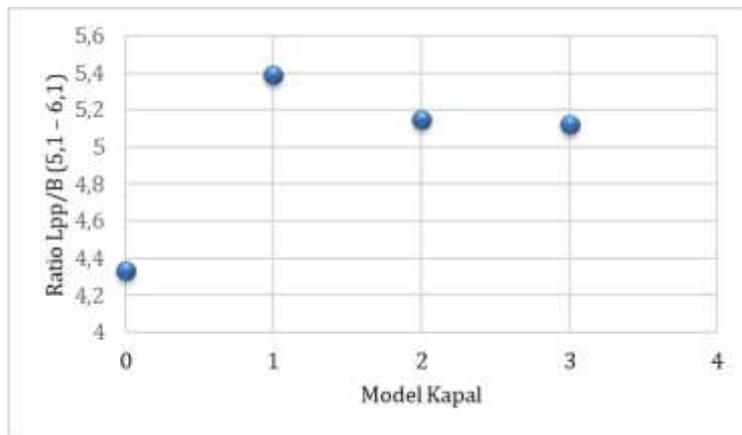
Dari hasil identifikasi di atas, dapat terlihat bahwa rasio dimensi utama kapal dan beberapa parameter desain tidak sesuai (*reject*) dengan rentang nilai yang direkomendasikan oleh buku "*Ship Design Methodologies of Preliminary Design*". Oleh karena itu, dengan mempertimbangkan hal tersebut, dilakukan optimisasi rasio dimensi utama dan parameter desain kapal, sehingga rasio dimensi utama kapal dan parameter desain dapat memenuhi kriteria yang direkomendasikan didalam buku tersebut.

#### 4.2 Perbaikan Rasio Dimensi Utama Lpp/B

Rasio panjang dengan lebar kapal (Lpp/B) merupakan parameter penting untuk kapal-kapal. Karena rasio ini memiliki pengaruh terhadap stabilitas, resistansi, dan volume kapal. Perbaikan rasio ini di fokuskan pada perubahan panjang atau Lpp kapal, dengan maksud untuk mempertahankan bentuk lambung kapal (*Body Plan*) dari kapal yang beredar di pesisir Banyuwangi. Dari hasil analisis, diperoleh rasio Lpp/B kapal dengan batasan sesuai dengan buku "Metodologi Desain Kapal Awal" yang ditampilkan dalam Tabel 5 berikut.

**Tabel 5.** Identifikasi Parameter Lpp/B

Desain Kapal	Lpp/B	Rekomendasi Buku	Hasil	Keterangan
<b>Initial Design</b>	18,5/4,27	(5,1 – 6,1)	4,33	<i>Reject</i>
<b>Model 1</b>	23/4,27		5,39	<i>Pass</i>
<b>Model 2</b>	22/4,27		5,15	<i>Pass</i>
<b>Model 3</b>	21,85/4,27		5,12	<i>Pass</i>



**Gambar 7.** Perbandingan dari Distribusi Data untuk Rasio Lpp/B dari Masing-masing Model

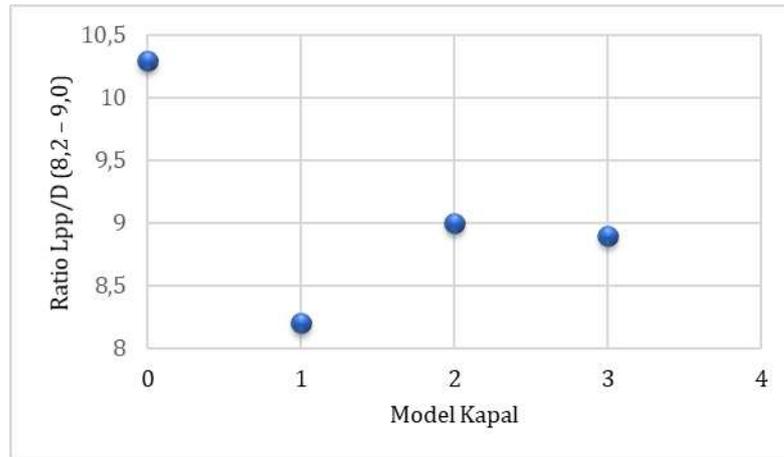
Dari tabel dan grafik distribusi di atas, dapat disimpulkan bahwa model awal (*Initial Design*) tidak memenuhi rentang rasio dimensi utama kapal yang direkomendasikan. Kondisi ini menjelaskan bahwa kapal memiliki bentuk yang lebar namun panjang kapal tidak proporsional sesuai dengan nilai Lpp/B. Sementara itu, ketiga model yang dibuat memenuhi kriteria yang direkomendasikan.

#### 4.3 Perbaikan Rasio Dimensi Utama Lpp/D

Rasio panjang kapal dengan tinggi kapal (Lpp/D) memiliki peran penting dalam menentukan lambung timbul (*freeboard*) dan kekuatan *longitudinal*, terutama kelengkungan girder lambung kapal akibat pengaruh momen lentur yang disebabkan oleh distribusi gelombang dan beban. Dari hasil analisis, diperoleh nilai rasio Lpp/D kapal dengan batasan berdasarkan buku "*Ship Design Methodologies of Preliminary Design*" yang ditampilkan dalam Tabel 6 berikut.

**Tabel 6.** Identifikasi Parameter Lpp/D

Desain Kapal	Lpp/D	Rekomendasi Buku	Hasil	Keterangan
<b>Initial Design</b>	18,5/1,8	(8,2 – 9,0)	10,3	<i>Reject</i>
<b>Model 1</b>	21,9/2,8		8,2	<i>Pass</i>
<b>Model 2</b>	21,58/2,7		9,0	<i>Pass</i>
<b>Model 3</b>	21,58/2,4		8,9	<i>Pass</i>



**Gambar 8.** Perbandingan dari Distribusi Data untuk Rasio Lpp/D dari Masing-masing Model

Dari tabel dan grafik distribusi di atas, dapat disimpulkan bahwa model awal tidak memenuhi rentang rasio untuk dimensi utama kapal, sementara ketiga model yang dibuat memenuhi kriteria yang ada.

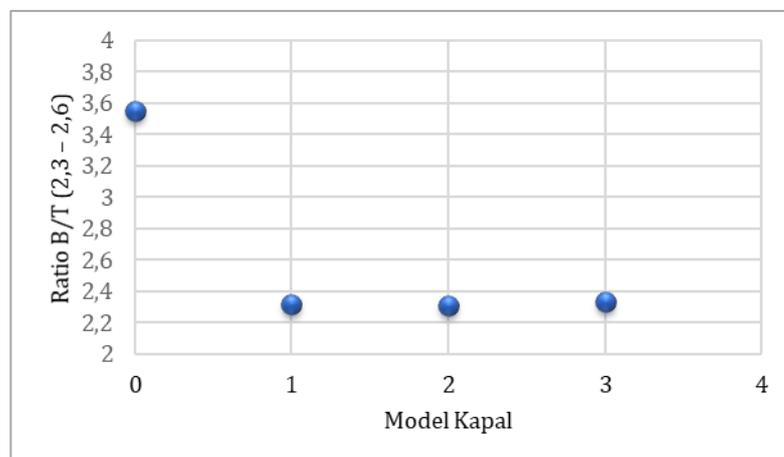
#### 4.4 Perbaikan Rasio Dimensi Utama B/T

Parameter non-dimensi lebar kapal dengan sarat air (B/T) adalah faktor yang mempengaruhi hambatan residual seperti hambatan pembentukan pusaran, stabilitas melintang, dan permukaan basah yang berdampak pada hambatan gesekan yang dihasilkan. Semakin tinggi rasio B/T, semakin tinggi pula hambatan residual. Di perbaikan rasio ini akan mempertahankan nilai B atau lebar kapal sehingga tidak mempengaruhi *body plan* dari kapal, sehingga nantinya, hasil dari optimalisasi ini tidak mempengaruhi bentuk utama dari lambung kapal.

Dari hasil analisis, diperoleh nilai rasio B/T kapal dengan batasan berdasarkan buku "*Ship Design Methodologies of Preliminary Design*" yang ditampilkan dalam Tabel 7 berikut.

**Tabel 7.** Identifikasi Parameter B/T

Desain Kapal	B/T	Range	Results	Information
Initial Model	4,27/1,2	(2,3 - 2,6)	3,55	Reject
Model 1	4,27/1,84		2,32	Pass
Model 2	4,27/1,85		2,31	Pass
Model 3	4,27/1,83		2,33	Pass



**Gambar 9.** Perbandingan dari Distribusi Data untuk Rasio B/T dari Masing-masing Model

Dari hasil identifikasi perbandingan rasio dimensi utama dan parameter kapal yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa dari tiga variasi model yang dibuat, semuanya memenuhi kriteria nilai rasio yang diizinkan.

Setelah dilakukan optimasi maka dilakukan pembuatan model 3D di dalam perangkat lunak, di paper ini tidak di tampilkan hasil 3D dari kapal yang telah di optimasi, dikarenakan hasil dari penggambaran 3D, terutama bagian lambung kapal sama dengan Gambar 6.

Dimensi utama dan parameter desain dari masing-masing model ditampilkan dalam Tabel 8 di bawah ini.

**Tabel 8.** Dimensi Utama dan Parameter Desain untuk 3 Variasi Model

	Model 1			Model 2			Model 3		
<b>Lpp</b>	23	m		Lpp	22	m	Lpp	21,85	m
<b>B</b>	4,27	m		B	4,27	m	B	4,27	m
<b>H</b>	2,8	m		H	2,7	m	H	2,4	m
<b>T</b>	1,84	m		T	1,85	m	T	1,83	m
<b>Cp</b>	0,63			Cp	0,63		Cp	0,625	
<b>Cb</b>	0,549			Cb	0,55		Cb	0,565	
<b>Cm</b>	0,864			Cm	0,866		Cm	0,870	
<b>Cwp</b>	0,806			Cwp	0,810		Cwp	0,801	

#### 4.5 Analisa Kurva Hidrostatik Terhadap Perubahan Dimensi Setelah Optimisasi Dilakukan

Berdasarkan data perbandingan rasio yang telah dilakukan, dengan batasan yang telah sesuai sepenuhnya dengan buku "*Ship Design Methodologies of Preliminary Design*", dapat disimpulkan bahwa variasi model yang telah dibuat memenuhi rentang nilai perbandingan rasio yang sesuai dalam buku tersebut. Selanjutnya, langkah berikutnya adalah menganalisis setiap model untuk kurva hidrostatik akibat perubahan dimensi utama.

Berdasarkan kurva hidrostatik dari model awal (*Initial Design*), nilai WSA (*Wetted Surface Area*) mengalami peningkatan yang sangat besar antara  $wl$  0.73m - 1.09m, hal ini menjelaskan bahwa bentuk lambung kapal pada garis air mengalami depresi atau tidak proporsional sehingga mengalami peningkatan yang sangat besar. Sementara itu, nilai CP (*Coefficient Perismatic*) pada kapal mengalami penurunan dari 1.09m menjadi 1.46m hal ini disebabkan oleh bentuk kapal yang mengalami depresi, namun penurunan nilainya terlalu besar. Kurva hidrostatik dari *initial design* ini, ditunjukkan pada Gambar 10 di bawah ini.

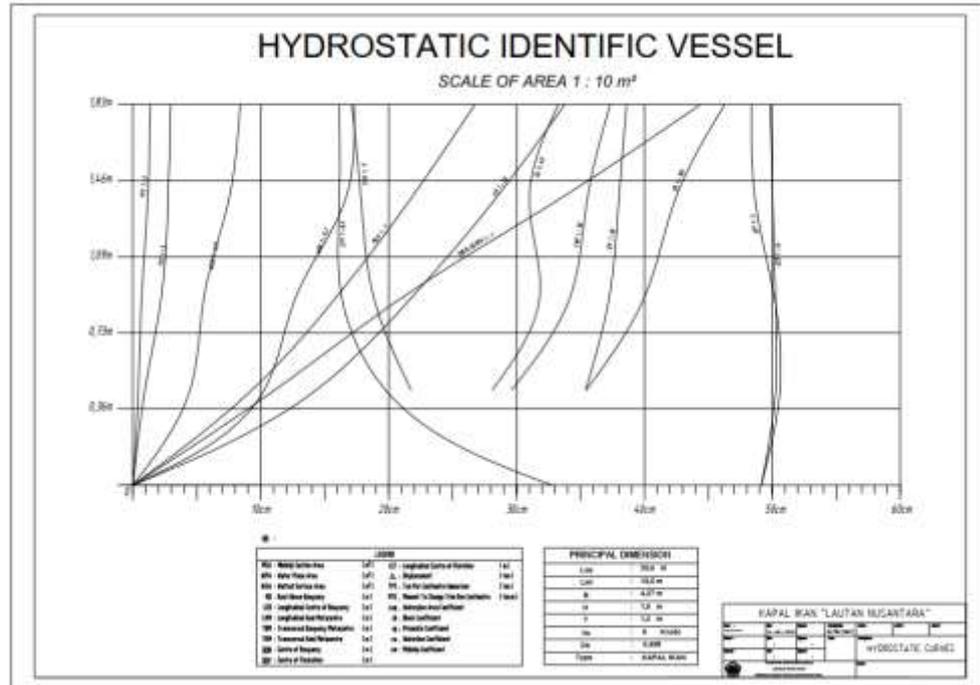


Figure 10. Kurva Hidrostatik dari Initial Model

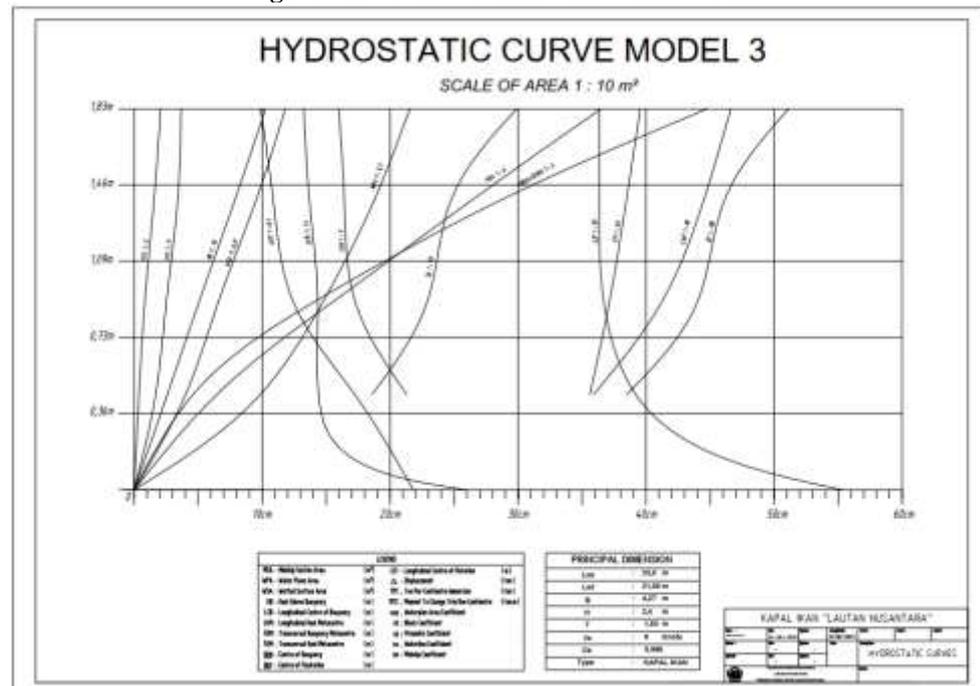
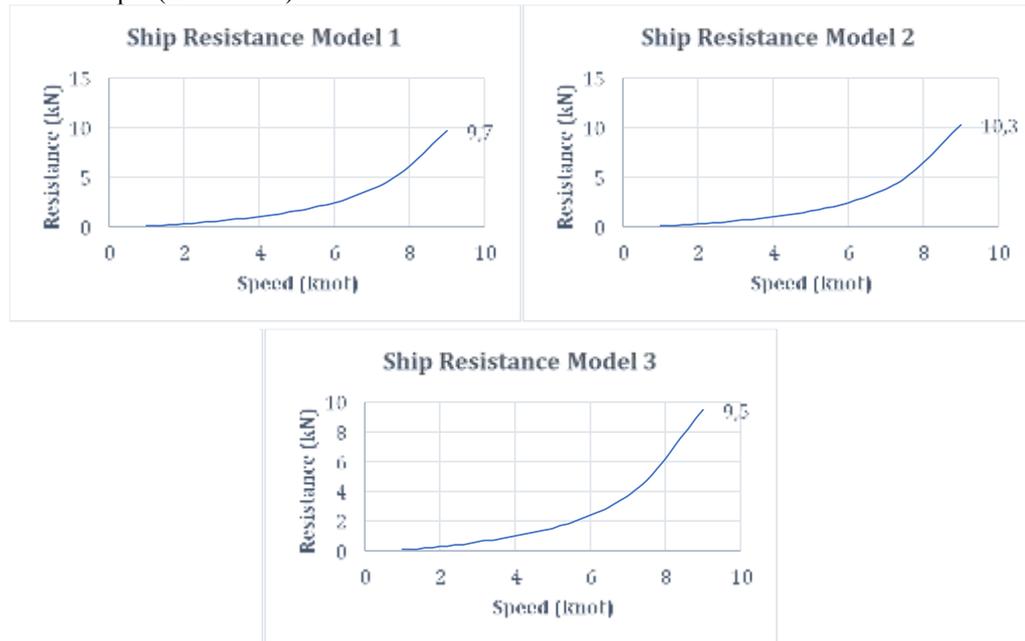


Figure 11. Kurva Hidrostatik dari Model 3

Pada kurva hidrostatik dari model 1 dan 2 tidak diperlihatkan pada penelitian ini, dikarenakan hasil dari model 1 dan 2 mengalami penurunan atau depresi yang signifikan, akan tetapi berbeda dengan model 3, nilai WSA mengalami peningkatan yang normal, berbeda dengan hidrostatik kapal yang beredar. Hal ini menjelaskan bahwa bentuk atau *body plan* dari model 3 dapat dikatakan baik karena peningkatan luas permukaan basah (WSA) tidak langsung meningkat. Sementara itu, CP pada model 3 tidak mengalami penurunan nilai, ini menjelaskan bahwa bodi kapal model 3 tidak mengalami depresi meskipun buritan kapal tidak rata.

Penyusunan kurva hidrostatik dapat menunjukkan berbagai hasil dalam tahanan kapal, dalam penelitian ini, penulis mampu memberikan hasil yang signifikan dari berbagai tahanan

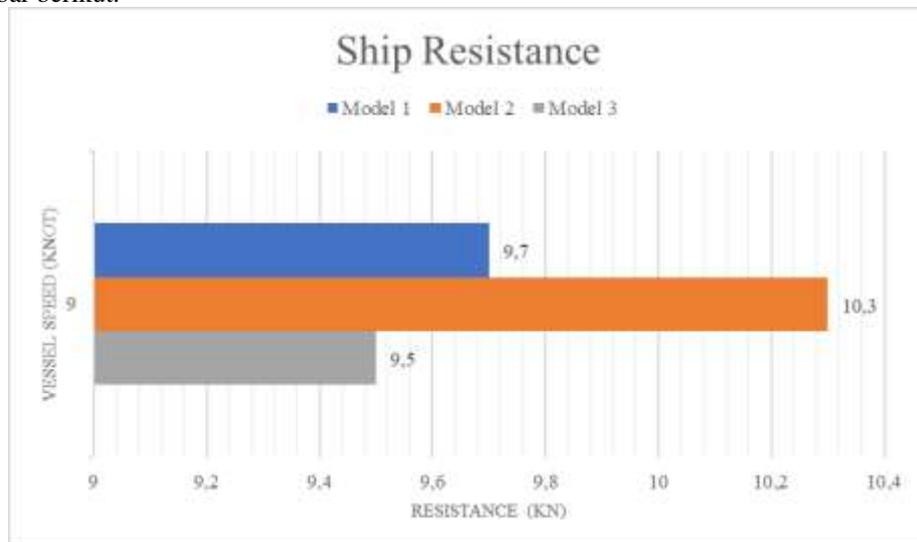
kapal dalam 3 model kapal yang berbeda. Karena objek dari penelitian ini adalah kurva WSA, dan CP, penulis mampu mengidentifikasi bahwa parameter-parameter tersebut mempengaruhi tahanan kapal (Gambar 12).



**Gambar 12.** Grafik Tahanan Kapal untuk Setiap Variasi Model

Dari gambar di atas, model 3 terbukti menjadi hasil terbaik dalam tahanan kapal. Dalam hal ini, penulis menyarankan bahwa kurva hidrostatik merupakan parameter penting dalam desain untuk menentukan lambung kapal.

Dari hasil analisis yang telah dilakukan, terdapat perbedaan dalam besarnya nilai tahanan yang diperoleh. Untuk melihat perbandingan perbedaan nilai tahanan tersebut, dapat dilihat pada gambar berikut.



**Gambar 13.** Grafik Perbandingan Tahanan Kapal

Dari grafik di atas, dapat terlihat bahwa model 3 memiliki nilai tahanan terendah dari kedua model lainnya dengan nilai tahanan sebesar 9,5 kN. Hal ini terjadi karena dilakukan optimasi pada ratio-ratio yang telah di tentukan sebelumnya. Pantauan terhadap kurva hidrostatik merupakan penentu terjadinya desain kapal yang labih baik. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, dipilih model 3 yang memiliki nilai tahanan paling optimal berdasarkan pengembangan dari model awal yang tidak memenuhi nilai perbandingan rasio yang ditentukan. Dimensi utama kapal model 3 ditunjukkan dalam Tabel 9 di bawah ini.

**Tabel 9.** Dimensi Utama Model 3

Dimensi Utama Kapal			Desain Parameters Kapal	
LOA	23,8	m	Cp	0,625
Lpp	21,85	m	Cb	0,565
B	4,27	m	Cm	0,870
H	2,4	m	Cwp	0,801
T	1,83	m		

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis perbandingan dimensi utama berdasarkan buku “*Ship Methodologies of Preliminary Design*” yang telah dilakukan, dapat diidentifikasi bahwa nilai rasio dari model awal tidak memenuhi nilai rasio yang ada. Oleh karena itu, dibuat tiga variasi model dengan lambung yang sama namun dengan dimensi yang berbeda. Ketiga model yang dibuat memenuhi nilai perbandingan yang ada, namun dalam aspek optimasi kurva hidrostatis, kapal model 3 memiliki kurva hidrostatis yang lebih baik dibandingkan model awal dengan parameter-parameter yang berbeda yaitu WSA dan CP. Sedangkan nilai tahanan, model 3 mendapatkan tahanan kapal terkecil sebesar 9.5 kN dengan nilai rasio  $Lpp/B=5.12$ ;  $Lpp/D=8.9$ ;  $B/T=2.33$ .

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Parson, M.G., and Singer, D.J., 1998, “Michigan Conceptual Ship Design Software Environment User’s Manual,” University of Michigan, Department of Naval Architecture and Marine Engineering, Report No.338.
- [2] Parlindungan, M. and Eko, S. 2008. Studi Hull Form Kapal Barang-Penumpang Tradisional di Danau Toba Sumatera Utara. Universitas Diponegoro. Semarang.
- [3] Zhang, Y., Xu, L., Ding, Z., & Hu, M. (2023). Wave Propulsion For Surface Vehicle By Foils With Active Angle Of Attack Adjustment. *Ocean Engineering*, 281, 114980.
- [4] Lu, Y., Liu, X., Sun, J., Xie, X., Li, D., & Guo, X. (2023). CFD-DEM Modeling Of Turbidity Current Propagation In Channels With Two Different Topographic Configurations. *Frontiers in Marine Science*, 10, 1054.
- [5] John P. Comstock, Principles of Naval Architecture New York, Published by The Society Of Naval Architects And Marine Engineers, 1967
- [6] Aldyn Clinton Partahi, O., & Mohammad Danil, A. (2022). Analisa Performa Bow Thruster Antara Penggerak Hidrolik Dengan Penggerak Elektrik. *Jurnal Sains & Teknologi Fakultas Teknik*, 12(1).
- [7] PO, A. C., Muslim, M., Buwono, A., Arifin, M. D., & AW, A. B. Design Of Utilization Of Solar Panel and Gas Turbine On The Hybrid Container Ship From Tanjung Priok Jakarta to Tanjung Perak Surabaya.