

# **Analisis Pengaruh Bentuk Lambung Terhadap Hambatan dan Stabilitas Pada *Inland Passenger Vessel* di Sungai Danube, Hungaria**

**Muslim Syaifullah Rifai, Danang Cahyagi, Annisa Fyona**

\* Politeknik Negeri Batam

Program Studi Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan

Jl. Ahmad Yani, Batam Centre, Batam29461, Indonesia

<sup>1</sup>E-mail: [muslimsyaifullah@gmail.com](mailto:muslimsyaifullah@gmail.com)

## **Abstrak**

Sungai Danube merupakan jalur perairan vital di Eropa yang mendukung transportasi dan pariwisata. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan pengaruh bentuk lambung kapal penumpang inland waterways, yaitu monohull dan catamaran, terhadap nilai hambatan dan stabilitas kapal di Sungai Danube. Data menunjukkan bahwa selama sembilan bulan di tahun 2021, terjadi pengangkutan kargo signifikan di wilayah ini, dengan Budapest sebagai salah satu pusat pariwisata utama. Metodologi yang digunakan meliputi analisis hambatan menggunakan perangkat lunak Maxsurf Resistance dan perhitungan manual dengan metode Holtrop. Hasil menunjukkan bahwa lambung catamaran memiliki nilai hambatan dan daya lebih tinggi dibandingkan monohull, meskipun keduanya dirancang dengan spesifikasi yang sama. Analisis stabilitas dilakukan menggunakan Maxsurf Stability Enterprise, menunjukkan bahwa stabilitas lambung monohull tidak memenuhi kriteria IMO pada beberapa kondisi pembebanan, sementara catamaran memenuhi semua kriteria yang ditetapkan. Dalam hal efisiensi bahan bakar, kapal monohull lebih unggul, mampu melakukan sembilan trip per pengisian bahan bakar, sedangkan catamaran hanya delapan trip. Kesimpulan penelitian ini menegaskan bahwa meskipun lambung monohull lebih efisien dalam hal hambatan dan konsumsi bahan bakar, lambung catamaran memiliki keunggulan dalam stabilitas. Temuan ini dapat menjadi acuan dalam pengembangan desain kapal penumpang yang lebih baik dan sesuai dengan karakteristik Sungai Danube.

**Kata kunci: Sungai Danube, Monohull, Catamaran, Hambatan, Stabilitas**

## ***Abstract***

*The Danube River is a vital waterway in Europe that supports transportation and tourism. This study aims to compare the effects of the hull shape of inland waterways passenger vessels, specifically monohull and catamaran, on the resistance and stability values of ships in the Danube River. Data shows that during a nine-month period in 2021, significant cargo transportation occurred in this region, with Budapest as one of the main tourism centers. The methodology used includes resistance analysis using Maxsurf Resistance software and manual calculations with the Holtrop method. The results indicate that the catamaran hull has higher resistance and power values compared to the monohull, despite both being designed with the same specifications. Stability analysis was conducted using Maxsurf Stability Enterprise, showing that the stability of the monohull does not meet IMO criteria under several loading conditions, while the catamaran meets all the established criteria. In terms of fuel efficiency, the monohull performs better, able to make nine trips per full fuel load, whereas the catamaran can only make eight trips. The conclusions of this study emphasize that while the monohull is more efficient in terms of resistance and fuel consumption, the catamaran has advantages in stability. These findings can serve as a reference for the development of better passenger vessel designs that are suitable for the characteristics of the Danube River.*

**Keywords : Danube River, Monohull, Catamaran, Resistance, Stability**

## 1 Pendahuluan

Sungai danube menjadi salah satu sungai terpenting di eropa. Sungai ini membentang sejauh 3500 km yang menghubungkan laut utara ke laut hitam dan menjadi tulang punggung bagi negara – negara Balkan.. Diketahui selama 9 bulan di tahun 2021 terdapat 3,928 ribu ton kargo yang melintasi batas Negara Hungaria / Slovakia dan 4,597 ribu ton kargo melintasi batas Negara Hungaria / Kroasia / Serbia [1]. Selain sebagai jalur transportasi barang, Sungai Danube juga digunakan sebagai jalur pelayaran penumpang baik sebagai jalur perlintasan antar negara maupun pariwisata. Diperkirakan ada sekitar 28100 penumpang yang melintasi sungai danube di kota Budapest pada tahun 2017, angka ini meningkat 1,4% dari tahun sebelumnya [2]. Budapest menjadi salah satu kota di pesisir sungai danube yang menawarkan wisata city inland cruise dengan menyediakan kapal – kapal ringan yang digunakan sebagai tempat hiburan dan pariwisata kota Budapest [3].



Gambar 1. Kondisi Sungai Danube Hungaria

Berdasarkan bentuk lambung, terdapat 2 jenis kapal penumpang inland waterways yang beroperasi di rute wisata sungai danube budapest, yaitu kapal monohull dan kapal catamaran. Kapal catamaran adalah kapal dengan lambung ganda yang dihubungkan dengan struktur bridging [4]. Lambung kapal jenis ini semakin marak dibangun sebagai passenger vessel. Kapal yang digunakan dalam pelayaran inland waterway seperti sungai dan danau tentunya sangat berbeda dengan kapal yang digunakan dalam pelayaran laut dan samudera. Hal ini berkaitan dengan karakteristik perairan serta Batasan – Batasan yang menjadi limit dari kapal yang mampu digunakan di inland waterways. Dimensi sungai seperti lebar, kedalaman, dan radius belokan menjadi penentu utama dalam penentuan ukuran utama inland waterways vessel [5]. Selain itu karakteristik perairan seperti salinitas, massa jenis, dan karakteristik gelombang juga mempengaruhi karakteristik hambatan dan stabilitas kapal yang beroperasi.

Kapal yang baik adalah kapal yang memiliki nilai hambatan kecil dan stabilitas yang baik. Perhitungan hambatan kapal yang paling populer adalah menggunakan metode Holtrop (1984). Dalam metode ini, hambatan kapal terdiri dari hambatan gesek (*frictional resistance* /  $R_v$ ), hambatan gelombang (*wave making resistance* /  $R_w$ ), dan hambatan akibat penambahan struktur kapal (*appendages resistance* ( $R_a$ ) [6]. Secara matematis, rumus hambatan kapal dapat dituliskan dalam rumus sebagai berikut :

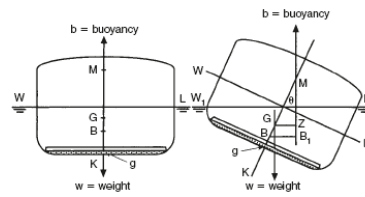
$$R_T = \frac{1}{2} \rho \times V^2 \times Stot [C_f(1+k) + C_a] + \frac{R_w}{W} W \quad (1)$$

Dengan  $\rho$  adalah massa jenis perairan,  $V$  adalah kecepatan kapal,  $Stot$  adalah luas permukaan basah kapal,  $c_f$  adalah koefisien tahanan gesek kapal,  $(1+k)$  adalah koefisien bentuk kapal,  $R_w$  adalah hambatan gelombang, dan  $W$  adalah berat kapal saat muatan penuh.

Sementara itu stabilitas kapal merupakan kecenderungan dari sebuah kapal untuk kembali kepada kedudukan semula setelah mendapat senget (kemiringan) yang disebabkan oleh gaya – gaya baik dari dalam maupun dari luar [7]. Dalam analisis stabilitas dikenal 4 istilah utama yaitu :

- Titik berat kapal (*center of gravity* /  $G$ ) adalah titik tangkap dari resultan gaya berat yang bekerja di kapal
- Titik apung kapal (*center of buoyancy* /  $B$ ) adalah titik tangkap resultan gaya tekan ke atas akibat beban air yang dipindahkan
- Titik metasentris (*center of metacentric* /  $M$ ) merupakan titik putus yang busur ayunannya adalah lintasan yang dilalui oleh titik tekan kapal

- Momen pembalik (*Righting moment / LC*) merupakan momen yang diperlukan untuk membuat kapal ke posisi semula



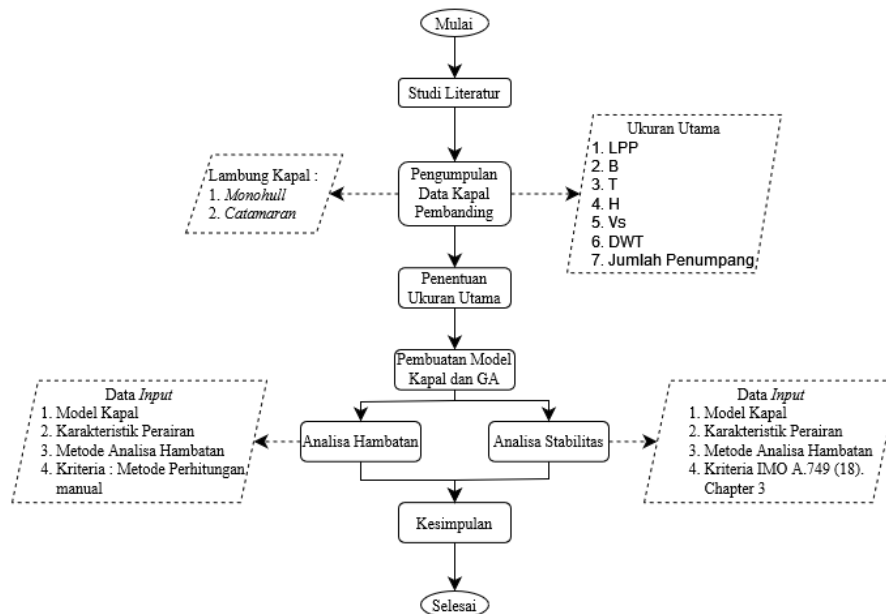
Gambar 2. Posisi Titik Stabilitas Kapal

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini akan membandingkan pengaruh bentuk lambung *inland passenger vessel* terhadap nilai hambatan dan stabilitasnya di sungai danube. Bentuk lambung kapal yang dianalisa dalam penelitian ini adalah monohull dan catamaran. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bentuk lambung mana yang lebih kecil hambatannya dan baik stabilstasnya yang sesuai dengan karakteristik sungai danube, hungaria. Penelitian ini terbatas pada analisis hambatan dan stabilitas.

## 2 Metodologi Penelitian

### 2.1. Diagram Alur Penelitian

Gambar berikut memperlihatkan diagram alur atau *flowchart* dari penelitian ini :



Gambar 3. *Flowchart* Penelitian

### 2.2. Variable

Dalam penelitian perbandingan diperlukan *variable control*, *variable independent*, dan *variable dependent*. *Variable control* adalah *variable* yang faktornya dibuat tetap untuk menetralsir pengaruhnya, *variable independent* adalah *variable* yang mempengaruhi *variable dependent*, sedangkan *variable dependent* adalah *variable* yang dipengaruhi oleh perubahan *variable independent* [8]. Berikut adalah *variable* yang digunakan dalam penelitian ini :

#### 1. Variabel Control

- Berat mati kapal (DWT) = 85 Ton

Nilai DWT kapal catamaran dan monohull diatur memiliki nilai yang sama, nilai ini berdasarkan rata – rata DWT kapal penumpang yang melintas di sungai Danube terutama yang beroperasi di kota budapest [1], [3].

- b. Kecepatan dinas kapal ( $V_s$ ) = 10.6 knot

Penelitian ini membandingkan bentuk lambung kapal maka dari itu kecepatan kapal harus dibuat sama agar tidak mempengaruhi nilai hambatan kapal. Kapal yang beroperasi di kota Budapest merupakan kapal berkecepatan rendah sesuai dengan fungsinya sebagai pariwisata [1], [3]

- c. Massa jenis perairan ( $\rho$ ) = 1000 kg/m<sup>3</sup>

Sungai danube adalah sungai dengan air tawar, karenanya nilai density yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1000 kg/m<sup>3</sup> [9]

- d. Jarak dan waktu tempuh pelayaran = ±30 km dalam waktu 1.53 jam.

Nilai ini didasarkan pada rute pelayaran pariwisata di Budapest yaitu sekitar 30 km (10.8 knot) yang ditempuh dalam waktu 1.53 jam [3]

2. *Variabel Independent*

- a. Ukuran utama kapal meliputi LOA, LPP, B, H, T, dan Displacement ( $\Delta$ )

3. *Variabel Dependent*

- a. Nilai hambatan kapal dan BHP  
b. Kurva Stabilitas (GZ)

### 2.3. Metode Penentuan Ukuran Utama

Metode regresi linear adalah metode statistika yang digunakan untuk membentuk model hubungan antara *variable* terikat (X) dengan *variable* bebas (Y) [10]. Dalam penentuan ukuran utama *variable* X merupakan DWT kapal yang dirancang yang sudah ditetapkan sedangkan *variable* Y adalah ukuran utama kapal yang dirancang. Fungsi regresi linear dapat dirumuskan dengan rumus sebagai berikut :

$$Y = a + bX \quad (2)$$

Dengan nilai a dan b dirumuskan sebagai berikut

$$a = \frac{(\sum y \times \sum x^2) - (\sum x \times \sum xy)}{(n \times \sum x^2) - (\sum x)^2} \quad (3)$$

$$b = \frac{(n \times \sum xy) - (\sum x \times \sum y)}{(n \times \sum x^2) - (\sum x)^2} \quad (4)$$

Tabel 1 dan tabel 2 memperlihatkan data kapal pembanding yang digunakan untuk menentukan ukuran utama kapal yang dirancang.

### 2.4. Metode Analisis Hambatan

Software yang digunakan dalam analisis hambatan adalah Maxsurf *Resistance*. Metode yang dipilih dalam software untuk kapal monohull adalah metode holtrop, sedangkan untuk kapal catamaran menggunakan metode *slender body*. Setelah mendapatkan nilai hambatan dari software, nilai tersebut akan dikoreksi menggunakan nilai hasil perhitungan manual. Perhitungan manual menggunakan metode holtrop sesuai dengan Persamaan (1). Pada kapal catamaran, untuk bisa menggunakan metode holtrop maka asumsi perhitungan manual adalah dengan menghitung nilai hambatan satu sisi hull kemudian nilai tersebut dikali dua.

Setelah mendapatkan nilai hambatan kapal (dalam kN), Langkah selanjutnya adalah memprediksi nilai *effective horse power* (EHP), *shaft horse power* (SHP), dan *brake horse power* (BHP). EHP adalah daya optimal untuk menggerakkan kapal sesuai dengan kecepatan yang diinginkan, SHP adalah daya optimal yang diperlukan sistem propulsi / *propulsive coefficient* untuk menggerakkan kapal sesuai dengan efisiensi sistem propulsinya, sedangkan BHP adalah daya yang dikeluarkan mesin utama kapal untuk bisa menggerakkan kapal sesuai dengan kecepatan yang diinginkan [11]. Persamaan berikut adalah persamaan untuk menghitung nilai EHP, SHP, dan BHP.

$$EHP = R \times V \quad (5)$$

$$SHP = \frac{EHP}{\eta_H \times \eta_R \times \eta_O} \quad (6)$$

$$BHP = SHP + (x\% \times SHP) \quad (7)$$

Dengan :

- R = Hambatan kapal (kN)
- V = Kecepatan percobaan (1.06Vs)
- $\eta_H$  = Efisiensi hull
- $\eta_R$  = Efisiensi relative-rotative
- $\eta_O$  = Efisiensi open-propeller

## 2.5. Metode Analisis Stabilitas

Software yang digunakan dalam penelitian ini adalah software berbasis analitik yaitu Maxsurf Stability Enterprise. Sedangkan dalam perhitungan manual, kalkulasi dimulai dengan mencari distribusi beban – beban yang ada di kapal dan distribusi gaya tekan ke atas, kemudian dilanjutkan dengan menghitung nilai stabilitas kapal dengan melihat beban tangki dan beban di setiap kompartemen untuk setiap sudut oleng.

Dalam analisa stabilitas diperlukan *loadcase* atau kondisi pembebanan kapal. Berikut adalah loadcase yang disimulasikan dalam analisa stabilitas pada penelitian ini :

1. *Loadcase 1* : *Lightship* (Kondisi kapal kosong)
2. *Loadcase 2* : *Full Load* (Kondisi kapal pada saat muatan penuh)
3. *Loadcase 3* : *Window Time* setelah trip ke - 1
4. *Loadcase 4* : Pada saat Trip ke - 5
5. *Loadcase 5* : Pada saat Trip terakhir sebelum refueling

Dalam perhitungan stabilitas terdapat suatu kriteria yang harus dicapai agar laik laut. Kriteria ini ditetapkan oleh International Maritime Organization (IMO). Regulasi yang digunakan adalah *IMO Resolution A.749 (18) Tahun 1993 Code of Intact Stability For All Types of Ships Covered by IMO Instruments* [12]

1. Area dibawah kurva righting lever (Kurva GZ) harus tidak boleh kurang dari 0,055 m.radian sampai sudut oleng (angle of heel)  $\Theta = 30^0$ . Dan harus tidak boleh kurang dari 0,09 m. radian sampai sudut oleng (angle of heel)  $\Theta = 40^0$  atau sudut banjir  $\Theta^*$  jika sudut ini kurang dari  $40^0$ . Sebagai tambahan, area dibawah kurva righting lever (Kurva GZ) diantara sudut oleng  $30^0$  dan  $40^0$  atau diantara  $30^0$  dan  $\Theta^*$ , bila sudut ini kurang dari  $40^0$ , harus tidak boleh kurang dari 0,03m.radian.
2. Kurva righting lever (Kurva GZ) setidaknya tidak boleh kurang dari 0,20 m. di sudut oleng sama atau lebih besar dari  $30^0$ .
3. Lengan kopel maksimum harus berada setidaknya pada sudut  $30^0$ , tapi tidak boleh kurang dari  $25^0$ .
4. Tinggi Metacentric (GM) harus tidak boleh kurang dari 0,15 m.
5. Untuk kapal penumpang, sudut miring akibat kerumunan penumpang di satu sisi, sebagaimana didefinisikan dalam paragraf 3.5.2.6 hingga 3.5.2.9, tidak boleh melebihi  $10^0$

## 2.6. Ukuran Kapal Pemandang

Tabel berikut berisi tentang ukuran utama kapal pemandang yang digunakan dalam penentuan ukuran utama. Terdapat 10 data kapal pemandang pada masing-masing tipe kapal baik monohull maupun catamaran, yang mana

data tersebut didapatkan dari beberapa website tertentu seperti BKI, marine offshore, dan lainnya. Dibawah ini merupakan data yang diperlukan untuk menentukan ukuran utama, yakni berupa: DWT (berat yang dapat ditampung oleh kapal), LOA (Panjang keseluruhan kapal), LPP (Panjang garis tegak kapal), B (lebar kapal), H (tinggi kapal), T (tinggi sarat air), V (Kecepatan kapal).

Tabel 1. Ukuran Utama Kapal Pembanding Monohull

NO	Nama Kapal	DWT (ton)	LOA (m)	LPP (m)	B (m)	H (m)	T (m)	V (Knot)
1	ADRIATIC PRINCESS III	100	30.7	23.15	6.92	2.43	1.2	15
2	AIGRETTE II	38	30.29	25.5	6.8	2.77	1.37	10
3	CAPITAINE NEMO	152	27	24	8.5	3.2	1.7	12
4	ARGYLL FLYER	72	30	26.72	7	2.7	1.25	21.7
5	GLENN II	48	29	26.4	6.8	2.45	1.28	9
6	COUMBA CASTEL	83	32	31.55	8	2.7	1.26	12.8
7	DERVENN	42	30	27.6	7	2.7	1.6	20
8	RIOMAIOR	131	32	28.75	7.12	2.75	1.45	20
9	JOLY FRANCE	136	30.6	26.67	8.1	2.4	1.33	20
10	LANGKAWI FERRY 2	67	30.7	26.19	9.6	2.8	1.8	25

Tabel 2. Ukuran Utama Kapal Pembanding Catamaran

NO	Nama Kapal	DWT (ton)	LOA (m)	LPP (m)	B (m)	H (m)	T (m)	V (Knot)
1	ADNOC F02	37	33	31.35	8.5	2.8	1.31	28
2	LILLEØRE	35	36	35.4	10	2.7	1.2	29.5
3	NAUTIKA	37	33	32.7	8.5	2.8	1.31	28
4	QUEEN STAR 5	31	34.85	30.1	6.89	1.19	1.19	28
5	UMO GREEN	57	30.5	27.6	10.8	4.76	2.29	29
6	UMO JADE	57	30.5	27.6	10.8	4.76	2.29	29
7	AERO 1 HIGHSPEED	24	36	34	9.7	3.4	1.1	34
8	AERO 3 HIGHSPEED	24	36	34	9.7	3.4	1.1	34
9	BADJI MOKHTAR II	27	37.6	31.5	7	2.48	1.01	31
10	KROTOA	37	33	32.7	8.5	3.25	2.8	28

### 3 Analisis Data dan Pembahasan

#### 3.1. Ukuran Utama Kapal dan Data Hidrostatik

Tabel berikut memperlihatkan ukuran utama kapal yang dianalisa dalam penelitian ini yang didapatkan dari metode regresi kapal pembanding dengan menggunakan data pada tabel 1 dan 2. Metode regresi kapal pembanding adalah cara untuk menentukan ukuran utama kapal (panjang, lebar, tinggi, dll.) berdasarkan data dari kapal-kapal yang mempunyai fungsi, tipe, dan ukuran yang mirip. Dibawah ini dapat dilihat ukuran seperti Vs, DWT, dan Displacement memiliki ukuran sama yang didapatkan dari perhitungan rata-rata data kapal pembanding. Namun untuk ukuran selain dari pada itu didapatkan dari metode regresi linear sesuai pada rumus 2,3, dan 4.

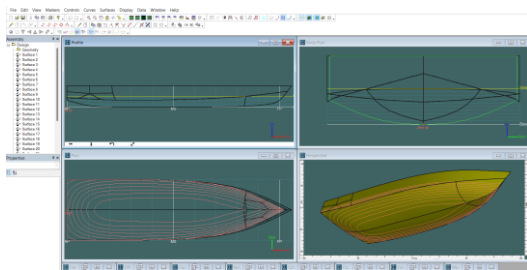
Tabel 3. Ukuran Utama Kapal Monohull

LPP (Length between Perpendicular)	26.67 m
LWL (Length of Waterline)	27.14 m
LOA (Length of Overall)	28.15 m
B (Beam)	7.57 m
H (Height)	2.69 m
T (Draft)	1.42 m
Freeboard	1.26 m
Vs (Service Speed)	10.60 kn
Cb (Block Coefficient)	0.58
Fraude Number	0.334
DWT	85.00 Ton
$\Delta$ (Displacement)	168 Ton

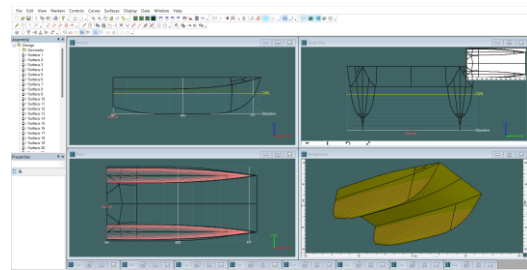
Tabel 4. Ukuran Utama Kapal Catamaran

LPP (Length between Perpendicular)	23.37 m
LWL (Length of Waterline)	23.68 m
LOA (Length of Overall)	24.67 m
BOA (Beam of Overall)	12.25 m
Bh (Beam of demihull)	1.99 m
Demihull gap	8.23 m
H (Height)	6.08 m
T (Draft)	3.44 m
Freeboard	2.64 m
Vs (Service Speed)	10.60 kn
Cb (Block Coefficient)	0.45
Fraude Number	0.358
DWT	85.00 Ton
$\Delta$ (Displacement)	168 Ton

Sesuai dengan flowchart penelitian pada **Gambar 2**. Langkah selanjutnya setelah mendapatkan ukuran utama kapal adalah pembuatan model kapal. Berikut adalah model kapal yang diteliti dalam penelitian ini menggunakan software Maxsurf Modelar advanced.



Gambar 4. Model Kapal Monohull



Gambar 5. Model Kapal Catamaran

Melalui software maxsurf modelar advanced didapatkan data hidrostatik. Data hidrostatik adalah serangkaian data yang menggambarkan karakteristik lambung kapal di sarat yang telah ditentukan. Tabel berikut memperlihatkan komparasi data hidrostatik dari lambung monohull dan catamaran yang diukur berdasarkan karakteristik perairan sungai (nilai density 1000 kg/m<sup>3</sup>).

Tabel 5. Perbandingan Data Hidrostatik Lambung Monohull dan Catamaran

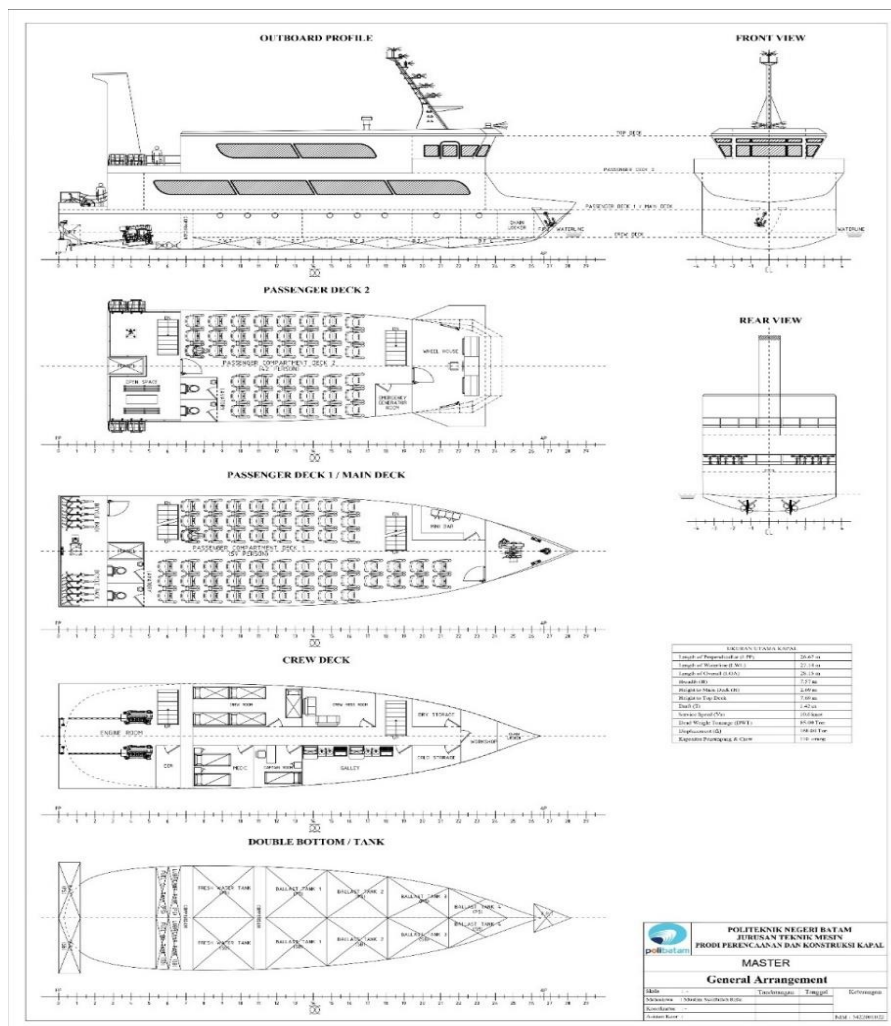
Data Hidrostatik	Nilai		Satuan
	Monohull	Catamaran	
Displacement	168	168	t
Volume (displaced)	168.03	168.02	m <sup>3</sup>
Draft Amidships	1.42	3.44	m
Wetted Area	202.99	309.95	m <sup>2</sup>
Max sect. area	8.35	10.46	m <sup>2</sup>
Waterpl. Area	169.97	80.89	m <sup>2</sup>
Prismatic coeff. (Cp)	0.74	0.68	
Block coeff. (Cb)	0.58	0.45	
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.78	0.68	
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.83	0.75	

LCB length	11.63	9.27	from zero pt. (+ve fwd) m
LCF length	11.53	9.43	from zero pt. (+ve fwd) m
LCB %	42.86	39.17	from zero pt. (+ve fwd) % Lwl
LCF %	42.47	39.83	from zero pt. (+ve fwd) % Lwl
KB	0.87	2.18	m
KG fluid	0.00	0.00	m
BMt	4.14	10.52	m
BML	48.42	16.31	m
GMt corrected	5.01	12.71	m
GML	49.30	18.50	m
KMt	5.01	12.71	m
KML	49.30	18.50	m
Immersion (TPc)	1.70	0.81	tonne/cm
MTc	3.11	1.33	tonne.m
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)	14.69	37.26	tonne.m

Dari data ukuran utama dan hidrostatik dapat dilihat bahwa untuk mendapatkan nilai DWT dan Displacement yang sama antara kapal monohull dan catamaran, lambung monohull memiliki nilai LPP yang lebih besar dari lambung catamaran sedangkan sarat lambung catamaran lebih tinggi dibandingkan sarat lambung monohull.

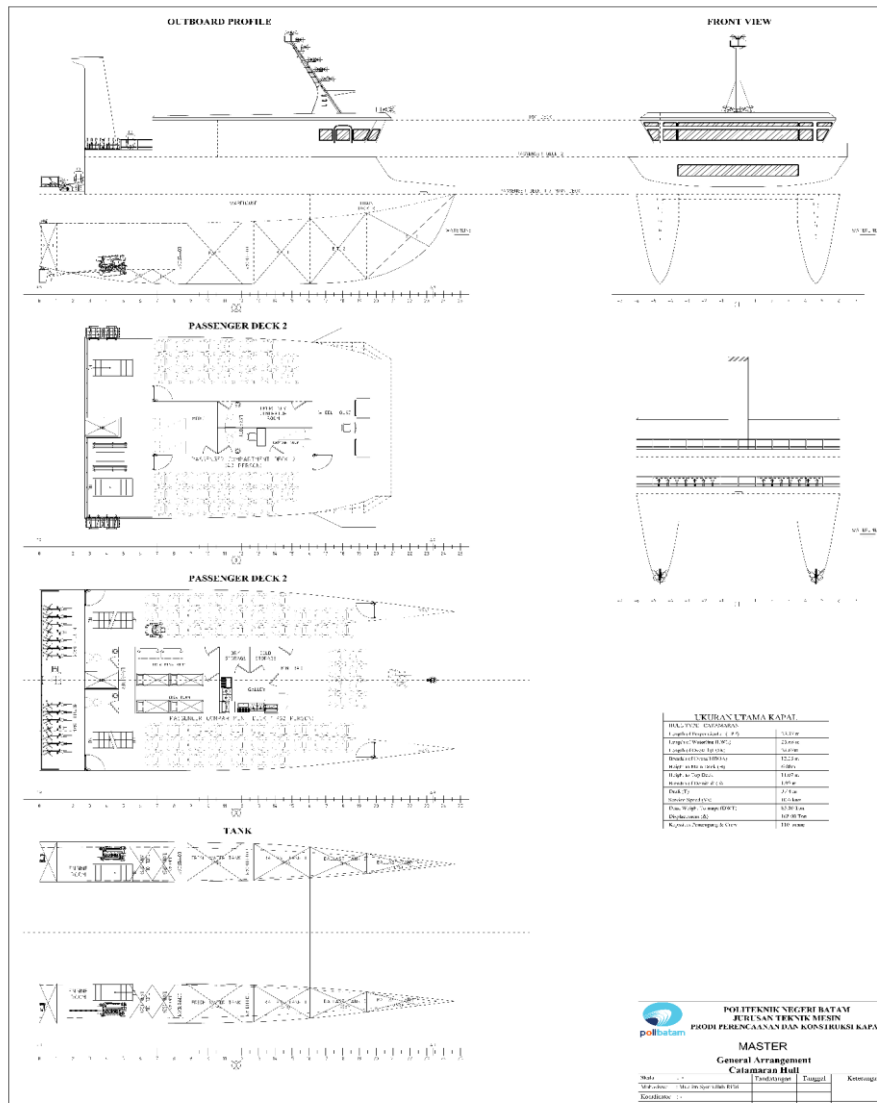
### 3.2. General Arrangement

Gambar berikut memperlihatkan *General Arrangement* dari kapal yang dirancang dalam penelitian ini.





Gambar 6. *General Arrangement* Kapal Monohull

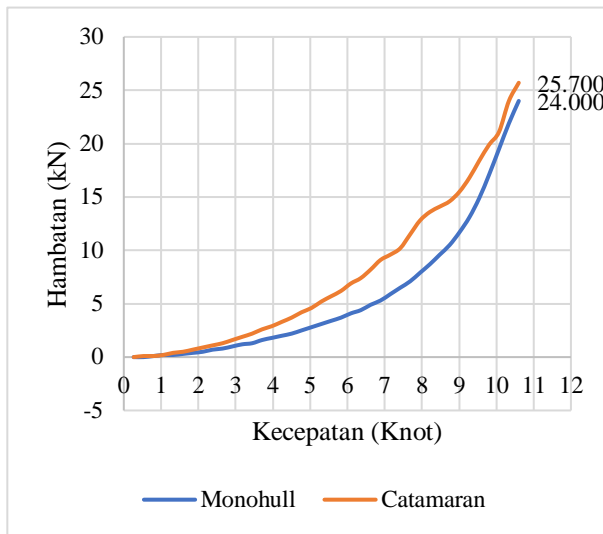


Gambar 7. *General Arrangement* Kapal Catamaran

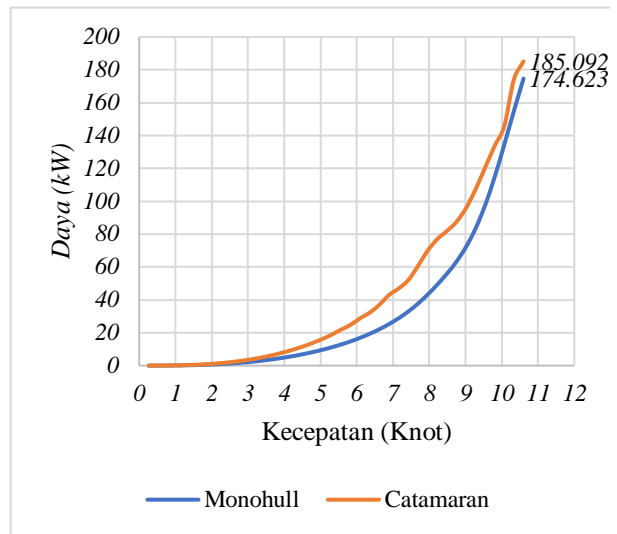
Kedua model kapal ini dirancang untuk bisa mengangkut setidaknya 100 orang penumpang dengan *crew* kapal 10 orang. Dirancang dengan asumsi fasilitas yang sama yaitu *executive size chair*, *mini bar*, dapur (*galley*), ruang medis, rack sepeda, dan open *space area*. Kapal monohull dirancang memiliki 3 deck, yaitu *crew deck* dibawah, *passenger deck 1 (main deck)* dan *passenger deck 2*, dengan fasilitas yang sama model lambung catamaran hanya memiliki 2 deck utama yaitu *passenger deck 1 (main deck)* dan *passenger deck 2*, serta *additional deck* untuk engine room. Hal ini karena lambung catamaran memiliki luasan *deck* yang lebih luas dibandingkan lambung monohull.

### 3.3. Analisa Hambatan

Dalam penelitian ini analisa hambatan menggunakan metode analitik yaitu dengan software Maxsurf Resistance kemudian divalidasi dengan mencari nilai errornya menggunakan perhitungan manual sesuai dengan rumus (1). Grafik dibawah memperlihatkan hasil analisa hambatan antara lambung monohull dan lambung catamaran

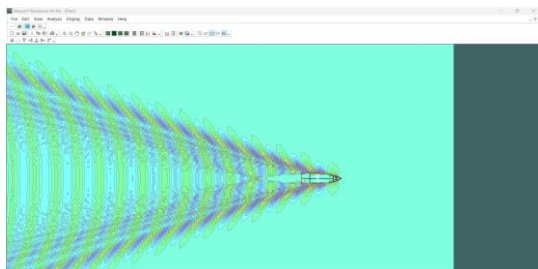


Gambar 8. Grafik Perbandingan Nilai Hambatan Terhadap Kecepatan

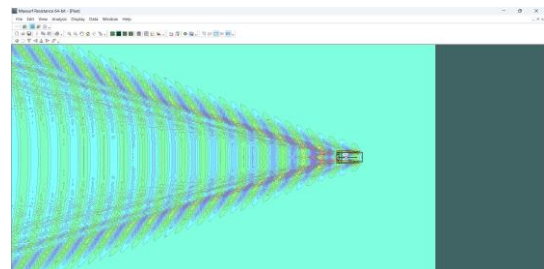


Gambar 9. Grafik Perbandingan Nilai EHP Terhadap Kecepatan

Berdasarkan grafik di atas dapat disimpulkan dengan nilai DWT dan *displacement* yang sama lambung catamaran memiliki nilai hambatan yang lebih besar yaitu 25.7 kN dengan nilai *effective horse power* 185.092 kW sedangkan lambung monohull memiliki nilai hambatan sebesar 24 kN dengan nilai *effective horse power* 174.623 kW. Dengan menggunakan rumus (1) didapatkan bahwa nilai hambatan lambung monohull sebesar 25.41 kN dan hambatan lambung catamaran sebesar 29.17 kN. Dengan demikian analisis hambatan lambung monohull memiliki nilai error 5.87% dan nilai *error* lambung catamaran sebesar 13.51%. Gambar berikut memperlihatkan kontur gelombang yang terbentuk dari lambung monohull dan catamaran pada kecepatan 10.6 knot.



Gambar 10. Kontur Gelombang Lambung Monohull



Gambar 11. Kontur Gelombang Lambung Catamaran

Berdasarkan *general arrangement*, model kapal pada penelitian ini dirancang memiliki 2 main engine (twin engine) yaitu Dongfeng model no. SYG128ZLCa15 - G128- ZCa dengan output rated (BHP) 155.5 kW (per engine). Memiliki berat 1150 kg (per engine) dan fuel consumption sebesar 197 g/kw.h (per engine). Berdasarkan rumus (6) dan (7) didapatkan bahwa kapal lambung monohull memiliki nilai BHP total 230 kW dan BHP minimum per engine 115 kW, sedangkan kapal lambung catamaran memiliki nilai BHP total 244 kW dan BHP minimum per engine 122 kW. Kapasitas maksimum tangki bahan bakar sesuai *general arrangement* dirancang memiliki kapasitas maksimum yang sama yaitu 1.06 ton. Tabel berikut memperlihatkan perhitungan jumlah pelayaran yang dapat dilakukan untuk kapal lambung monohull dan catamaran.

Tabel 6. Perbandingan Jumlah Trip Pelayaran Lambung Monohull dan Catamaran

MONOHULL			CATAMARAN		
<b>Diketahui :</b>			<b>Diketahui :</b>		
BHP per engine	=	115.00 kw	BHP per engine	=	122.16 kw
Jumlah Mesin	=	2	Jumlah Mesin	=	2
Fuel Consumption Rate (fr)	=	197 g/kw.h	Fuel Consumption Rate (fr)	=	197 g/kw.h
	=	0.197 kg/kw.h		=	0.197 kg/kw.h
Kapasitas Max. F.O.T	=	1060 kg	Kapasitas Max. F.O.T	=	1060 kg

Jarak Pelayaran = 30 km	Jarak Pelayaran = 30 km
Kecepatan kapal = 10.60 knot	Kecepatan kapal = 10.60 knot
Waktu Tempuh Pelayaran = 1.53 jam	Waktu Tempuh Pelayaran = 1.53 jam
Window Time = 1 Jam	Window Time = 1 Jam
<b>Konsumsi Bahan Bakar Perjam :</b>	<b>Konsumsi Bahan Bakar Perjam :</b>
<u>Konsumsi Bahan Bakar</u> = fr x BHP x 2	<u>Konsumsi Bahan Bakar</u> = fr x BHP x 2
= 45.31 kg	= 48.13 kg
<b>Konsumsi Bahan Bakar per Trip Pelayaran</b>	<b>Konsumsi Bahan Bakar per Trip Pelayaran</b>
Konsumsi B.B. Saat Pelayaran = 69.24 kg	Konsumsi B.B. Saat Pelayaran = 73.55 kg
Konsumsi B.B. Saat Window Time = 45.31 kg	Konsumsi B.B. Saat Window Time = 48.13 kg
<u>Konsumsi B.B per Trip Pelayaran</u> = 114.6 kg	<u>Konsumsi B.B per Trip Pelayaran</u> = 121.7 kg
<b>Jumlah Trip Pelayaran</b>	<b>Jumlah Trip Pelayaran</b>
<u>Jumlah Trip Pelayaran per Refuelling</u> = 9.0 Trip	<u>Jumlah Trip Pelayaran per Refuelling</u> = 8.0 Trip

Berdasarkan tabel di atas didapatkan bahwa jumlah trip pelayaran lambung monohull (9 trip) lebih banyak dari jumlah trip lambung catamaran (8 trip), walaupun pada kecepatan dan jarak tempuh yang sama. Hal itu bisa terjadi karena hambatan dan daya yang diperlukan oleh kedua tipe kapal menunjukkan nilai yang berbeda setelah dilakukan analisa.

### 3.4. Analisis Stabilitas

Analisa stabilitas menggunakan software Maxsurf Stability Enterprise. Penentuan *loadcase* stabilitas digunakan ketentuan sebagai berikut :

- Kapasitas tangki bahan bakar pada kapal monohull dan catamaran diasumsikan sama yaitu 1.12 m<sup>3</sup> (1.06 Ton)
- Asumsi berat badan penumpang adalah 100 kg dengan cargo maksimum 50 kg
- Fresh water rate* per trip adalah 0.514 Ton
- Food consumption rate* per trip adalah 20.5 kg
- Kondisi *ballasting* pada lambung monohull dan catamaran diasumsikan pada kondisi yang sama. Yaitu 75% pada saat pelayaran, dan 100% pada saat window time / waktu labuh.

Tabel berikut adalah Loadcase yang diperlukan untuk melakukan analisa stabilitas. Dilengkapi juga dengan beberapa tangki-tangki serta berat kapasitas maximumnya.

Tabel 7. Loadcase Stabilitas Kapal Lambung Monohull

NO	TANK / COMPARTMENT	MAX. CAPACITY		LOADCASE				
		MAX. VOLUME (M <sup>3</sup> )	MAX. WEIGHT (TON)	I Lightship	II Full Load	III Window Time after 1x Trip	IV At Trip 5	V Last Trip Before Refueling
1	LWT (Lightship)		44.13	100%	100%	100%	100%	100%
2	Crew Compartment	163.52	1.50	0%	100%	100%	100%	100%
3	Passenger Compartment 1	361.32	8.85	0%	100%	0%	100%	100%
4	Passenger Compartment 2	291.36	6.30	0%	100%	0%	100%	100%
5	Storage	27.85	0.19	0%	100%	89%	50%	11%
6	Fuel Oil Tank (PS & SB)	1.12	1.06	0%	100%	89%	51%	13%
7	Lubricant Oil Tank (PS & SB)	0.61	0.56	0%	100%	99.8%	99.3%	98.8%
8	Fresh Water Tank (PS & SB)	12.33	12.33	0%	100%	95.6%	80.4%	65.2%
9	Fore Peak Tank	1.766	1.7659	0%	75%	100%	75%	75%
10	After Peak Tank (PS & SB)	7.172	7.1716	0%	75%	100%	75%	75%
11	Ballast Tank 1 (PS & SB)	12.186	12.185	0%	75%	100%	75%	75%
12	Ballast Tank 2 (PS & SB)	11.04	11.0402	0%	75%	100%	75%	75%
13	Ballast Tank 3 (PS & SB)	7.998	7.9978	0%	75%	100%	75%	75%
14	Ballast Tank 4 (PS & SB)	3.682	3.6822	0%	75%	100%	75%	75%

Tabel 8. Loadcase Stabilitas Kapal Lambung Catamaran

NO	TANK / COMPARTMENT	MAX. CAPACITY		LOADCASE				
		MAX. VOLUME (M <sup>3</sup> )	MAX. WEIGHT (TON)	I Lightship	II Full Load	III Window Time after 1x Trip	IV At Trip 5	V Last Trip Before Refueling
1	LWT (Lightship)		66.32	100%	100%	100%	100%	100%
2	Passenger Compartment 1 + CREW	507.79	10.80	0%	100%	14%	100%	100%
3	Passenger Compartment 2	519.01	6.00	0%	100%	0%	100%	100%
4	Storage	24.84	0.16	0%	100%	88%	44%	13%
5	Fuel Oil Tank (PS & SB)	1.12	1.06	0%	100%	88%	48%	19%
6	Lubricant Oil Tank (PS & SB)	1.20	1.11	0%	100%	99.9%	99.5%	99.3%
7	Fresh Water Tank (PS & SB)	26.49	26.49	0%	100%	96.1%	82.5%	72.9%
8	After Peak Tank (PS & SB)	5.688	5.6876	0%	75%	100%	75%	75%
9	Ballast Tank 1 (PS & SB)	20.254	20.2546	0%	75%	100%	75%	75%
10	Ballast Tank 2 (PS & SB)	12.982	12.982	0%	75%	100%	75%	75%
11	Ballast Tank 3 (PS & SB)	3.958	3.9576	0%	75%	100%	75%	75%

Tabel – tabel berikut memperlihatkan hasil kriteria stabilitas menggunakan kriteria dari IMO A.749 no.18 ch 3 untuk kondisi tiap-tiap loadcase sesuai Tabel 7 dan Tabel 8

Tabel 9. Kriteria Stabilitas Pada Loadcase I

LOADCASE I (Lightship)						
IMO A.749 (18), Ch 3 Design Criteria Applicable to All Ships	STANDARD	STABILITAS				
		MONOHULL		CATAMARAN		
		NILAI	KET.	NILAI	KET.	
Area 0°-30°	Tidak Boleh Kurang dari : 3.1513 m.deg	45.5052	PASS	112.215	PASS	
Area 0°-40°	Tidak Boleh Kurang dari : 5.1566 m.deg	71.7424	PASS	161.8144	PASS	
Area 30°-40°	Tidak Boleh Kurang dari : 1.7189 m.deg	26.2371	PASS	49.5994	PASS	
Max GZ at 30 or Greater	Tidak Boleh Kurang dari : 0.2 m.deg	3.925	PASS	7.191	PASS	
Angle of maximum GZ	Tidak Boleh Kurang dari : 25 deg	104.5	PASS	97.3	PASS	
Initial GMt	Tidak Boleh Kurang dari : 0.15 m	6.99	PASS	19.63	PASS	
Passenger crowding: angle of equilibrium	Tidak Boleh Lebih dari : 10 deg	0	PASS	0	PASS	
Turn: angle of equilibrium	Tidak Boleh Lebih dari : 10 deg	0	PASS	0	PASS	
Severe wind and rolling	Angle of steady heel	Tidak Boleh Lebih dari : 16 deg	7.5	PASS	2.4	PASS
	Angle of steady heel / Deck edge immersion angle	Tidak Boleh Lebih dari : 80 %	17.52	PASS	5.68	PASS
	Area1 / Area2	Tidak Boleh Kurang dari : 100 %	74.52	FAIL	139.29	PASS

Tabel 10. Kriteria Stabilitas Pada Loadcase II

LOADCASE II (Full Load)						
IMO A.749 (18), Ch 3 Design Criteria Applicable to All Ships	STANDARD	STABILITAS				
		MONOHULL		CATAMARAN		
		NILAI	KET.	NILAI	KET.	
Area 0°-30°	Tidak Boleh Kurang dari : 3.1513 m.deg	26.6946	PASS	84.2391	PASS	
Area 0°-40°	Tidak Boleh Kurang dari : 5.1566 m.deg	41.8799	PASS	131.2006	PASS	
Area 30°-40°	Tidak Boleh Kurang dari : 1.7189 m.deg	15.1853	PASS	46.9615	PASS	
Max GZ at 30 or Greater	Tidak Boleh Kurang dari : 0.2 m.deg	2.479	PASS	4.912	PASS	
Angle of maximum GZ	Tidak Boleh Kurang dari : 25 deg	108.2	PASS	99.1	PASS	
Initial GMt	Tidak Boleh Kurang dari : 0.15 m	5.057	PASS	11.481	PASS	
Passenger crowding: angle of equilibrium	Tidak Boleh Lebih dari : 10 deg	0	PASS	0	PASS	
Turn: angle of equilibrium	Tidak Boleh Lebih dari : 10 deg	0	PASS	0	PASS	
Severe wind and rolling	Angle of steady heel	Tidak Boleh Lebih dari : 16 deg	4.7	PASS	1.8	PASS
	Angle of steady heel / Deck edge immersion angle	Tidak Boleh Lebih dari : 80 %	16.92	PASS	19.54	PASS
	Area1 / Area2	Tidak Boleh Kurang dari : 100 %	120.43	PASS	227.48	PASS

Tabel 11. Kriteria Stabilitas Pada *Loadcase III*

<b>LOADCASE III (Window Time after 1x Trip)</b>							
<b>IMO A.749 (18). Ch 3 Design Criteria Applicable to All Ships</b>	<b>STANDARD</b>		<b>STABILITAS</b>				
			<b>MONOHULL</b>		<b>CATAMARAN</b>		
			<b>NILAI</b>	<b>KET.</b>	<b>NILAI</b>	<b>KET.</b>	
<i>Area 0°-30°</i>	Tidak Boleh Kurang dari :	3.1513 m.deg	33.8074	PASS	87.4586	PASS	
<i>Area 0°-40°</i>	Tidak Boleh Kurang dari :	5.1566 m.deg	54.1257	PASS	135.6379	PASS	
<i>Area 30°-40°</i>	Tidak Boleh Kurang dari :	1.7189 m.deg	20.3183	PASS	48.1793	PASS	
<i>Max GZ at 30 or Greater</i>	Tidak Boleh Kurang dari :	0.2 m.deg	3.348	PASS	5.244	PASS	
<i>Angle of maximum GZ</i>	Tidak Boleh Kurang dari :	25 deg	107.3	PASS	99.1	PASS	
<i>Initial GMt</i>	Tidak Boleh Kurang dari :	0.15 m	6.105	PASS	12.016	PASS	
<i>Passenger crowding: angle of equilibrium</i>	Tidak Boleh Lebih dari :	10 deg	0	PASS	0	PASS	
<i>Turn: angle of equilibrium</i>	Tidak Boleh Lebih dari :	10 deg	0	PASS	0	PASS	
Severe wind and rolling	<i>Angle of steady heel</i>	Tidak Boleh Lebih dari :	16 deg	4	PASS	1.8	PASS
	<i>Angle of steady heel / Deck edge immersion angle</i>	Tidak Boleh Lebih dari :	80 %	14.19	PASS	18.08	PASS
	<i>Area1 / Area2</i>	Tidak Boleh Kurang dari :	100 %	153.84	PASS	224.67	PASS

Tabel 12. Kriteria Stabilitas Pada *Loadcase IV*

<b>LOADCASE IV (At Trip 5)</b>							
<b>IMO A.749 (18). Ch 3 Design Criteria Applicable to All Ships</b>	<b>STANDARD</b>		<b>STABILITAS</b>				
			<b>MONOHULL</b>		<b>CATAMARAN</b>		
			<b>NILAI</b>	<b>KET.</b>	<b>NILAI</b>	<b>KET.</b>	
<i>Area 0°-30°</i>	Tidak Boleh Kurang dari :	3.1513 m.deg	24.968	PASS	84.67	PASS	
<i>Area 0°-40°</i>	Tidak Boleh Kurang dari :	5.1566 m.deg	38.394	PASS	131.1	PASS	
<i>Area 30°-40°</i>	Tidak Boleh Kurang dari :	1.7189 m.deg	13.426	PASS	46.435	PASS	
<i>Max GZ at 30 or Greater</i>	Tidak Boleh Kurang dari :	0.2 m.deg	1.588	PASS	4.942	PASS	
<i>Angle of maximum GZ</i>	Tidak Boleh Kurang dari :	25 deg	87.3	PASS	99.1	PASS	
<i>Initial GMt</i>	Tidak Boleh Kurang dari :	0.15 m	4.028	PASS	11.684	PASS	
<i>Passenger crowding: angle of equilibrium</i>	Tidak Boleh Lebih dari :	10 deg	-0.1	PASS	0.1	PASS	
<i>Turn: angle of equilibrium</i>	Tidak Boleh Lebih dari :	10 deg	-0.1	PASS	0.1	PASS	
Severe wind and rolling	<i>Angle of steady heel</i>	Tidak Boleh Lebih dari :	16 deg	5.4	PASS	1.9	PASS
	<i>Angle of steady heel / Deck edge immersion angle</i>	Tidak Boleh Lebih dari :	80 %	53.95	PASS	19.35	PASS
	<i>Area1 / Area2</i>	Tidak Boleh Kurang dari :	100 %	100.81	PASS	220.98	PASS

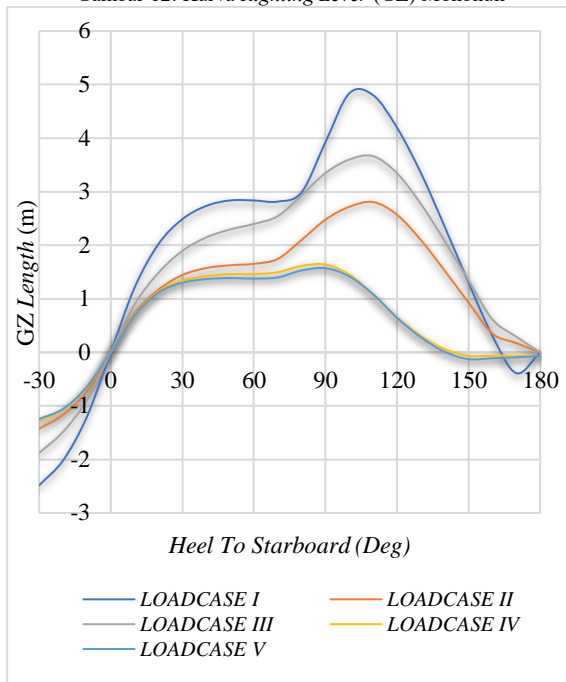
Tabel 13. Kriteria Stabilitas Pada *Loadcase V*

<b>LOADCASE V (Last Trip Before Refueling)</b>							
<b>IMO A.749 (18). Ch 3 Design Criteria Applicable to All Ships</b>	<b>STANDARD</b>		<b>STABILITAS</b>				
			<b>MONOHULL</b>		<b>CATAMARAN</b>		
			<b>NILAI</b>	<b>KET.</b>	<b>NILAI</b>	<b>KET.</b>	
<i>Area 0°-30°</i>	Tidak Boleh Kurang dari :	3.1513 m.deg	25.043	PASS	85.744	PASS	
<i>Area 0°-40°</i>	Tidak Boleh Kurang dari :	5.1566 m.deg	38.439	PASS	132.09	PASS	
<i>Area 30°-40°</i>	Tidak Boleh Kurang dari :	1.7189 m.deg	13.397	PASS	46.348	PASS	
<i>Max GZ at 30 or Greater</i>	Tidak Boleh Kurang dari :	0.2 m.deg	1.578	PASS	4.979	PASS	
<i>Angle of maximum GZ</i>	Tidak Boleh Kurang dari :	25 deg	87.3	PASS	99.1	PASS	
<i>Initial GMt</i>	Tidak Boleh Kurang dari :	0.15 m	3.992	PASS	11.852	PASS	
<i>Passenger crowding: angle of equilibrium</i>	Tidak Boleh Lebih dari :	10 deg	0	PASS	0	PASS	
<i>Turn: angle of equilibrium</i>	Tidak Boleh Lebih dari :	10 deg	0	PASS	0	PASS	
Severe wind and rolling	<i>Angle of steady heel</i>	Tidak Boleh Lebih dari :	16 deg	5.5	PASS	1.8	PASS
	<i>Angle of steady heel / Deck edge immersion angle</i>	Tidak Boleh Lebih dari :	80 %	51.85	PASS	18.08	PASS
	<i>Area1 / Area2</i>	Tidak Boleh Kurang dari :	100 %	97.69	FAIL	218.15	PASS

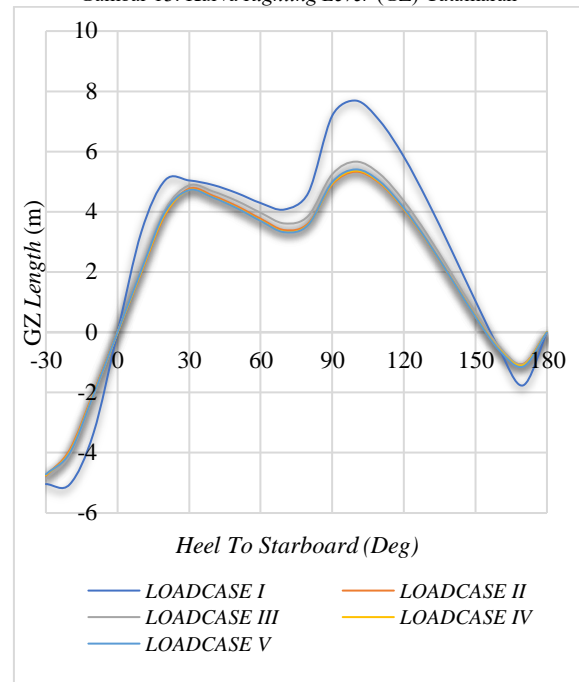
Berdasarkan tabel di atas dapat disimpulkan bahwa dengan kondisi pembebanan dan *ballast* yang sama kapal dengan lambung monohull memiliki stabilitas yang tidak memenuhi kriteria IMO pada *loadcase I* dan *V* di bagian yang sama yakni pada kondisi Ketika kapal menghadapi kombinasi antara angin kencang dan gerakan rolling, hal ini berbeda dengan lambung catamaran yang memiliki stabilitas memenuhi kriteria di semua kondisi *loadcase*.

Sedangkan grafik berikut memperlihatkan kurva panjang lengan GZ (Righting lever) dan Area GZ (Dynamic Stability) untuk setiap loadcase.

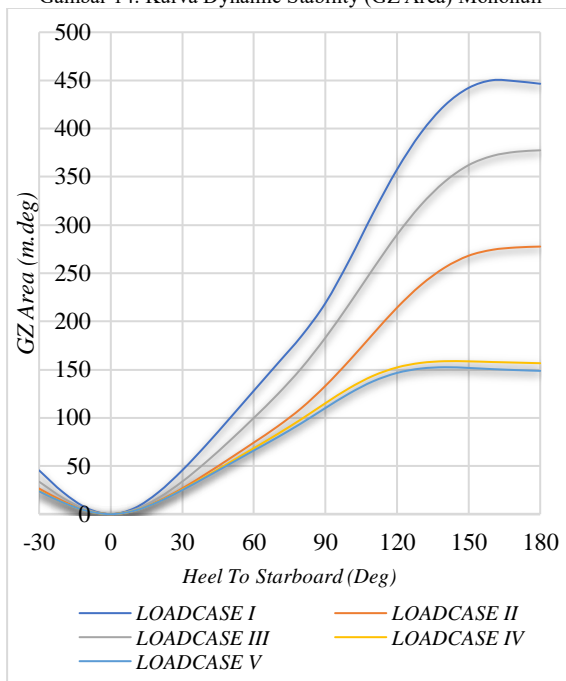
Gambar 12. Kurva *Righting Lever* (GZ) Monohull



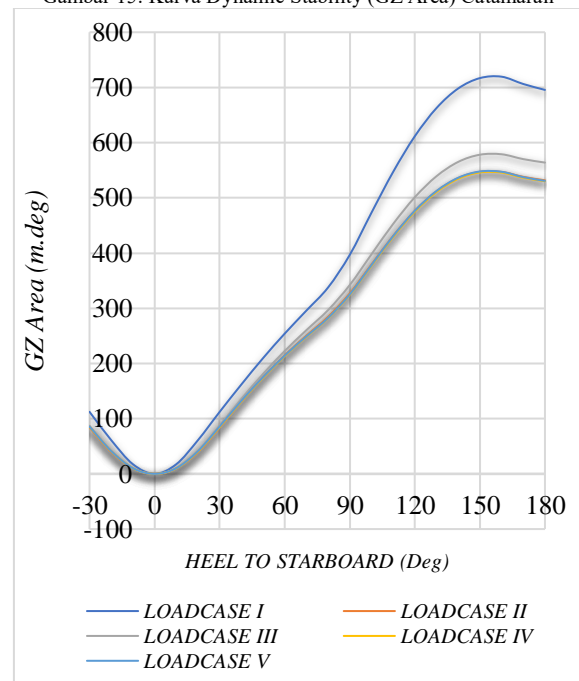
Gambar 13. Kurva *Righting Lever* (GZ) Catamaran



Gambar 14. Kurva Dynamic Stability (GZ Area) Monohull



Gambar 15. Kurva Dynamic Stability (GZ Area) Catamaran



Grafik menunjukkan perbandingan kurva panjang lengan GZ (Righting Lever) untuk kapal monohull dan catamaran dalam 5 skenario beban (loadcase). Untuk monohull, kurva memiliki puncak GZ maksimum di sudut kemiringan sekitar 30°-50°, dengan nilai GZ yang bervariasi tergantung loadcase, menunjukkan stabilitas yang kuat pada sudut kecil. Pada catamaran, puncak GZ lebih tinggi dibanding monohull, terjadi pada sudut lebih besar (sekitar 60°-90°), menunjukkan stabilitas yang lebih baik untuk sudut kemiringan besar. Perbedaan ini mencerminkan desain hull yang memengaruhi distribusi gaya apung dan stabilitas masing-masing kapal.

#### 4. Kesimpulan

Lambung Monohull memiliki ukuran LPP 26.67 m, LOA 28.15 m, B 7.57 m, H 2.67 m, T 1.42 m, sedangkan lambung Catamaran memiliki ukuran LPP 23.37 m, LOA 24.67, BOA 12.25 m, H 6.08, T 3.44 m, dengan nilai DWT, Displacement, dan Vs yang sama yaitu DWT 85 ton, Displacement 168 ton, dan Vs 10.6 knot. Kedua model kapal dirancang untuk mengangkut 100 penumpang dan 10 awak dengan fasilitas yang sama, seperti kursi eksekutif, mini bar, dapur, ruang medis, rak sepeda, dan area terbuka. Kapal monohull memiliki 3 dek, sementara catamaran hanya memiliki 2 dek utama dan dek tambahan untuk ruang mesin Berdasarkan analisa hambatan, lambung catamaran memiliki hambatan dan nilai EHP lebih besar dibandingkan lambung monohull pada DWT dan displacement yang sama. Hambatan monohull sebesar 24 kN dengan EHP 174.623 kW, sedangkan catamaran memiliki hambatan 25.7 kN dengan EHP 185.092 kW. Setelah validasi, nilai error hambatan monohull sebesar 5.87%, sementara catamaran memiliki error 13.51%. Berdasarkan analisis konsumsi bahan bakar dan jumlah trip pelayaran, kapal monohull dengan mesin Dongfeng model SYG128ZLCa15 - G128-ZCa dapat melakukan 9 trip per pengisian bahan bakar penuh, sedangkan kapal catamaran dengan model mesin yang sama hanya mampu melakukan 8 trip. Meskipun kapasitas tangki bahan bakar keduanya sama, konsumsi bahan bakar catamaran lebih tinggi, sehingga jumlah trip pelayaran monohull lebih banyak. Berdasarkan analisis stabilitas kapal lambung monohull menunjukkan bahwa stabilitasnya tidak memenuhi kriteria IMO pada *Loadcase I (Lightship)* dan *Loadcase V (Last Trip Before Refueling)*. Sementara itu, kapal lambung catamaran berhasil memenuhi kriteria stabilitas di semua kondisi loadcase yang diuji. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun kedua kapal memiliki kondisi pembebanan dan *ballasting* yang sama, lambung catamaran memiliki keunggulan dalam stabilitas.

#### 5 Daftar Pustaka

- [1] “Market Observation for Danube Navigation: Results in 2021,” Budapest, 2022.
- [2] Hans-Peter Hasenbichle and Sabine Gansterer, *The Manual on Danube Navigation*, 4th ed. Vienna, Austria: via donau – Österreichische Wasserstraßen-Gesellschaft mbH, 2019.
- [3] N. Pókó, “River Cruise Tourism Along the Middle Section of the Danube, in Hungary, in Croatia and in Serbia,” *Acta economica et turistica*, vol. 8, no. 1, pp. 25–47, Jul. 2022.
- [4] Davit hermanto, Samuel, and Muhammad Iqbal, “Analisa Peningkatan Performa Seakeeping Pada Kapal Katamaran MV. Laganbar Menggunakan Centerbulb Dan Bulbous Bow,” *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 5, no. 1, pp. 64–71, 2017.
- [5] Bintang Jiwa and Hesty Anita Kurniawati, “Desain Self-Propelled Car Barge untuk Distribusi Mobil Baru Rute Cikarang Bekasi Laut (Cbl) ± Tanjung Perak,” *Jurnal teknik ITS*, vol. 5, no. 2, pp. G192-(198, 2016.
- [6] J. Holtrop and G. G. J. Menmen, “An approximate power prediction method,” *International Shipbuilding Progress*, vol. 29, 1982.
- [7] Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan Kemdikbud RI, *Bangunan dan Stabilitas Kapal Perikanan*. 2013.
- [8] Sangkot Nasution, “Variabel Penelitian,” *Jurnal Raudah*, vol. 5, no. 2, 2017.
- [9] B. Basarin, T. Lukić, D. Pavić, and R. L. Wilby, “Trends and multi-annual variability of water temperatures in the river Danube, Serbia,” *Hydrol Process*, vol. 30, no. 18, pp. 3315–3329, Aug. 2016.
- [10] Denny Kurniawan, (*e-book*) *Regresi Linear*. Vienna, Austria: <http://ineddeni.wordpress.com>, 2008.
- [11] Edward V. Lewis, “Principles of Naval Architecture Volume II,” 1988, *The Society of Naval Architects and Marine Engineers, Jersey City*.
- [12] IMO (International Maritime Organization), *CODE ON INTACT STABILITY FOR ALL TYPES OF SHIPS COVERED BY IMO INSTRUMENT*. 1993.