



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Perancangan Kapal Cepat Hydrofoil dengan bahan Aluminium Untuk Perairan Dangkal

Dwi Ageng Frastio¹⁾, Good Rindo²⁾, Ahmad Fauzan Zakki³⁾

¹⁾Laboratorium Desain Digitalisasi Kapal, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, 50275, Indonesia

^{*)}e-mail :agengdwifrastio@gmail.com

Abstrak

Perancangan kapal cepat hydrofoil berbahan aluminium untuk perairan dangkal menjadi solusi penting dalam pengembangan transportasi laut yang lebih hemat energi dan ramah lingkungan. Kapal hydrofoil memiliki kemampuan unik untuk mengurangi hambatan gesekan dengan air, yang memungkinkan kapal untuk beroperasi dengan kecepatan lebih tinggi dan konsumsi bahan bakar yang lebih efisien. Aluminium 5083 dipilih sebagai bahan utama karena sifatnya yang ringan, tahan terhadap korosi, dan mudah diproses, menjadikannya ideal untuk konstruksi kapal yang akan beroperasi di perairan dangkal. Penelitian ini bertujuan untuk merancang kapal hydrofoil dengan mempertimbangkan aspek stabilitas, efisiensi, dan kenyamanan penumpang dalam kondisi perairan dangkal, seperti yang ditemukan di Selat Bali, Indonesia. Desain kapal dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Maxsurf untuk analisis stabilitas, keseimbangan, dan hambatan kapal, serta Rhinoceros untuk pembuatan model 3D. Hasil dari desain ini menunjukkan bahwa kapal dengan ukuran utama LOA 27 m, lebar 5,5 m, dan draft 1,2 m dapat beroperasi stabil pada kecepatan hingga 70 knot, dengan nilai stabilitas yang memenuhi standar keselamatan internasional. Kapal ini juga menunjukkan efisiensi operasional yang tinggi, dengan konsumsi bahan bakar yang lebih rendah dibandingkan dengan kapal konvensional. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi kapal cepat untuk transportasi laut yang lebih cepat, aman, dan efisien, khususnya di wilayah perairan dangkal Indonesia yang memiliki potensi besar untuk meningkatkan konektivitas antar pulau.

Kata Kunci : Hydrofoil, Aluminium, Perairan Dangkal, Stabilitas.

1. PENDAHULUAN

Salah satu faktor terpenting dalam mobilitas masyarakat dan distribusi barang di negara seperti Indonesia adalah transportasi laut. Khususnya di daerah yang banyak perairannya, kapal yang digunakan untuk transportasi laut memerlukan desain khusus agar dapat berfungsi secara efisien dan aman. Dalam perancangan, pemilihan bahan, bentuk, dan teknologi sangat penting untuk memenuhi kebutuhan tersebut [1]. Salah satu faktor pendukung dalam memajukan dunia kemaritiman adalah perancangan kapal cepat *Hydrofoil* berbahan aluminium, yang dirancang khusus untuk beroperasi di perairan dangkal.

Kapal penumpang cepat *Hydrofoil* berbahan aluminium untuk perairan dangkal merupakan solusi potensial untuk kebutuhan ini. Aluminium memiliki beberapa keunggulan, seperti ringan, tahan korosi, dan mudah dibentuk, sehingga dapat meningkatkan kecepatan kapal dan mengurangi

penggunaan pembakaran. Selain itu, bobot ringan aluminium dapat membantu kapal memiliki draft yang lebih kuat, sehingga cocok digunakan pada perairan dangkal [2].

Namun, tidak banyak tantangan dalam desain kapal aluminium untuk perairan dangkal. Terlepas dari bobot ringannya, kapal harus disusun dengan struktur yang kuat dan stabil menghadapi beban laut. Selain itu, desain kapal harus menjamin kestabilan, kenyamanan penumpang, dan efisiensi material bakar agar dapat berfungsi secara maksimal [3].

Mengingat permasalahan dan potensi yang telah dijelaskan, tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa cepat kapal penumpang dapat dibangun menggunakan bahan aluminium yang sesuai dengan karakteristik perairan. Hasil kajian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap perkembangan transportasi laut yang

lebih cepat, aman, dan efisien, khususnya di wilayah udara dangkal [3].

2. METODE

2.1. Objek penelitian.

Salah satu keunggulan utama kapal *Hydrofoil* dibandingkan dengan jenis kapal cepat lainnya atau kapal konvensional adalah kemampuannya untuk beroperasi lebih efisien di atas gelombang dengan rentang yang lebih luas. Keunggulan ini dapat tercapai karena ukuran kapal *Hydrofoil* yang cenderung lebih kecil dibandingkan tipe kapal lainnya. Berdasarkan hal tersebut, diperoleh data kapal pembanding sebagai berikut:

Tabel 1. Kapal Pembanding

No	Nama	Dimension	Value	Unit
1	Boeing 929	<i>Lpp</i>	25.65	m
		<i>Loa</i>	27	m
		<i>Lwl</i>	25.6	m
		<i>B</i>	5.5	m
		<i>T</i>	1.4	m
		<i>H</i>	3	m
		<i>Vs</i>	19	Knot

2.2. Variabel Penelitian

Penelitian ini disesuaikan dengan kondisi perairan Gilimanuk dan Ketapang sehingga menghasilkan ukuran utama yang sesuai dengan perairan tersebut. Analisa yang dilakukan pada kapal *hydrofoil* berbahan *aluminium* ini mencakup, *general arrangement*, analisis hambatan, *equilibrium*, dan stabilitas kapal.

2.3. Aluminium

Aluminium adalah logam ringan dengan ketahanan korosi yang baik, menjadikannya ideal untuk berbagai aplikasi industri, termasuk pembuatan kapal, komponen mobil, dan konstruksi lainnya. Dalam sistem periodik, aluminium memiliki nomor atom 13 dan berat atom 26,98 amu. Dibandingkan dengan baja karbon rendah, aluminium memiliki kelebihan, terutama jika dipadukan dengan unsur lain untuk meningkatkan sifat mekaniknya [4].

Aluminium 5083, jenis yang sering digunakan di industri, terkenal karena kekuatan, daya tahan terhadap korosi (terutama air laut), dan kemampuan pengelasan yang baik. Jenis aluminium ini banyak diterapkan pada konstruksi perkapalan, seperti lambung kapal dan bejana tekan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang kapal penumpang cepat berbahan aluminium yang dapat beroperasi efisien di perairan dangkal, memanfaatkan keunggulan aluminium 5083 dalam hal kekuatan dan ketahanan korosi. Kemukakan

lokasi penelitian jika dilakukan di laboratorium secara eksperimen seperti nama laboratorium beserta lokasinya [4].

2.4. Hydrofoil

Salah satu keunggulan utama kapal *Hydrofoil* dibandingkan dengan jenis kapal cepat lainnya atau kapal konvensional adalah kemampuannya untuk beroperasi lebih efisien di atas gelombang dengan rentang "sea state" yang lebih luas. Keunggulan ini dicapai berkat ukuran kapal *Hydrofoil* yang lebih kecil dibandingkan dengan tipe kapal lainnya [5].

Untuk mencapai kemampuan operasi pada kecepatan lebih dari 20 knots di atas gelombang besar, sebuah kapal *Hydrofoil* memerlukan sistem kontrol otomatis (automatic control system/ACS) yang canggih. ACS ini harus dapat bekerja dengan efektif dalam berbagai kondisi dinamis, seperti saat lepas landas (take-off), mendarat (landing), serta operasi pada kondisi foilborne (dimana badan kapal cukup tinggi di atas permukaan air). Selain itu, ACS juga perlu memastikan stabilitas roll dan pitch, serta menjaga agar jarak antara badan kapal dan permukaan air (gelombang) tetap cukup besar, sehingga hampasan dapat diminimalkan sebanyak mungkin [6].

Kapal *Hydrofoil* memiliki dua mode operasi: *hullborne mode* pada kecepatan rendah, dan *foilborne mode* saat kecepatan meningkat hingga mencapai kecepatan take-off. Pada *hullborne mode*, kapal berfungsi seperti kapal cepat biasa dengan karakteristik tahanan kapal yang mengikuti pola tahanan displacement. Bentuk kapal *Hydrofoil* perlu dioptimalkan agar waktu yang dibutuhkan untuk mencapai mode *foilborne* tidak terlalu lama. Umumnya, bentuk badan kapal *planing hull* digunakan untuk kapal *Hydrofoil*. Take-off kapal tercapai ketika kecepatan kapal mendekati tahanan *hullborne* maksimum, yang biasanya terjadi sekitar setengah dari kecepatan maksimum kapal [7].

2.5. Gambaran Umum Jepara-Karimunjawa

Perairan di sekitar Ketapang dan Gilimanuk, yang terletak di Selat Bali, memiliki karakteristik oseanografi dan geoteknik yang kompleks. Arus laut permukaan dipengaruhi oleh pasang surut, dengan arus bergerak ke utara saat pasang dan ke selatan saat surut, dengan kecepatan maksimum mencapai 2,1 m/s. Kedalaman dasar laut yang bervariasi, antara 85-140 meter di tengah selat dan 10-40 meter di dekat pelabuhan, juga memengaruhi kecepatan arus. Dasar laut di Ketapang terdiri dari sedimen tak terkonsolidasi dengan ketebalan 20 meter yang mempengaruhi daya dukung tiang pancang, yang disarankan untuk diperbesar dan diperdalam lebih dari 20 meter untuk [8][9][10].

2.6. Proses Desain

Proses desain adalah rangkaian dan panduan yang diikuti oleh desainer untuk merencanakan dan mewujudkan sebuah produk, mulai dari konsep awal hingga bentuk akhir. Dalam perancangan kapal *hydrofoil* terdapat beberapa tahap utama yang harus dilalui, yaitu desain konsep, desain awal, desain kontrak, dan desain detail. Sebutkan apakah metode tersebut sudah banyak diterapkan atau merupakan metode terbaru,, beserta metode terbaru.[11] Setelah proses desain untuk menentukan validitas penelitian ini, terdapat 5 analisa yang akan dilakukan, yaitu:

1. Analisa hambatan
Analisa ini menggunakan *software Maxsurf Resistance* dengan kecepatan operasional sebesar 20 knot. Metode *Savitsky* sangat cocok dengan kapal berkecepatan tinggi.
2. Rencana garis dan rencana umum untuk kapal *hydrofoil* dengan bahan *Aluminium* ini didesain menurut hasil dari regresi kapal pembanding.
3. Analisa hidrostatis kapal penumpang *hydrofoil* digunakan untuk menunjukkan keadaan dan kondisi dari badan kapal dibawah garis air atau sarat 1,2 m.
4. Analisis stabilitas dilakukan dengan bantuan perangkat lunak *maxsurf stability*. Kegunaan dari analisa stabilitas untuk mengetahui kondisi stabil kapal pada setiap *loadcase*.
5. Analisa *equilibrium* kapal di bantu dengan menggunakan *software maxsurf stability*. Kegunaan dari analisa *equilibrium* digunakan untuk menggambarkan kondisi di mana kapal atau struktur maritim berada dalam keseimbangan, baik dalam posisi terapung maupun dalam distribusi bebas.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini diperoleh dari serangkaian eksperimen, pengamatan, dan analisis yang dilakukan dalam studi ilmiah. Temuan-temuan tersebut memberikan informasi yang relevan dan dapat menjawab pertanyaan penelitian yang telah diajukan di awal. Dalam pembahasan, hasil yang diperoleh dianalisis dan diinterpretasikan, serta dibandingkan dengan temuan-temuan atau teori-teori sebelumnya. Penjelasan diberikan mengenai makna dari hasil yang diperoleh, dampak atau implikasinya, serta evaluasi kesesuaian hasil dengan hipotesis yang telah ditetapkan. Selain itu, juga dibahas keterbatasan yang ditemukan selama proses penelitian.

3.1.1. Penentuan Ukuran Utama

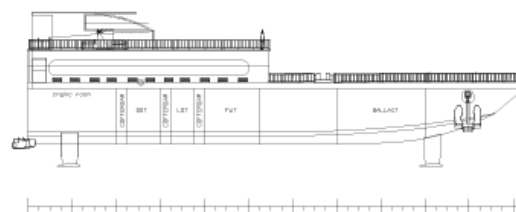
Ukuran utama kapal ditentukan menggunakan metode satu kapal pembanding, yang diharapkan dapat menghasilkan ukuran utama yang optimal. Penetapan ukuran utama kapal juga harus memenuhi rasio perbandingan yang telah diatur dalam *Principle of Naval Architecture Volume I* dan *BKI Volume II Tahun 2025*.

Tabel 1. Ukuran Utama

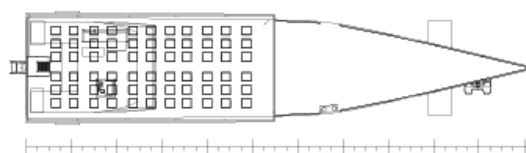
No	Ukuran Utama	Dimensi
1	LOA	27
2	B	5.5
3	H	3
4	T	1.2
5	CB	0.45

3.2. Perancangan Layout

Perencanaan layout adalah tahap yang dilakukan setelah menentukan ukuran utama, yang mencakup perencanaan struktur bangunan utama pada desain kapal cepat *hydrofoil* yang menggunakan bahan aluminium.



Gambar 1. Side View



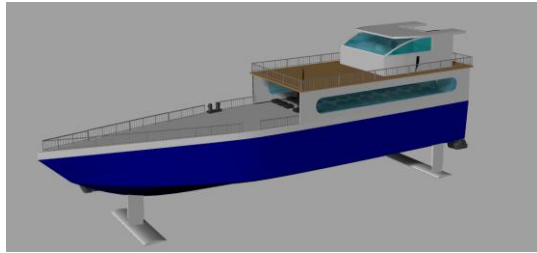
Gambar 2. Top View



Gambar 3. Tank Top View

3.2.1. Desain dan Pemodelan 3D

Model tiga dimensi dibuat berdasarkan ukuran yang penting dan rencana umum yang sudah disiapkan sebelumnya. Gambar 4 memperlihatkan desain tiga dimensi dari rencana pembuatan kapal *hydrofoil* ini, yang menunjukkan tampilan dalam dan fasilitas yang tersedia. Program yang dipakai untuk merancang model tiga dimensi ini adalah *Rhinoceros*..



Gambar 4. 3D Desain Pada Rhinoceros

3.2.2. Perhitungan Berat DWT

Perhitungan DWT (Deadweight Tonnage) dalam perancangan ini mencakup berat yang dapat dipindahkan atau habis, yang bersifat tidak tetap. Komponen perhitungan berat DWT dalam penelitian ini terdiri dari berat penghuni, berat barang pembawaan penghuni, bahan makanan, dan berat air tawar. Hasil perhitungan untuk masing-masing komponen DWT dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. Berat Bagian DWT

Total DWT			
No	Komponen	Value	Unit
1	Berat Penumpang dan Crew	6.480	ton
2	Kebutuhan Lubricating Oil	1.100	ton
3	Kebutuhan Diesel Oil	1.140	ton
4	Kebutuhan Fresh Water	2.400	ton
5	Kebutuhan Makanan dan Sanitasi	0.006	ton
6	Ballast Water	0.552	ton
total		11.678	ton

3.2.3. Perhitungan Berat LWT

LWT (Light Weight Tonnage) merujuk pada berat kapal kosong tanpa muatan, yang mencakup berat baja badan kapal, peralatan dan perlengkapan, serta struktur utama yang mendukung operasional. Penentuan komponen berat kapal pada bagian LWT dilakukan melalui observasi terhadap katalog online, dan berat cadangan ditetapkan sebesar 10% dari total berat bagian LWT. Tabel 3 memperlihatkan total berat LWT yang direncanakan.

Tabel 3. Berat Bagian LWT

Total LWT			
no	Komponen berat LWT	value	unit
1	berat konstruksi lambung	6.30	Ton
2	berat bangunan atas	1.34	Ton
3	berat jangkar	0.30	Ton
4	berat kaca	0.25	Ton
5	berat railing	0.05	Ton
6	berat mesin	8.90	Ton
7	berat watercloset	0.30	Ton
8	peralatan navigasi	0.30	Ton
9	peralatan keselamatan	0.22	Ton
Total LWT		18.11	Ton

3.2.4. Analisa Resistance

Analisis *resistance* pada kapal merupakan bagian yang sangat penting dalam merancang kapal yang efisien dalam hal penggunaan bahan bakar dan stabilitas dalam operasional. Tahanan kapal (*resistance*) dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk kecepatan kapal, bentuk lambung, dan kondisi perairan. Data yang disajikan dalam tabel ini memberikan gambaran tentang bagaimana tahanan kapal berubah seiring dengan kecepatan. Dengan menganalisis data tahanan ini, kita dapat memahami bagaimana desain kapal memengaruhi kinerja dan efisiensi bahan bakar pada berbagai kecepatan, yang sangat penting dalam optimasi perancangan kapal dan perhitungan operasional di lapangan.

Berdasarkan data yang diberikan pada Table 4, dapat dilihat variasi tahanan kapal pada berbagai kecepatan (dalam satuan knot) yang tercatat pada kolom pertama, dengan nilai-nilai tahanan yang tercatat di kolom-kolom berikutnya. Tabel ini digunakan dalam analisis hambatan untuk desain kapal, yang sangat penting untuk mengevaluasi efisiensi bahan bakar dan kinerja kapal pada kecepatan tertentu. Nilai-nilai tahanan ini diukur pada kondisi tertentu, seperti saat kapal melaju dengan kecepatan yang meningkat.

Kolom pertama dalam tabel ini menunjukkan kecepatan kapal dalam satuan knot, yang bervariasi dari 0,5 hingga 20 knot. Sementara itu, kolom-kolom berikutnya mencatat nilai tahanan pada setiap kecepatan, yang meliputi hambatan total, hambatan gesekan, atau hambatan lain yang berhubungan dengan pergerakan kapal di air. Sebagai contoh, pada kecepatan 0,5 knot, tercatat nilai tahanan sebesar 0,017 untuk satu parameter dan 0,039 untuk parameter lainnya, yang meningkat seiring dengan peningkatan kecepatan kapal. Hal ini mencerminkan peningkatan hambatan yang dialami kapal seiring dengan

bertambahnya kecepatan, yang merupakan fenomena umum pada kapal yang bergerak di perairan.

Tabel 4. Perhitungan *Resistance*

Speed	Froude No	Froude No Vol	Savit sky Pre - Plann ing (N)	Savit sky Pre-plann ing (W)	Savit sky Plann ing (N)	Savit sky Plann ing (W)
0	0	0	--	--	--	--
	0.03	0.07				
1	3	8	--	--	--	--
	0.16	0.38				
5	6	8	--	--	--	--
	0.33	0.77				
10	2	5	--	--	--	--
	0.36	0.85				
11	6	3	--	--	--	--
	0.39					
12	9	0.93	--	--	--	--
	0.43	1.00	3293	2753		
13	2	8	4.73	25.2	--	--
	0.46	1.08	4575	4119	6537	5885
14	5	5	4.35	16.2	5.38	60
	0.49	1.16	5723	5520	6801	6561
15	9	3	1.3	43.6	9.89	08.5
	0.66		8403	1080	8312	1069
20	5	1.55	3.03	758	2.38	046
21.6	0.71	1.67	8901	1237	8850	1230
25	9	6	6.66	873	4.96	757
23.2	0.77	1.80	9439	1411	9394	1404
5	3	2	5.86	316	0.26	505
24.8	0.82	1.92	9911	1585	9926	1587
75	7	8	7.86	490	7.88	890
	0.88	2.05			1043	1777
26.5	1	4	--	--	06	475
	1.09	2.55			1189	2523
33	7	8	--	--	23.7	661
	1.31	3.06			1253	3183
39.5	3	2	--	--	34	571
41.1	1.36	3.18			1263	3341
25	7	8	--	--	64.6	794
	1.52	3.56			1294	3828
46	9	6	--	--	13.6	126
47.6	1.58	3.69			1305	3999
25	3	2	--	--	82.3	152
49.2	1.63	3.81			1318	4176
5	7	8	--	--	81.7	757
50.8	1.69	3.94			1333	4361
75	2	4	--	--	31.5	999
60.6	2.01				1456	5679
25	6	4.7	--	--	93.4	891
68.7	2.28	5.32			1609	7114
5	6	9	--	--	33.6	884
70.3		5.45			1644	7444
75	2.34	5	--	--	94.9	224

Rumus Lifting :

$$L = \frac{1}{2} \times C_L \times \rho \times A \times v^2$$

Dimana :

L = gaya angkat (N)

C_L = coefisien gaya angkat

ρ = kepadatan air (kg/m³)

A = Luas *hydrofoil* (m²)

v = kecepatan (m/s)

$$L5 = \frac{1}{2} \times 0.7 \times 1025 \times 26.392 \times 2.5722 \text{ m/s}$$

$$L = 62,643.2 \text{ N}$$

$$L10 = \frac{1}{2} \times 0.7 \times 1025 \times 26.392 \times 5.14444 \text{ m/s}$$

$$L = 250,577 \text{ N}$$

$$L15 = \frac{1}{2} \times 0.7 \times 1025 \times 26.392 \times 7.71667 \text{ m/s}$$

$$L = 563,799 \text{ N}$$

$$L20 = \frac{1}{2} \times 0.7 \times 1025 \times 26.392 \times 10.28889 \text{ m/s}$$

$$L = 1,000,090.74 \text{ N}$$

$$L25 = \frac{1}{2} \times 0.7 \times 1025 \times 26.392 \times 12.86111 \text{ m/s}$$

$$L = 1,566,105.9 \text{ N}$$

$$L30 = \frac{1}{2} \times 0.7 \times 1025 \times 26.392 \times 15.43333 \text{ m/s}$$

$$L = 2,255,191.9 \text{ N}$$

$$L40 = \frac{1}{2} \times 0.7 \times 1025 \times 26.392 \times 18.0055554 \text{ m/s}$$

$$L = 3,069,568 \text{ N}$$

$$L45 = \frac{1}{2} \times 0.7 \times 1025 \times 26.392 \times 20.5777776 \text{ m/s}$$

$$L = 4,009,231.7 \text{ N}$$

$$L50 = \frac{1}{2} \times 0.7 \times 1025 \times 26.392 \times 23.1499998 \text{ m/s}$$

$$L = 5,074,183.8 \text{ N}$$

$$L55 = \frac{1}{2} \times 0.7 \times 1025 \times 26.392 \times 25.72222 \text{ m/s}$$

$$L = 6,264,424.5 \text{ N}$$

$$L60 = \frac{1}{2} \times 0.7 \times 1025 \times 26.392 \times 30.86667 \text{ m/s}$$

$$L = 9,020,773.3 \text{ N}$$

$$L65 = \frac{1}{2} \times 0.7 \times 1025 \times 26.392 \times 33.438889 \text{ m/s}$$

$$L = 10,586,877.6 \text{ N}$$

$$L70 = \frac{1}{2} \times 0.7 \times 1025 \times 26.392 \times 36.01111 \text{ m/s}$$

$$L = 12,278,271.4 \text{ N}$$

Rumus berat kapal

$$W = m \times g$$

W = berat kapal (N)

m = massa kapal (kg)

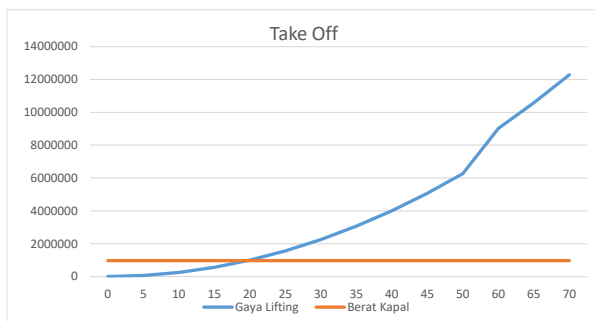
g = percepatan gravitasi (m/s^2)

$$W = 98.55 \times 1000 \times 9.81 = 966775.5$$

$$W = 966775.5 \text{ N}$$

Jadi pada kecepatan 20 knot kapal ini bisa terangkat.

Berdasarkan pada Grafik 5, terlihat hubungan antara gaya angkat (garis biru) dan berat kapal (garis oranye) seiring waktu atau fase peningkatan kapal. Gaya angkat yang ditunjukkan oleh garis biru meningkat seiring bertambahnya waktu, menunjukkan bahwa kapal mulai mendapatkan gaya angkat yang cukup untuk mengangkat badan kapal dari permukaan air, yang penting dalam kapal *hydrofoil* untuk mengurangi hambatan gesekan dengan air dan meningkatkan efisiensi. Sementara itu, berat kapal yang diwakili oleh garis oranye tetap stabil sepanjang grafik, menandakan bahwa meskipun gaya angkat meningkat, berat kapal tetap konstan dan tidak mengalami perubahan.



Gambar 5. Grafik Take Off

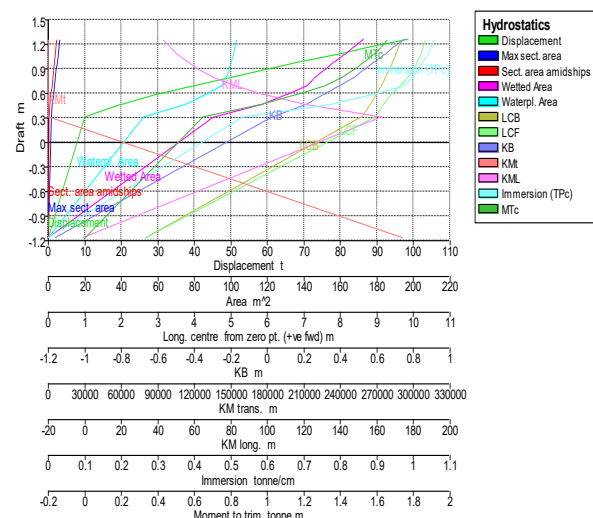
3.2.5. Analisa Hidrostatik

Analisis hidrostatik digunakan untuk menjelaskan sifat-sifat yang ada di kapal. Hal ini dapat dilihat pada tabel yang menunjukkan hasil perhitungan kurva hidrostatik yang digambarkan hingga saat kapal tenggelam dan tidak berada dalam posisi miring. Dalam analisis hidrostatik, perhitungan dilakukan saat kapal tidak membawa muatan. Selain itu, untuk kondisi permukaan kapal, hidrostatik dihitung dari dasar kapal hingga batas kapal pada kondisi Normal Surface Condition atau NSC. Analisis hidrostatik ini dilakukan dengan

bantuan program Maxsurf Stability yang bisa dilihat di tabel 4.

Tabel 4 Hasil Perhitungan Hidrostatik

Item	Value
Displacement t	98.55
Heel deg	0
Draft at FP m	1.268
Draft at AP m	1.268
Draft at LCF m	1.268
Trim (+ve by stern) m	0
WL Length m	24.57
Beam max extents on WL m	5.168
Wetted Area m^2	173.019
Waterpl. Area m^2	103.065
Prismatic coeff. (C_p)	0.62
Block coeff. (C_b)	0.312
Max Sect. area coeff. (C_m)	0.504
Waterpl. area coeff. (C_{wp})	0.812
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	9.665
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	10.319
KB m	0.751
KG m	1.2
BMt m	1.995
BML m	41.936
GMt m	1.545
GML m	41.486
KMt m	2.745
KML m	42.686
Immersion (TPc) tonne/cm	1.056
MTc tonne.m	1.661
RM at 1deg = $GMt \cdot \sin(1)$ tonne.m	2.658
Max deck inclination deg	0
Trim angle (+ve by stern) deg	0



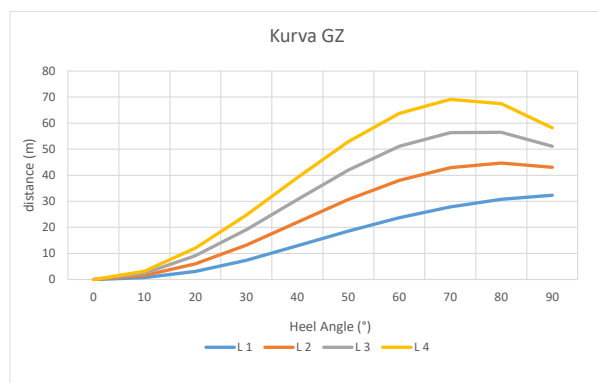
Gambar 6. Tabel hidrostatik

3.2.6. Analisa Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan kapal untuk kembali ke posisi semula setelah mengalami kemiringan. Perhitungan stabilitas kapal dapat digunakan untuk mengetahui keseimbangan kapal secara melintang pada berbagai kondisi (Loadcase). Perhitungan stabilitas dilakukan dengan bantuan software Maxsurf Stability. Stabilitas kapal mengacu pada perhitungan LWT kapal sebesar 18.11 ton dengan kapasitas berat penumpang sebesar 6.48, ton. Analisa stabilitas yang direncanakan dengan menggunakan 4 keadaan (loadcase). Hasil perhitungan ke-4 loadcase dapat dilihat pada Tabel 5

Tabel 5 Hasil Perhitungan Stabilitas

Criteria	Required	Condition					Unit
		I	II	III	IV	Under	
IMO A.749 (18) Ch3 Design Criteria Applicable to All Ship							
Area 0° to 30°	3.1513	6.51	4.992	5.322	5.63	m.deg	
Area 0° to 40°	5.1566	11.4	7.716	7.851	8.391	m.deg	
Area 30° to 40°	1.7189	4.89	2.724	2.53	2.761	m.deg	
Max GZ at 30° or greater	0.2	0.5	0.275	0.256	0.277	m	
Angle of Maximum GZ	25	39.1	37.3	26.4	34.5	deg	
Initial GMt	0.15	0.75	0.689	0.812	0.852	m	
Passenger Crowding: Angel of Equilibrium	10	0	0	0	deg	deg	
Turn Angle of Equilibrium	10	0	0	0	deg	deg	
Status		Pass	Pass	Pass	Pass		



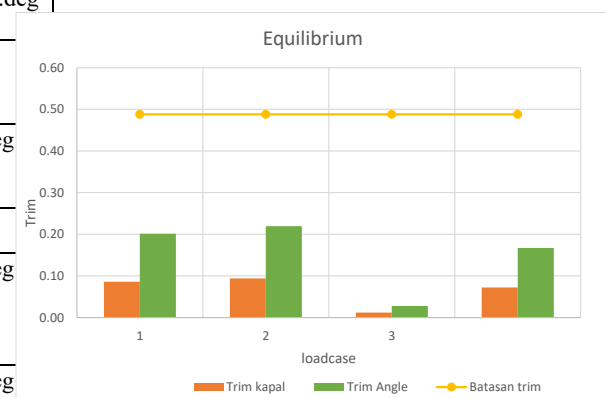
Gambar 7. Grafik Kurva GZ Stabilitas L1-L4

Berdasarkan grafik yang terdapat pada gambar 7 dapat diartikan analisa stabilitas kapal disetiap Loadcase menghasilkan nilai GZ tertinggi pada

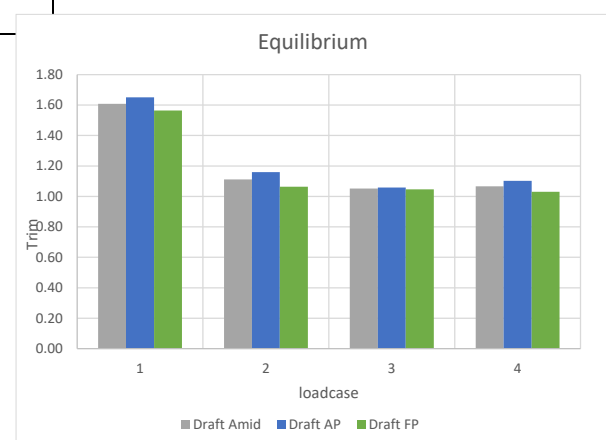
Loadcase (LC3), hal ini dapat terjadi dikarenakan kondisi kapal mengangkut 100% penumpang dengan bahan bakar dan *fresh water* sebesar 35%.

3.2.7. Analisa Equilibrium

Equilibrium merupakan konsep penting dalam desain dan operasional kapal yang menggambarkan bagaimana kapal mempertahankan posisi stabilnya, baik dalam hal Trim maupun Draft. Trim kapal, yang merujuk pada perbedaan kedalaman antara bagian depan dan belakang kapal, serta draft kapal di berbagai titik sepanjang panjang kapal (termasuk amidship, bagian depan, dan bagian belakang kapal), merupakan parameter utama yang memengaruhi stabilitas kapal. Analisis dilakukan untuk memastikan bahwa kapal tetap berfungsi secara optimal dalam berbagai kondisi muatan dan operasi, menjaga keselamatan dan kinerja operasional kapal. Berdasarkan grafik yang disajikan, akan dianalisis bagaimana distribusi beban memengaruhi keseimbangan kapal, serta bagaimana faktor-faktor tersebut dipertimbangkan dalam desain kapal yang stabil.



Gambar 8. Grafik trim kapal dan trim angle



Gambar 9. Grafik draft Amidship, AP, dan FP

Analisis *Equilibrium* pada grafik menunjukkan dua aspek utama, yaitu Trim Kapal dan Draft pada tiga kondisi beban (loadcase). Pada gambar 8 menunjukkan grafik perbandingan antara

trim kapal (garis oranye) dan *trim angle* (garis hijau) menunjukkan bahwa meskipun kondisi beban berubah, kapal mempertahankan keseimbangan dalam hal *trim*. *Trim angle* relatif konstan di semua *loadcase*, dan batasan *trim* (garis kuning) tetap konsisten, yang mengindikasikan stabilitas kapal yang terjaga.

Sementara itu, pada gambar 9 menunjukkan grafik analisis *draft Amid* (abu-abu), *draft AP* (biru), dan *draft FP* (hijau) memperlihatkan bagaimana distribusi beban kapal memengaruhi kedalaman kapal di berbagai titik sepanjang panjang kapal. *draft Amid* lebih tinggi pada *loadcase* 1 dan 2 dibandingkan dengan *loadcase* 3, sementara *draft AP* dan *draft FP* cenderung stabil di seluruh *loadcase*. Hal ini menunjukkan bahwa kapal berusaha menjaga keseimbangan dalam hal kedalaman terendam air di berbagai posisi, yang berpengaruh pada stabilitas kapal. Secara keseluruhan, meskipun terjadi perubahan beban, kapal tetap mempertahankan keseimbangan yang baik, yang sangat penting untuk keselamatan dan kinerja operasionalnya.

4. KESIMPULAN

Kapal *Hydrofoil* berbahan aluminium 5083 yang dirancang untuk perairan dangkal, seperti lintasan Gilimanuk–Ketapang, memberikan banyak keunggulan dalam hal efisiensi dan stabilitas operasional. Penggunaan aluminium 5083 sebagai bahan utama memungkinkan kapal memiliki struktur yang ringan namun kuat dan tahan terhadap korosi, ideal untuk aplikasi di perairan dangkal yang sering terpapar faktor lingkungan ekstrem. Hasil perancangan dengan menggunakan perangkat lunak Maxsurf dan Rhinoceros menunjukkan bahwa kapal dengan ukuran utama LOA 27 m, lebar 5,5 m, dan draft 1,2 m dapat beroperasi dengan stabil pada kecepatan hingga 70 knot, dengan daya angkat yang optimal pada mode foilborne. Kapal ini memiliki kapasitas muatan yang efisien, dengan penggunaan bahan bakar yang lebih efisien jika dibandingkan dengan kapal konvensional, sehingga lebih ramah lingkungan. Analisis stabilitas pada berbagai *loadcase* menunjukkan bahwa kapal ini memenuhi standar keselamatan internasional, menjaga keseimbangan dan kenyamanan penumpang dalam kondisi muatan yang bervariasi. Desain kapal *hydrofoil* berbahan aluminium ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan efisiensi transportasi laut di Indonesia, khususnya di wilayah perairan dangkal yang memiliki potensi besar untuk meningkatkan konektivitas antar pulau secara lebih cepat dan aman.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. Pingkan *et al.*, “STUDI PERANCANGAN KAPAL POSYANDU KATAMARAN,” vol. 4, no. 1, pp. 1–9, 2016.
- [2] S. Hardjono, “Kajian Komparasi Ukuran Utama Kapal Penumpang Catamaran Antara Bahan Frp Dan Aluminium,” *War. Penelit. Perhub.*, vol. 24, no. 1, p. 17, 2019, doi: 10.25104/warlit.v24i1.981.
- [3] S. Sahlan, B. Ali, W. H.N, A. Bisri, and B. A. Aditya, “Pengaruh Bentuk Lambung Kapal Terhadap Pola Aliran Dan Powering Pada Kapal Perairan Sungai Dan Laut,” *Kapal*, vol. 13, no. 1, pp. 1–6, 2016, doi: 10.12777/kpl.13.1.1-6.
- [4] W. A. S. Laksono, S. Solichin, and Y. Yoto, “Analisis Kekuatan Tarik Aluminium 5083 Hasil Pengelasan Gmaw Posisi 1G Dengan Variasi Kuat Arus Dan Debit Aliran Gas Pelindung,” *Teknol. dan Kejuruan. J. Teknol. Kejuruan, dan Pengajarannya*, vol. 40, no. 1, pp. 21–30, 2017, doi: 10.17977/um031v40i12017p021.
- [5] R. N. Erlangga and W. D. Aryawan, “Desain High - Speed Passenger Craft (Ferry Hydrofoil) untuk Daerah Pelayaran Batam - Singapura,” *J. Tek. ITS*, vol. 7, no. 1, 2018, doi: 10.12962/j23373539.v7i1.29290.
- [6] A. Reviews, “HYDROFOILS AND HYDROFOIL,” 1973.
- [7] H. Shen, Q. Xiao, J. Zhou, Y. Su, and X. Bi, “Design of Hydrofoil for the Resistance Improvement of Planing Boat Based on CFD Technology,” pp. 1–35, 2022.
- [8] S. Tsanyfadhila, A. Ismanto, and M. Helmi, “Karakteristik Arus Laut Permukaan dari High Frequency Radar pada Musim Timur di Selat Bali,” *J. Kelaut. Trop.*, vol. 25, no. 3, pp. 279–290, 2022, doi: 10.14710/jkt.v25i3.13978.
- [9] V. Sidauruk, I. W. Gede, A. Karang, I. D. Nyoman, and N. Putra, “Analisis Status Mutu Air Laut Berdasarkan Metode STORET di Pelabuhan Gilimanuk Bali,” vol. 7, no. 1, pp. 55–63, 2024.
- [10] E. Usman, F. Novico, K. Budiono, and P. Raharjo, “Analisis Geoteknik Kelautan Pada Sisi Ketapang (Selat Bali) Untuk Pengembangan Penghubung Jawa - Bali,” *J. Geol. Kelaut.*, vol. 2, no. 2, 2016, doi: 10.32693/jgk.2.2.2004.113.
- [11] R. Taggart, *Ship Design and Construction*. The Society of Naval Architects and Marine Engineers, 1980.