

PERANCANGAN LAMBUNG TRIMARAN PADA *FLOATING HOUSE* SEBAGAI SOLUSI HUNIAN DAN MOBILITAS DI KAWASAN KARIMUNJAWA

Hamdi Fahrezi¹, Good Rindo^{1*}, Deddy Chrismianto¹, Sapto Wiratno Satoto²

¹Departemen Teknik Perkapalan, Universitas Diponegoro

²Program Studi Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan, Politeknik Negeri Batam

*Corresponding author: good.rindo@ft.undip.ac.id

Article history

Received:

23-04-2026

Accepted:

15-06-2026

Published:

30-06-2026

Copyright © 2026
Jurnal Teknologi dan
Riset Terapan

Open Access

Abstrak

Karimunjawa merupakan kawasan wisata bahari dengan jumlah kunjungan mencapai 42.681 wisatawan pada tahun 2024. Peningkatan jumlah wisatawan tersebut belum diimbangi oleh ketersediaan akomodasi yang memadai, sehingga diperlukan alternatif hunian yang mendukung pariwisata berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan merancang dan menganalisis lambung trimaran pada *floating house* yang sesuai dengan karakteristik perairan Karimunjawa. Konfigurasi trimaran dipilih karena memiliki stabilitas tinggi, ruang geladak luas, dan hambatan lebih rendah dibandingkan lambung tunggal. Metode penelitian menggunakan variasi sistematis dengan displacement yang sama pada tiga konfigurasi lambung, yaitu simetris, asimetris flat outside, dan asimetris flat inside. Pemodelan dan analisis dilakukan menggunakan AutoCAD, Maxsurf, dan Rhinoceros berdasarkan data gelombang, arus, dan pasang surut. Evaluasi dilakukan melalui analisis hambatan, stabilitas, dan olah gerak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lambung simetris memiliki performa terbaik dengan hambatan total 15.332 N pada kecepatan 10 knot dan *displacement* 38,59 ton. Model ini memenuhi kriteria stabilitas IMO dan NORDFORSK. Dari aspek ekonomi, lambung simetris menjadi alternatif paling efisien dengan biaya pembangunan Rp783.252.533,00 dan biaya operasional Rp40.867.140,00, sehingga layak diterapkan sebagai akomodasi wisata bahari berkelanjutan di Karimunjawa.

Kata Kunci: Karimunjawa, Lambung Trimaran, Olah Gerak, Rumah Apung, Stabilitas

Abstract

Karimunjawa is a marine tourism destination that recorded 42,681 tourist visits in 2024. The increasing number of visitors has not been matched by adequate accommodation facilities, creating a need for alternative housing that supports sustainable tourism. This study aims to design and analyze a trimaran hull for a floating house suitable for the environmental conditions of Karimunjawa waters. The trimaran configuration was selected because it provides stability, a larger deck area, and lower resistance than a monohull. A systematic variation method with equal displacement was applied to three hull configurations: symmetric, asymmetric flat outside, and asymmetric flat inside. Modeling and analyses were conducted using AutoCAD, Maxsurf, and Rhinoceros based on local wave, current, and tidal data. The performance of each model was evaluated through resistance, stability, and seakeeping analyses. The results indicate that the symmetric hull provides the best performance, with a total resistance of 15,332 N at a design speed of 10 knots and a displacement of 38.59 tons. The design satisfies the stability criteria of IMO A.749(18) Chapter 3, MSC 36(63) HSC Code Annex 7, and the seakeeping criteria of NORDFORSK 1987. Economic analysis indicates that the symmetric configuration offers the highest cost efficiency.

Keywords: Karimunjawa, Trimaran Hull, Seakeeping, Floating House, Stability

1.0 PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia dengan 17.508 pulau, yang menjadikannya memiliki luas wilayah sebesar 1.904.569 km² dan garis pantai sepanjang 81.000 km [1]. Kondisi geografis ini menjadikan Indonesia sebagai destinasi wisata yang menarik dengan keanekaragaman alamnya. Salah satu kawasan dengan sumber daya laut yang kaya akan keindahan alam adalah Taman Nasional Karimunjawa yang terdiri dari 27 pulau tersebar di Laut Jawa dengan luas mencapai 110.117,30 Ha [2]. Perubahan iklim global berdampak pada berbagai wilayah, termasuk kawasan pesisir yang mengalami pengurangan luas daratan akibat naiknya permukaan air laut dan peningkatan penguapan yang berisiko menyebabkan banjir.

Terdapat empat komponen penting untuk pariwisata berkelanjutan yang harus dipenuhi, yaitu atraksi, aksesibilitas, fasilitas, dan layanan pendukung. *Floating house* mencakup dua komponen penting untuk pariwisata berkelanjutan, yaitu aksesibilitas dan fasilitas. Aksesibilitas (ketersediaan akses) mencakup sarana transportasi yang tersedia menuju dan di dalam kawasan pariwisata, sedangkan fasilitas (amenitas) mencakup berbagai fasilitas yang tersedia di kawasan pariwisata, seperti tempat menginap, restoran, fasilitas kesehatan, tempat pembelian oleh-oleh, tempat hiburan, pengelolaan sampah/limbah, pasokan listrik, air bersih, dan lain sebagainya [3]. *Floating house* juga dapat menjadi jawaban dari perubahan iklim global yang memberikan dampak signifikan terhadap kawasan pesisir, terutama berupa peningkatan muka air laut dan intensitas banjir yang menyebabkan berkurangnya luas daratan serta meningkatnya infrastruktur [4][5]. Kondisi tersebut mendorong pengembangan strategi adaptasi tidak hanya melalui pendekatan pengelolaan wilayah, tetapi juga melalui inovasi teknologi hunian berbasis perairan seperti *boathouse* atau *floating house* dengan konsep trimaran yang memiliki mobilitas. Konsep ini dinilai lebih adaptif terhadap perubahan lingkungan karena mampu menyesuaikan dengan fluktuasi muka air laut serta berfungsi sebagai sarana hunian sekaligus transportasi wisata [6], [7]. Selain itu, pengembangan *floating house* modern juga telah mengarah pada sistem mandiri (*self-sufficient*) dengan dukungan energi terbarukan, sehingga dapat meningkatkan efisiensi operasional serta mendukung konsep pariwisata berkelanjutan di kawasan pesisir.

Floating house adalah bangunan tempat tinggal yang berada di atas air, yang dirancang dengan struktur, bahan, serta bentuk yang memungkinkan bangunan tersebut tetap mengapung dan berpindah sesuai dengan kondisi lokasi. Dalam menghadapi tantangan gelombang dan arus, diperlukan desain yang mampu menahan kekuatan eksternal saat mengapung, sehingga fungsinya dapat berjalan dengan optimal. Bentuk lambung trimaran sangat berpengaruh terhadap stabilitas dan kenyamanan, sehingga perlu dilakukan analisis dan perbandingan mendalam untuk memastikan desain yang optimal [8].

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis perbandingan antara lambung trimaran simetris, asimetris A, dan asimetri B dan merancang *floating house* dengan

lambung yang memiliki mobilitas baik, sebagai pengembangan dari penelitian sebelumnya yang menggunakan ponton statis tanpa kemampuan berpindah lokasi. Desain ini diharapkan mampu menjawab kebutuhan akan hunian terapung yang fleksibel dan dapat menjelajah antartitik wisata secara efisien [9].

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa kesimetrisan *side hull* merupakan salah satu parameter paling menentukan dalam perancangan trimaran *wave-piercing*. Meskipun demikian, aspek kesimetrisan *side hull* hingga saat ini masih jarang menjadi fokus utama penelitian, karena sebagian besar studi yang ada lebih banyak mengkaji pengaruh *positioning* atau tata letak *side hull* terhadap performa hidrodinamika trimaran. Padahal, kesimetrisan *side hull* memainkan peran yang tidak kalah penting, mengingat bentuk geometri lambung secara langsung mempengaruhi pola interferensi gelombang antar lambung serta karakteristik aliran di sekitar badan kapal. Interferensi gelombang yang terbentuk akibat interaksi antara *main hull* dan *side hull* sangat ditentukan oleh simetri bentuk lambung, sehingga pemilihan konfigurasi yang tepat dapat menghasilkan interferensi yang menguntungkan dan menekan hambatan secara signifikan. Berangkat dari kesenjangan penelitian inilah, pengujian eksperimental membuktikan bahwa konfigurasi simetris secara konsisten menghasilkan hambatan total yang paling rendah dibandingkan konfigurasi lainnya, sekaligus memberikan performa terbaik pada respons *heave motion*, *pitch motion*, maupun *added resistance* [10][11].

Penelitian ini diharap dapat meningkatkan pemahaman terkait desain trimaran *floating house* serta mengetahui hambatan, stabilitas, dan olah gerak pada *floating house*, memberikan solusi hunian apung yang efisien untuk sektor pariwisata di Karimunjawa, serta menjadi landasan bagi penelitian lebih lanjut.

2.0 METODE

2.1. Alat dan Bahan

Materi penelitian meliputi data-data yang bersifat primer dan sekunder, serta teori dan referensi yang menjadi dasar dalam penelitian. Penelitian ini dilaksanakan untuk memperoleh data utama kapal trimaran yang sesuai dengan karakteristik Karimunjawa.

Data primer yang digunakan adalah data karakteristik Karimunjawa, variabel bentuk lambung, dan data mengenai ukuran kebutuhan ruang. Data sekunder diperlukan untuk melengkapi data primer yang berasal dari dokumen pendukung seperti jurnal, buku, artikel, serta penelitian terdahulu untuk menganalisis masalah dan solusi yang relevan.

Dasar teori yang digunakan sebagai acuan mengolah serta menganalisis data penelitian meliputi karakteristik wilayah Karimunjawa, kajian tentang *floating house*, kajian bentuk ponton, teori perancangan, hambatan (*resistance*), stabilitas, *buoyancy*, olah gerak, estimasi biaya pembangunan dan operasional, serta *software manual book*. Penelitian menggunakan *software AutoCAD*, *Maxsurf*, *SketchUp*, *Rhinoceros*, dan aplikasi lainnya.

2.2. Alur Penelitian

Alur penelitian telah disusun secara sistematis untuk memastikan *framework* yang konsisten dan terukur untuk pengembangan dan evaluasi seperti yang tertera pada Gambar 1.



Gambar 1: Flow Chart Penelitian

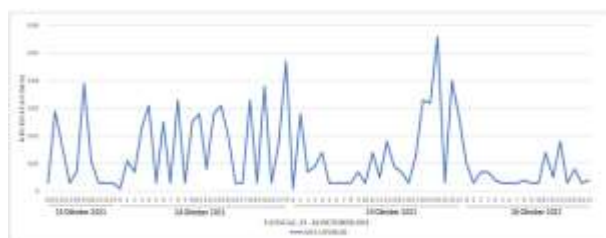
Pemilihan ketiga konfigurasi bentuk *side hull* ini didasari oleh masih sedikitnya penelitian yang secara khusus mengkaji pengaruh bentuk geometri *side hull*, karena mayoritas studi terdahulu lebih terfokus pada variasi *positioning* atau tata letak *side hull* terhadap *main hull*. Padahal, bentuk *side hull* itu sendiri, khususnya aspek kesimetriannya, memegang peranan penting karena secara langsung mempengaruhi pola interferensi gelombang antar lambung dan karakteristik aliran yang terbentuk di sekitar badan kapal.

2.3. Analisis Data

Perhitungan hambatan yang dibutuhkan oleh trimaran memerlukan investigasi menyeluruh terhadap karakteristik perairan, hambatan, olah gerak, dan stabilitas untuk mendapatkan solusi yang paling efisien dalam desain kapal [12]. Data hasil observasi tentang kondisi perairan di Karimunjawa mencakup informasi mengenai arus, gelombang, pasang surut, dan topografi. Data ini berfungsi sebagai salah satu elemen pendukung dalam perancangan *floating house*. Dari berbagai informasi yang terkumpul, diambil data yang paling ekstrem atau paling signifikan.

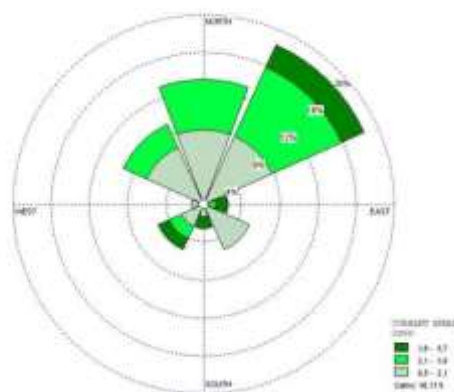
Gelombang di perairan Karimunjawa tergolong sebagai gelombang transisi dengan tinggi antara 0,09 hingga 1,22 meter dan periode gelombang berkisar antara 4,30 hingga 7,30 detik. Tinggi gelombang signifikan (H_s)

mencapai 0,64 meter, sementara periode gelombang signifikan (T_s) adalah 5,66 detik [13].



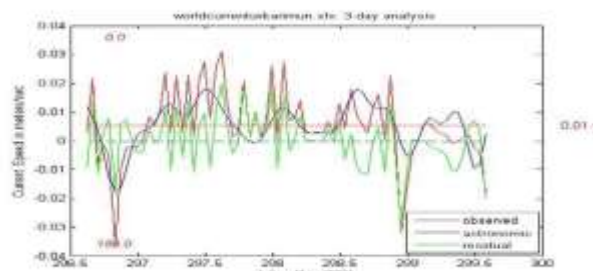
Gambar 2: Grafik Kecepatan Arus Karimunjawa

Kecepatan Arus Laut di Karimunjawa, berkisar antara 0,001 m/s hingga 0,056 m/s, dengan kecepatan rata-rata sebesar 0,013 m/s [14].



Gambar 3: Current Rose Karimunjawa

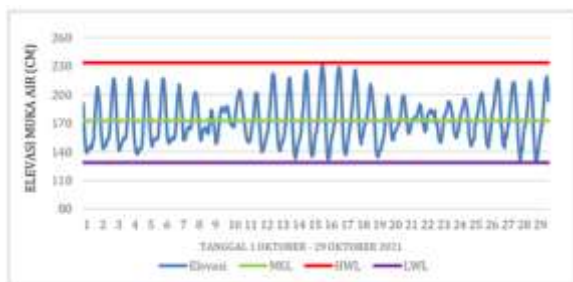
Arus dominan di perairan Karimunjawa bergerak menuju Timur Laut dengan kecepatan maksimum 5,6 cm/s, mencakup 18,42% dari total frekuensi. Sementara itu, arus yang bergerak ke arah Utara memiliki frekuensi sebesar 13,15%. Arah-arah lainnya, seperti Timur, Tenggara, Selatan, Barat Daya, Barat, dan Barat Laut, memiliki frekuensi di bawah 10%, dengan masing-masing sebesar 2,6%; 5,2%; 2,6%; 5,2%; 1,3%; dan 9,2%. Selain itu, kondisi arus tenang (*calm*) tercatat mencapai 42,11%. Berikut data arus (Gambar 4) dari hasil pengamatan lapangan (warna merah), prediksi arus pasang (warna biru), dan prediksi arus nonpasut (warna hijau). Arus di perairan Karimunjawa sebagian besar dipengaruhi oleh arus pasang surut dengan persentase sebesar 51,44% [14].



Gambar 4: Grafik Karakteristik Karimunjawa

Pasang surut di Karimunjawa (Gambar 5) memiliki komponen HHWL, LLWL, HWL, LWL, dan MSL. Tipe pasang surut di wilayah ini tergolong pasang surut harian

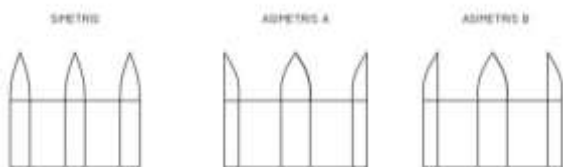
tunggal. Berdasarkan hasil perhitungan, muka air laut terendah (LLWL) tercatat sebesar 103 cm, sedangkan muka air laut tertinggi (HHWL) mencapai 273 cm dengan muka air laut rata-rata (MSL) sebesar 173 cm [14].



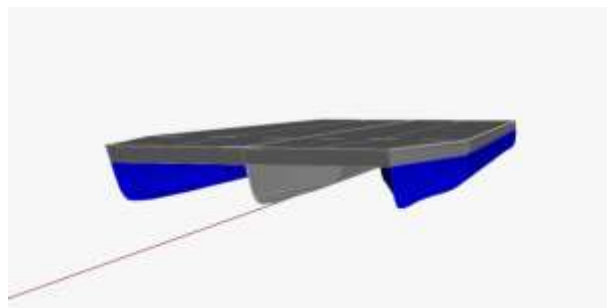
Gambar 5: Grafik Pasang Surut Karimunjawa

Topografi Pulau Karimunjawa relatif tinggi, mencapai ketinggian maksimum 510 m di atas MSL berdasarkan data *shuttle radar topography mission*. Pantai *intertidal* umumnya sempit dengan perkiraan ketinggian 15 m dan yang terendah 50 m, dan berkembang di pantai-pantai teluk terlindung di seluruh pulau [15].

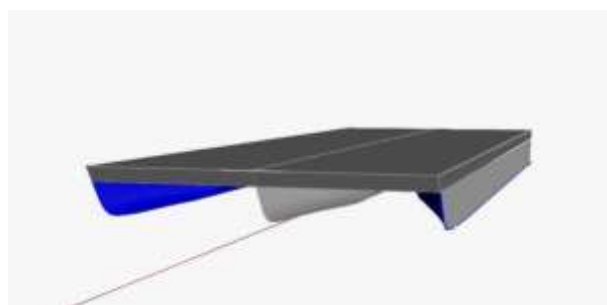
Bentuk lambung kapal trimaran pada berbagai jenis kapal tidak bersifat seragam, melainkan sangat bervariasi tergantung pada tujuan operasional, karakteristik perairan, serta pertimbangan desain yang digunakan (Gambar 6-9). Oleh karena itu, pemilihan bentuk badan kapal harus didasarkan pada metode perancangan yang tepat dan terukur, agar hasil yang diperoleh dapat dipertanggungjawabkan secara teknis. Pendekatan ini mencakup analisis stabilitas, hambatan, serta respons gerakan kapal terhadap gelombang. Salah satu konsep rancangan trimaran yang terbukti efektif adalah penerapan geladak dengan lebar yang lebih besar. Dengan demikian, desain trimaran tidak hanya menawarkan peningkatan kenyamanan dan keselamatan, tetapi juga membuka peluang pengembangan kapal dengan efisiensi ruang dan performa yang lebih baik. Dengan demikian, desain trimaran tidak hanya menawarkan peningkatan kenyamanan dan keselamatan, tetapi juga membuka peluang pengembangan kapal dengan efisiensi ruang dan performa yang lebih baik [16].



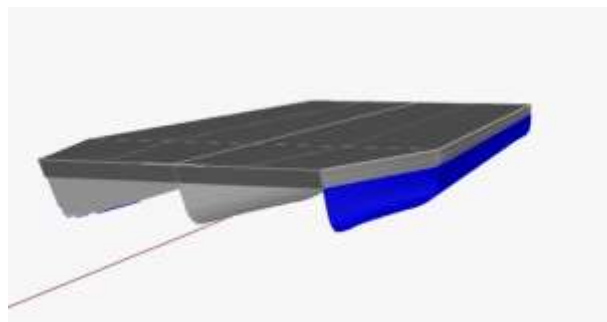
Gambar 6: Variasi Bentuk Lambung [12]



Gambar 7: Perancangan Lambung Simetris



Gambar 8: Perancangan Lambung Asimetris A



Gambar 9: Perancangan Lambung Asimetris B

Hambatan (*resistance*) berfokus pada komponen gaya yang melawan gerak kapal di air, dihitung menggunakan bilangan *Froude* (F_n) dan *Reynolds* (R_n) sebagai parameter utama, lalu dikonversi ke daya efektif (EHP) [17].

$$R_T = R_F + R_R + R_W + R_{AA} \quad (1)$$

Hambatan juga digunakan untuk mengetahui spesifikasi mesin menggunakan perhitungan EHP (*effective horse power*), DHP (*delivery horse power*), SHP (*shaft horse power*), dan BHP (*break horse power*).

$$EHP = R_t \times V_t \quad (2)$$

Daya bersih yang dibutuhkan untuk mendorong kapal mengatasi hambatan total (R_t) pada kecepatan rencana. Rumusnya adalah hasil kali antara hambatan total dengan kecepatan kapal.

$$DHP = \frac{EHP}{P_c} \quad (3)$$

Daya yang harus dikirimkan oleh sistem transmisi ke baling-baling (*propeller*). Nilai ini lebih besar dari EHP

karena memperhitungkan efisiensi baling-baling dan interaksi antara lambung dengan aliran air.

$$SHP = \frac{DHP}{0,98} \tag{4}$$

Daya yang diukur pada poros mesin sebelum masuk ke sistem transmisi. Persamaan ini memperhitungkan kehilangan daya akibat gesekan pada bantalan poros (*bearings*) dan sistem roda gigi (*gearbox*).

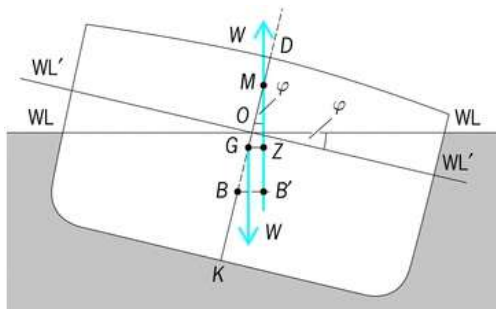
$$BHPscr = \frac{SHP}{0,98} \tag{5}$$

Daya total yang dibutuhkan mesin pada saat kondisi kecepatan normal atau dinas.

$$BHPmcr = \frac{BHPscr}{0,98} \tag{6}$$

Daya maksimum yang dapat dihasilkan oleh mesin secara terus menerus tanpa merusak mesin.

Stabilitas (*stability*) berpusat pada nilai GM sebagai indikator utama kemampuan kapal kembali ke posisi tegak. Kurva GZ dan kriteria *IMO IS Code 2008* digunakan sebagai syarat validasi.



Gambar 10: Stabilitas pada Kapal

Kriteria yang digunakan dalam analisis olah gerak mengacu pada kriteria NORDFORSK 1987 dengan menggunakan metode *Ship Theory*. Besar sudut didasarkan pada sudut 0° (*following sea*), sudut 45° (*stern quarter sea*), 90° (*beam sea*), 135° (i), dan 180° (*head sea*) dengan jenis gelombang *slight*, *moderate*, dan *rough* menggunakan spektrum gelombang JONSWAP (*John North Sea Wave Project*). Nilai RMS ini dapat digunakan sebagai tolok ukur kenyamanan dan keamanan karena mencerminkan besarnya getaran atau osilasi yang dialami oleh platform selama beroperasi di atas air [18]. RMS merepresentasikan amplitudo efektif dari gerakan struktur, baik dalam arah vertikal (*heave*), longitudinal (*pitch*), maupun lateral (*roll*).

$$\alpha_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T a(t)^2 dt} \tag{7}$$

Membandingkan hasil numerik dengan data eksperimen di berbagai kondisi gelombang, akurasi dan keandalan hasil tersebut semakin tervalidasi [19].

3.0 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Requirements

Pola pelayaran trimaran *floating house* direncanakan dalam bentuk rute pendek antar pulau di wilayah Kepulauan Karimunjawa dengan konsep *island hopping* dan area labuh. Kapal beroperasi dari Pelabuhan Karimunjawa menuju Pulau Menjangan Besar. Lokasi ini dipilih karena terdapat beberapa atraksi wisata yang ada di Pulau Menjangan besar seperti *snorkeling*, *mangrove*, maupun *shark breeding* [3].



Gambar 11: Peta Skema Rencana Pelayaran

Owner's requirement dibuat berdasarkan kebutuhan *displacement* dengan detail kebutuhan yang mengacu pada konsep hunian sederhana yang tetap memenuhi aspek kenyamanan dasar, seperti ruang istirahat, area berkumpul, ruang memasak, serta fasilitas sanitasi. Studi perbandingan terhadap tipe-tipe rumah yang umum dijumpai di Indonesia digunakan sebagai referensi dalam menetapkan ukuran utama awal. Perencanaan hunian ini ditujukan untuk satu keluarga dengan jumlah penghuni sebanyak empat orang, sehingga luasan ruang dirancang agar mampu mengakomodasi aktivitas sehari-hari secara efektif tanpa mengabaikan efisiensi tata ruang. Selain itu, *floating house* trimaran ini dirancang memiliki kecepatan operasional sebesar 10 knot, yang disesuaikan dengan kebutuhan pelayaran jarak pendek antar pulau-pulau kecil di kawasan Karimunjawa. Kecepatan tersebut dinilai memadai untuk mendukung mobilitas penghuni dan aktivitas wisata, sekaligus tetap menjaga efisiensi energi dan operasional kapal.



Gambar 12: Layout Awal Floating House

Perhitungan *displacement* awal (tabel 3) dilakukan dengan mengacu pada komponen berat kapal yang terdiri dari *Light Weight Tonnage* (LWT) dan *Deadweight*

Tonnage (DWT) . LWT (tabel 2) mencakup berat struktur kapal, perlengkapan tetap, serta sistem pendukung, sedangkan DWT (tabel 1) meliputi beban operasional seperti penghuni, peralatan, dan fasilitas penunjang.

Tabel 1: Berat Kapal Bagian DWT

No.	Komponen DWT	Value	Unit
1.	Berat Penghuni dan Barang Bawaan	0,440	ton
2.	Berat Bahan Makanan	0,600	ton
3.	Berat Air Tawar	4,800	ton
4.	Berat Bahan Bakar	0,450	ton
5.	Berat Total <i>Ballast Tank</i>	10,710	ton
Total		17	ton

Tabel 2: Berat Kapal Bagian LWT

No.	Komponen LWT	Value	Unit
1.	Berat Lambung (Hull) Kapal	4,411	ton
2.	Berat Konstruksi Lambung Kapal	0,882	ton
3.	<i>Equipment</i> dan <i>Outfitting</i>	6,865	ton
4.	Berat Atap Kapal	2,286	ton
Total		14,444	ton

Tabel 3: Total Displacement

No.	Komponen Berat Kapal	Value	Unit
1.	Berat Kapal Bagian DWT	17	ton
2.	Berat Kapal Bagian LWT	14,444	ton
Total		31,444	ton

3.2. Perencanaan Ukuran Utama

Pada tahap ini dilakukan perancangan untuk tiga konfigurasi lambung trimaran yang berbeda, yaitu trimaran simetris, trimaran asimetris A dengan *flatside* di bagian luar (*outside*), dan trimaran asimetris B dengan *flatside* di bagian dalam (*inside*), guna membandingkan karakteristik dan kinerja masing-masing konfigurasi.

Tabel 4: Ukuran Utama

Parameter	Simetris	Asimetris A	Asimetris B	Satuan
<i>Displacement</i>	38,59	38,28	38,94	t
<i>Volume (Displaced)</i>	37,65	37,35	37,995	m ³
<i>Draft Amidships</i>	0,68	0,68	0,68	m
<i>WL Length</i>	15,784	15,784	15,784	m
<i>Beam Max Extents on WL</i>	6,493	6,493	6,5	m

Parameter	Simetris	Asimetris A	Asimetris B	Satuan
<i>Beam on WL</i>	5,054	4,887	5,049	m
<i>Amidships</i>				
<i>Wetted Area</i>	107,084	112,032	113,457	m ²
<i>Max Sect. Area</i>	2,65	2,63	2,675	m ²
<i>Sect. Area Amidships</i>	2,65	2,63	2,675	m ²
<i>Waterpl. Area</i>	72,355	69,968	72,283	m ²
<i>Prismatic Coeff. (Cp)</i>	0,9	0,9	0,9	
<i>Block Coeff. (Cb)</i>	0,694	0,712	0,701	
<i>Max Sect. Area Coeff. (Cm)</i>	0,771	0,791	0,779	
<i>Waterpl. Area Coeff. (Cwp)</i>	0,907	0,907	0,907	
<i>KB</i>	0,401	0,393	0,397	m

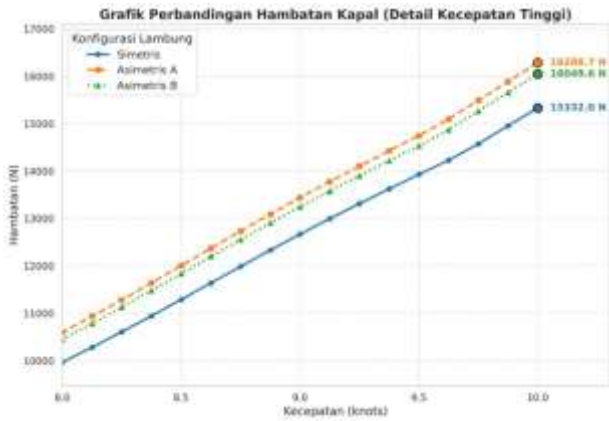
Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan *Maxsurf*, nilai *displacement* ketiga model tidak menunjukkan perbedaan signifikan, dengan selisih hanya sekitar $\pm 1-2\%$. Model simetris sebesar 38,59 ton, asimetris A 38,28 ton, dan asimetris B 38,94 ton. Seluruh konfigurasi telah memenuhi kebutuhan displacement trimaran *floating house* yang direncanakan sebesar 31,44 ton sehingga dinyatakan layak dari sisi kapasitas angkut.

3.3. Hambatan

Ketiga model tersebut dianalisis menggunakan *Maxsurf Resistance* untuk mengetahui pengaruh variasi bentuk lambung terhadap besarnya hambatan total kapal sehingga dapat dievaluasi konfigurasi yang memberikan performa hidrodinamika paling optimal.

Tabel 5: Perbandingan Hambatan

Speed (kn)	Simetris	Asimetris A	Asimetris B
0	4,53	4,82	4,77
1	216,7	229,85	227,1
2	789,92	837,37	827,18
3	1673,48	1773,8	1751,88
4	2834,85	3005,05	2967,43
5	4247,96	4504,04	4446,95
6	5899,35	6257,09	6176,58
7	7803,54	8278,92	8169,9
8	9968,75	10596,39	10452,4
9	12669,55	13439,79	13245,06
10	15332,02	16288,68	16049,6



Gambar 13: Grafik Hambatan

Setelah diperoleh hasil analisis hambatan (tabel 5) dari ketiga model kapal, lambung model simetris menunjukkan nilai hambatan paling optimal dibandingkan model lainnya dengan besar *total resistance* sebesar 15,332 N. Perhitungan EHP, DHP, SHP, dan BHP diperlukan untuk mengetahui spesifikasi mesin. Jumlah nilai dari BHP untuk *maximum continuous rating* pada trimaran *floating house* adalah 170,03 HP dengan koreksi dan pembulatan ke 200 HP.

Setelah diperoleh hasil analisis hambatan dari ketiga model kapal, lambung model simetris menunjukkan nilai hambatan paling optimal dibandingkan model lainnya dengan *total resistance* sebesar 15.332 N. Perhitungan EHP, DHP, SHP, dan BHP diperlukan untuk mengetahui spesifikasi mesin. Jumlah nilai dari BHP untuk *maximum continuous rating* pada trimaran *floating house* adalah 170,03 HP dengan koreksi dan pembulatan ke 200 HP. Dalam mendukung mobilitas, digunakan dua mesin *outboard* Yamaha F100 FETL (4-tak) dengan daya masing-masing 100 HP yang dipasang secara paralel dan telah sesuai untuk mencapai kecepatan rencana 10 knot.

Hasil ini sejalan dengan tren penelitian sebelumnya yang telah lebih dahulu mengidentifikasi keunggulan konfigurasi simetris pada trimaran. Pengujian eksperimental menggunakan *towing tank* membuktikan bahwa konfigurasi simetris secara konsisten menghasilkan hambatan total yang paling rendah dibandingkan konfigurasi asimetris *inboard* maupun *outboard* [10]. Validasi hasil penelitian ini tidak menggunakan metode perhitungan empiris seperti metode *Holtrop* karena sudah sesuai dengan perhitungan sebelumnya yang juga membahas tentang karakteristik geometri *side hull trimaran* dengan pengujian langsung melalui model *prototype*. Hasil validasi membuktikan bahwa konfigurasi simetris secara konsisten menghasilkan hambatan total yang paling rendah dibandingkan konfigurasi asimetris *inboard* maupun *outboard*.

3.4. Olah Gerak

Jika melihat dari segi metode optimasi, performa olah gerak trimaran mencakup banyak aspek seperti *roll amplitude response*, *pitch amplitude response*, dan *heave amplitude response* [20]. Analisis olah gerak menggunakan perangkat lunak *Maxsurf Motions*

Advanced. Kriteria yang digunakan dalam analisis mengacu pada kriteria NORDFORSK 1987 dengan menggunakan metode *Ship Theory*. Besar sudut didasarkan pada sudut 0° (*following sea*), sudut 45° (*stern quarter sea*), 90° (*beam sea*), 135° (i), dan 180° (*head sea*) dengan jenis gelombang *slight*, *moderate*, dan *rough* menggunakan spektrum gelombang JONSWAP (*John North Sea Wave Project*).

Tabel 6: Tinggi dan Periode Gelombang

No.	Wave Height (m)	Wave Period (s)	Description
1.	0,09	4,30	<i>Slight</i>
2.	0,64	5,66	<i>Moderate</i>
3.	1,22	7,30	<i>Rough</i>

Tabel 7: RMS Lambung Simetris

Item	Wave	RMS			Unit	Max Value
		0,09	0,64	1,22		
Heaving	0	0,14	0,124	0,260	m	
	45	0,16	0,133	0,268	m	
	90	0,20	0,150	0,285	m	
	135	0,21	0,155	0,292	m	
	180	0,20	0,153	0,292	m	
Rolling	0	0,00	0,00	0,00	deg	Max 6 deg
	45	0,11	0,62	0,87	deg	
	90	0,32	1,55	1,95	deg	
	135	0,15	0,84	1,13	deg	
	180	0,00	0,00	0,00	deg	
Pitching	0	0,18	0,95	1,24	deg	
	45	0,17	0,86	1,08	deg	
	90	0,12	0,57	0,70	deg	
	135	0,19	0,99	1,31	deg	
	180	0,21	1,16	1,59	deg	

Tabel 8: RMS Lambung Asimetris A

Item	Wave	RMS			Unit	Max Value
		0,09	0,64	1,22		
Heaving	0	0,14	0,125	0,258	m	
	45	0,16	0,135	0,267	m	
	90	0,21	0,151	0,285	m	
	135	0,21	0,156	0,292	m	
	180	0,20	0,155	0,292	m	
Rolling	0	0,00	0,00	0,00	deg	Max 6 deg
	45	0,12	0,65	0,88	deg	
	90	0,14	1,68	2,67	deg	
	135	0,20	0,94	1,15	deg	
	180	0,00	0,00	0,00	deg	
Pitching	0	0,12	0,96	1,26	deg	
	45	0,21	0,86	1,08	deg	
	90	0,14	0,58	0,70	deg	
	135	0,20	0,99	1,45	deg	
	180	0,21	1,19	1,58	deg	

Tabel 9: RMS Lambung Asimetris B

Item	Wave	RMS				Unit	Max Value
		0,09	0,64	1,22	Unit		
Heaving	0	0,15	0,131	0,269	m	Max 6 deg	
	45	0,17	0,138	0,277	m		
	90	0,21	0,156	0,295	m		
	135	0,22	0,163	0,304	m		
	180	0,21	0,163	0,306	m		
Rolling	0	0,00	0,00	0,00	deg		
	45	0,12	0,67	0,92	deg		
	90	0,38	1,64	2,08	deg		
	135	0,19	0,94	1,13	deg		
	180	0,00	0,00	0,00	deg		
Pitching	0	0,18	0,95	1,24	deg		
	45	0,17	0,86	1,08	deg		
	90	0,12	0,57	0,70	deg		
	135	0,19	0,99	1,31	deg		
	180	0,21	1,16	1,59	deg		

Berdasarkan hasil analisis, diperoleh bahwa model simetris menunjukkan performa paling optimal dibandingkan dua model lainnya. bahwa respons olah gerak trimaran *floating house* pada model simetris telah memenuhi kriteria kenyamanan yang direkomendasikan NORDFORSK (1987).

Pengujian eksperimental telah lebih dahulu membuktikan bahwa konfigurasi simetris tidak hanya unggul dalam hal hambatan total, tetapi juga memberikan performa terbaik terutama pada respons *heave motion* dibandingkan konfigurasi asimetris lainnya [11].

3.5. Stabilitas

Perhitungan stabilitas dalam penelitian ini dilakukan dengan bantuan perangkat lunak *Maxsurf Stability*. Acuan perhitungan didasarkan pada berat kapal kosong (LWT) sebesar 15,2 ton serta kapasitas muatan sebesar 16,5 ton.

Tabel 10: Variasi Kondisi Loadcase

Ko nd.	Light ship	FWT	FOT	Sewage Tank	WBT	Peng huni
1	100%	100%	100%	100%	40%	4
2	100%	75%	75%	100%	50%	4
3	100%	50%	40%	100%	45%	4
4	100%	25%	25%	100%	40%	4

Empat kondisi pembebanan digunakan untuk mewakili perubahan muatan yang mungkin terjadi selama operasional *floating house*, mulai dari kondisi tangki bahan bakar dan air tawar penuh hingga kondisi mendekati batas minimum operasional. Variasi ini dipilih agar pengaruh perubahan berat dan distribusi muatan terhadap stabilitas kapal dapat diamati secara menyeluruh pada setiap tahap operasi.

Tabel 11: Stabilitas Lambung Simetris

Criteria	Required	Condition				Unit
		I	II	III	IV	
IMO A.749 (18) Ch3 Design Criteria Applicable to All Ship						

Criteria	Required	Condition				Unit
		I	II	III	IV	
Area 0° to 30°	0,055	0,909	0,898	0,9271	0,952	m.rad
Area 0° to 40°	0,09	1,276	1,256	1,2952	1,327	m.rad
Area 30° to 40°	0,03	0,367	0,357	0,3681	0,375	m.rad
Max GZ at 30° or Greater	0,2	2,164	2,12	2,191	2,237	m
Initial GMt	0,15	11,94	11,91	12,75	13,70	m
Passenger Crowding: Angel of Equilibrium	10	0,0	0,0	0,0	0,0	deg
Turn Angle of Equilibrium	10	0,0	0,0	0,0	0,0	deg
IMO MSC 36(63) HSC Code Annex 7 Multihull						
Area 0° to 30°	0,0789	0,806	0,763	0,752	0,664	m.rad
Angle of Maximum GZ	10	27,3	26,4	25,5	22,7	deg
Area Between GZ and HA	0,028	0,301	0,298	0,304	0,308	m.rad
Angle of Equilibrium	16	0,3	0,3	0,3	0,4	deg
Status		Pass	Pass	Pass	Pass	

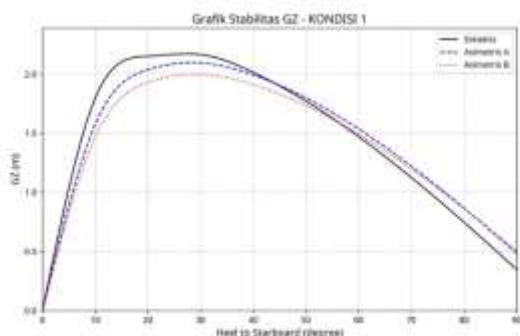
Tabel 12: Stabilitas Lambung Asimetris A

Criteria	Required	Condition				Unit
		I	II	III	IV	
IMO A.749 (18) Ch3 Design Criteria Applicable to All Ship						
Area 0° to 30°	0,055	0,84	0,809	0,838	0,868	m.rad
Area 0° to 40°	0,09	1,198	1,145	1,187	1,231	m.rad
Area 30° to 40°	0,03	0,358	0,335	0,349	0,363	m.rad
Max GZ at 30° or Greater	0,2	2,093	1,979	2,062	2,145	m
Initial GMt	0,15	10,75	10,56	11,31	12,16	m
Passenger Crowding: Angel of Equilibrium	10	0,0	0,0	0,0	0,0	deg
Turn Angle of Equilibrium	10	0,0	0,0	0,0	0,0	deg
IMO MSC 36(63) HSC Code Annex 7 Multihull						
Area 0° to 30°	0,0789	0,773	0,683	0,706	0,731	m.rad
Angle of Maximum GZ	10	28,2	26,4	26,4	26,4	deg
Area Between GZ and HA	0,028	0,264	0,255	0,261	0,266	m.rad
Angle of Equilibrium	16	0,4	0,4	0,4	0,4	deg
Status		Pass	Pass	Pass	Pass	

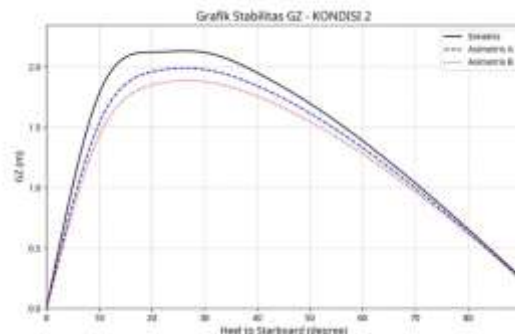
Tabel 13: Stabilitas Lambung Asimetris B

Criteria	Required	Condition				Unit
		I	II	III	IV	
<i>IMO A.749 (18) Ch3 Design Criteria Applicable to All Ship</i>						
Area 0° to 30°	0.055	0,792	0,762	0,789	0,818	m.rad
Area 0° to 40°	0.09	1,135	1,08	1,122	1,164	m.rad
Area 30° to 40°	0.03	0,343	0,319	0,332	0,346	m.rad
Max GZ at 30° or Greater	0.2	1,997	1,88	1,959	2,038	m
Initial GMt	0.15	9,919	9,733	1,387	11,128	m
Passenger Crowding: Angel of Equilibrium	10	0,0	0,0	0,0	0,0	deg
Turn Angle of Equilibrium	10	0,0	0,0	0,0	0,0	deg
<i>IMO MSC 36(63) HSC Code Annex 7 Multihull</i>						
Area 0° to 30°	0.0789	0,76	0,642	0,696	0,72	m.rad
Angle of Maximum GZ	10	29,1	26,4	27,3	27,3	deg
Area Between GZ and HA	0.028	0,245	0,235	0,241	0,246	m.rad
Angle of Equilibrium	16	0,4	0,4	0,4	0,5	deg
Status		Pass	Pass	Pass	Pass	

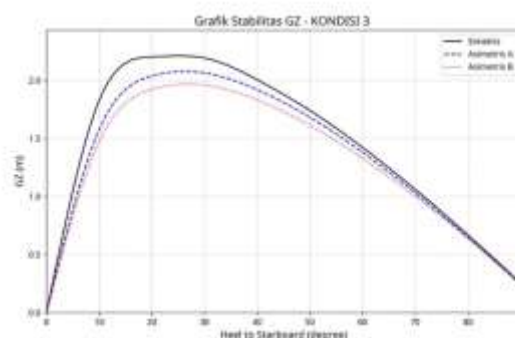
Secara keseluruhan, Tabel 11, Tabel 12, dan Tabel 13 menunjukkan bahwa tingkat kestabilan kapal dapat berubah tergantung pada bagaimana beban di dalam kapal didistribusikan. Bentuk lambung simetris hampir selalu menunjukkan performa yang lebih baik karena mampu memberikan kemampuan kembali tegak yang lebih konsisten dibandingkan bentuk lainnya dan kestabilan yang lebih seimbang [21].



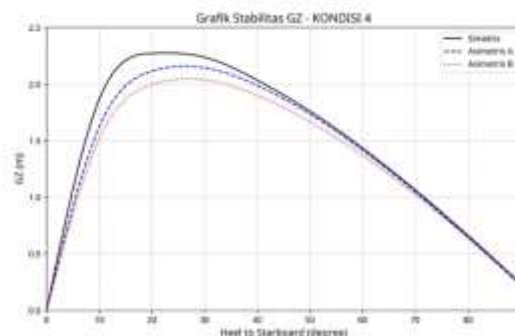
Gambar 14: Grafik Perbandingan Stabilitas pada Kondisi 1



Gambar 15: Grafik Perbandingan Stabilitas pada Kondisi 2



Gambar 16: Grafik Perbandingan Stabilitas pada Kondisi 3



Gambar 17: Grafik Perbandingan Stabilitas pada Kondisi 4

3.6. Biaya

Biaya dihitung berdasarkan kebutuhan operasional, pembangunan, dan koreksi keadaan. Biaya operasional merupakan biaya yang harus dikeluarkan secara rutin selama satu tahun, sedangkan estimasi biaya pembangunan lambung dilakukan untuk membandingkan tingkat keekonomisan dari tiga model lambung trimaran yang dirancang.

Tabel 14: Estimasi Biaya Floating House

Simetris	Asimetris A	Asimetris B
Biaya Pembangunan		
Rp783.252.533,00	Rp799.112.533,00	Rp791.182.533,00
Biaya Koreksi Keadaan		
Rp140.985.456,00	Rp143.840.256,00	Rp142.412.856,00
Biaya Operasional		
Rp40.867.140,00	Rp41.428.584,00	Rp41.147.862,00

Total biaya produksi termurah terdapat di lambung simetris dengan biaya pembangunan sebesar Rp783.252.533,00 dan biaya operasional tahunan sebesar Rp40.867.140,00 untuk kapasitas hunian 4 orang.

Prediksi nilai harga ini menggunakan metode *Weight-Based Estimation*, di mana biaya dihitung berdasarkan berat material utama dan komponen peralatan laut yang digunakan. Estimasi biaya berbasis berat merupakan pendekatan standar yang valid untuk proyek *Engineering-To-Order* (ETO) di mana informasi desain detail masih terbatas [22]. Validasi perhitungan *cost* untuk pembangunan lambung terdapat di beberapa penelitian, termasuk salah satu penelitian di tahun 2024. WSA (*Wetted Surface Area*) yang lebih kecil tidak hanya mengurangi hambatan gesek, tetapi juga secara langsung mengurangi jumlah material (plat lambung) yang dibutuhkan, sehingga mengoptimalkan biaya konstruksi [23].

3.7. Analisis Pemilihan Jenis Lambung Trimaran

Penelitian ini membandingkan tiga variasi lambung trimaran dengan jenis simetris, asimetris A (*flat side outside*), dan asimetris B (*flat side inside*).

Berikut adalah perbandingan keunggulan dan kelemahan masing-masing jenis lambung trimaran (tabel 15).

Tabel 15: Analisis Jenis Lambung Trimaran

Variasi Lambung	Efisiensi Hambatan	Karakteristik Stabilitas	Kompleksitas Aliran	Keputusan Akhir
Simetris	Tinggi (Optimal)	Sangat stabil	Sederhana	Dipilih
Asimetris A	Rendah	Cukup stabil	Kompleks	Tidak dipilih
Asimetris B	Sedang	Kurang	Sangat kompleks	Tidak dipilih

3.8. Pemodelan 3D

Model 3D ketiga *hull* dibuat menggunakan *software Rhinoceros*. Setelah melakukan analisis dan perbandingan terhadap tiga model *hull*, lambung simetris dipilih karena memiliki performa yang paling optimal, stabilitas yang baik, dan biaya yang paling rendah dibandingkan dengan dua *hull* lainnya.



Gambar 18: Model 3D Trimaran *Floating House*

4.0 KESIMPULAN

Desain lambung trimaran *floating house* yang dirancang menunjukkan performa yang memadai pada ketiga aspek teknis yang dianalisis. Hasil analisis stabilitas mengacu pada standar *International Maritime Organization A.749 (18) Ch3 Design Criteria Applicable to All Ship* dan *MSC 36(63) HSC Code Annex 7 Multihull*. Desain lambung trimaran *floating house* berhasil dikembangkan dengan

pendekatan berbasis *displacement* dan menghasilkan konfigurasi terbaik pada lambung simetris. Berdasarkan hasil analisis, model ini memberikan performa paling optimal dari segi hambatan, stabilitas, dan olah gerak dibandingkan variasi lainnya. Desain terpilih memiliki *displacement* sebesar 38,59 ton yang telah mencukupi kebutuhan operasional sebesar 31,44 ton, sehingga masih memiliki margin daya apung yang aman. Desain ini juga dilengkapi dengan tata letak ruang yang fungsional serta pemodelan 3D. Dalam mendukung mobilitas, digunakan dua mesin *outboard* Yamaha F100 FETL (4-tak) dengan daya masing-masing 100 HP yang dipasang secara paralel dan telah sesuai untuk mencapai kecepatan rencana 10 knot. Estimasi biaya menunjukkan bahwa total biaya pembangunan satu unit trimaran *floating house* mencapai sekitar Rp783.252.533,00, sedangkan biaya operasional tahunannya diperkirakan sebesar Rp40.867.140,00 yang mencakup kebutuhan pemeliharaan serta energi atau bahan bakar selama operasional.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Arismawati and R. Nurhalissa, "Peran budi daya keramba jaring apung pada aliran rantai pasok, tantangan dan peluang industri akuakultur di Karimunjawa," *J. Sos. Ekon. Kelaut. Perikan.*, vol. 20, no. 2, pp. 125–137, 2025.
- [2] R. R. Sandhika and A. R. Maghzaya, "Potential Use of Floating Architecture for Flood Mitigation in Bulungan Regency," *J. Archit. Res. Des. Stud.*, vol. 8, no. 1, 2024.
- [3] M. A. Yaqin, A. A. H. Suryana, and D. J. Prihadi, "Identifikasi sektor pariwisata melalui aspek 3A (atraksi, amenitas, aksesibilitas) di Desa Parang, Karimunjawa," *Juvenil*, vol. 6, no. 4, pp. 380–391, 2025.
- [4] G. H. Sai and V. D. Manasa, "Design and Analysis of Floating House: A Review," *J. Eng. Comput. Archit.*, vol. 12, no. 4, pp. 308–320, 2022.
- [5] S. Huebner, "Coastal urban climate adaptation and the advance onto aquatic surfaces using floating solutions: Historical challenges and potential future benefits of floating homes and similar structures," *Ocean Coast. Manag.*, vol. 261, pp. 1–8, 2025.
- [6] I. Ajibade and S. H. Shah, "Can floating homes make communities resilient to climate risks?," *Nature*, vol. 632, pp. 733–736, 2024.
- [7] J. Gorzka *et al.*, "Zero emissions, off-grid, autonomous houseboat – A case study of selected locations in Europe," *Polish Marit. Res.*, vol. 31, no. 3, pp. 42–60, 2024.
- [8] Z. Fu, Y. Li, J. Gong, D. Zhang, and A. Li, "Effect of sailing directions on the coupled motion and stability of trimaran in waves," *Ocean Eng.*, vol. 240, pp. 1–16, 2021.
- [9] Erwandi *et al.*, "Numerical analysis of resistance and motions on trimaran floating platform for tidal current power plant," *Int. Rev. Model.*

- Simulations*, vol. 17, no. 1, pp. 6–16, 2024.
- [10] A. A. Khoob, A. Feizi, A. Mohamadi, K. A. Vakilabadi, A. Fazeliniai, and S. M. Pour, “An experimental study on the effect of the side hull symmetry on the resistance performance of a wave-piercing trimaran,” *J. Mar. Sci. Appl.*, vol. 20, no. 3, pp. 456–466, 2021.
- [11] A. A. Khoob, S. M. Pour, and A. Feizi, “Experimental investigation of a wave-piercing trimaran on the outrigger configurations in terms of seakeeping and added resistance,” *J. Appl. Fluid Mech.*, vol. 15, no. 1, pp. 51–62, 2022.
- [12] R. B. Luhulima, F. Gaspersz, Sutiyo, and I. K. A. P. Utama, “Design and analysis of trimaran feeder ships as a connector for small islands in the Maluku,” in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021, p. 12050. doi: 10.1088/1755-1315/649/1/012050.
- [13] A. Gunawan, P. Purwanto, and A. Satriadi, “Analisis spektrum gelombang berarah di perairan Karimunjawa, Kabupaten Jepara,” *J. Oceanogr.*, vol. 6, no. 1, pp. 1–9, 2017.
- [14] M. F. Alam, E. Indrayanti, and M. Yusuf, “Simulasi pola arus permukaan 2 dimensi di Perairan Pulau Nyamuk Taman Nasional Karimunjawa pada musim peralihan II,” *Indones. J. Oceanogr.*, vol. 5, no. 2, pp. 187–197, 2023.
- [15] T. Solihuddin, D. A. Utami, H. L. Salim, and E. Mustikasari, “Reef geomorphology and associated habitats of Karimunjawa Islands, Indonesia,” *J. Segara*, vol. 16, no. 2, pp. 93–104, 2020.
- [16] B. A. Adietya and E. D. Gustiarini, “Studi perbandingan performa kapal trimaran, katamaran, dan monohull sebagai kapal penyeberangan di Kepulauan Karimunjawa,” *Kapal J. Ilmu Pengetah. dan Teknol. Kelaut.*, vol. 15, no. 1, pp. 18–23, 2018.
- [17] H. Tang, X. Zhang, H. Ren, and P. Yu, “Numerical study of trimaran motion and wave load prediction based on time-domain Rankine-Green matching method,” *Ocean Eng.*, vol. 214, pp. 1–16, 2020.
- [18] S. Liu and A. Papanikolaou, “Approximation of the added resistance of ships with small draft or in ballast condition by empirical formula,” *Proc. Inst. Mech. Eng. Part M J. Eng. Marit. Environ.*, vol. 233, no. 1, pp. 27–40, 2019.
- [19] Z. Wu, B. Zhou, Y. Wang, J. Zou, X. Cui, and G. Zhang, “Effects of steady flow and side hull layouts on motions and added resistance of a trimaran sailing in waves,” *Ocean Eng.*, vol. 313, pp. 1–24, 2024.
- [20] S. Wang, F. Duan, and E. Wang, “Study on the performance and efficiency of multi-objective evolutionary algorithms for trimaran outrigger layout seakeeping optimization problem,” *Ocean Eng.*, vol. 309, no. 2, pp. 1–16, 2024.
- [21] B. Feng, C. Zhan, Z. Liu, X. Cheng, and H. Chang, “Application of basis functions for hull form surface modification,” *J. Mar. Sci. Eng.*, vol. 9, no. 1005, pp. 1–22, 2021.
- [22] G. Alblas and J. Pruijn, “Are current shipbuilding cost estimation methods ready for a sustainable future? A literature review of cost estimation methods and challenges,” *Int. Shipbuild. Prog.*, vol. 71, no. 1, pp. 3–28, 2024.
- [23] J. H. Kim, M. I. Roh, and I. C. Yeo, “Hull form optimization of fully parameterized small ships using characteristic curves and deep neural networks,” *Int. J. Nav. Archit. Ocean Eng.*, vol. 16, p. 100596, 2024, doi: 10.1016/j.ijnaoe.2024.100596.