



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

PENGARUH PERUBAHAN BENTUK LAMBUNG KAPAL IKAN TRADISIONAL 18 GT TERHADAP PERFORMA KAPAL

Haidar Fathan Kurnia Ula^{*)}, Wilma Amiruddin¹⁾, Deddy Chrismianto¹⁾

¹⁾Laboratorium Kapal Kecil dan Perikanan

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

^{*)}e-mail : haidarfku@students.undip.ac.id

Abstrak

Nelayan Gempolsewu Kendal pada umumnya menggunakan jenis kapal tradisional sebagai kapal penangkap ikan, sebagaimana diketahui bahwa kapal tradisional ini dibangun berdasarkan pengalaman secara turun – temurun. Ditemukan fakta bahwa penggunaan biaya bahan bakar kapal relatif cukup besar sekitar 40 - 60% dari total biaya operasi penangkapan ikan sehingga hal ini membutuhkan evaluasi secara ilmiah terkait teknis pembangunan kapal yang dimaksud untuk menghasilkan performa kapal yang lebih baik. Tujuan dari penelitian ini adalah me-redesain kapal untuk mendapatkan efisiensi penggunaan bahan bakar. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah me-redesain lambung kapal dengan memperhatikan bentuk lambung kapal dengan beberapa parameter terkait, antara lain koefisien blok (C_b) dan kriteria perbandingan ukuran utama. Hasil penelitian ini menunjukkan dari kelima model yang dibuat lain Model 2 ($C_B = 0,5$) merupakan model lambung yang memiliki hambatan yang paling kecil diantara model yang lain. Model kapal 2 mampu mengurangi hambatan total hingga 40% dibanding lambung eksisting. Validasi yang ditunjukkan dengan membandingkan hambatan menggunakan software maxsurf dan software ansys menunjukkan perbedaan hanya 40% sehingga hasil hambatan ini dapat dikatakan valid. Perhitungan konsumsi bahan bakar per trip menurun rata rata 22 %, dengan penghematan sebesar 14,57 ton/tahun . Analisis stabilitas kapal menunjukkan model kapal eksisting memiliki besar lengan GZ maksimum sebesar 1,711 meter pada sudut $32,7^\circ$ dan mengalami penurunan pada Model 2 yang memiliki GZ maksimum sebesar 1,46 meter pada sudut oleng $38,2^\circ$ pada kondisi muatan penuh. Analisis olah gerak kapal berdasarkan kriteria yang di tetapkan pada penelitian ini, didapatkan hasil bahwa olah gerak kapal model 1 dan model 2 memiliki nilai heaving, pitching, rolling yang kecil dan memenuhi batas dari kriteria tello pada kondisi perairan tenang (slight).

Kata Kunci : Bentuk Lambung Kapal, Hambatan Kapal, Stabilitas Kapal, Olah Gerak Kapal, BBM

1. PENDAHULUAN

Indonesia, sebagai negara kepulauan dengan garis pantai terpanjang kedua di dunia, memiliki kekayaan sumber daya laut yang melimpah.[1] Potensi perikanan tangkapnya sangat besar, mencakup berbagai jenis ikan pelagis maupun demersal yang tersebar di perairan Nusantara.[2] Kondisi geografis ini memberikan peluang besar bagi pengembangan sektor perikanan, baik dari

segi ekonomi, ketahanan pangan, maupun peningkatan kesejahteraan nelayan lokal, termasuk di Kabupaten Kendal, khususnya Desa Gempolsewu. Di wilayah ini, nelayan masih mengandalkan kapal ikan tradisional berukuran 18 GT yang diwariskan secara turun-temurun. Meskipun desain lambungnya memiliki stabilitas dan kapasitas muat yang memadai—karakteristik yang tercermin dari koefisien blok (C_B) yang tinggi—bentuk lambung yang lebar dan penuh itu juga

menimbulkan hambatan air lebih besar.[3] Hambatan inilah yang memaksa mesin bekerja lebih keras dan secara langsung meningkatkan konsumsi bahan bakar, yang merupakan komponen biaya operasional tertinggi (37,66 – 65% dari total biaya per trip di berbagai studi) [4] [5] dan sangat rentan terhadap fluktuasi harga solar. Sejumlah penelitian telah menunjukkan manfaat nyata dari re-desain lambung untuk menekan hambatan kapal dan biaya operasional. Misalnya, modifikasi hullform pada kapal tradisional 30 GT mampu mengurangi hambatan hingga 57% pada kecepatan 10 knot, sehingga konsumsi bahan bakar dan biaya per trip menjadi lebih efisien[3]. Studi lain pada kapal 200 GT menegaskan bahwa desain lambung baru mampu menurunkan hambatan hingga 11% pada kecepatan 8 knot.[6] Namun, upaya perbaikan bentuk lambung harus selalu mengakomodasi aspek stabilitas dan keamanan kelautan, karena stabilitas—diukur melalui momen penegak (GZ) dan rasio dimensi L/B, Cb,[7] bentuk lambung berdampak langsung pada keselamatan nelayan di atas kapal[8]. Berdasarkan ulasan tersebut, penelitian ini bertujuan melakukan re-desain lambung kapal ikan tradisional 18 GT di Desa Gempolsewu dengan pendekatan analisis hambatan dan stabilitas. Pemodelan menggunakan AutoCAD, Rhino, Maxsurf, dan Ansys Fluent akan dipakai untuk mengevaluasi performa hullform lama dan baru, sehingga diperoleh desain optimal yang menyeimbangkan pengurangan hambatan, efisiensi bahan bakar, dan keselamatan pelayaran. Rekomendasi desain ini diharapkan tidak hanya menurunkan biaya operasional nelayan setempat, tetapi juga mendukung kebijakan pemerintah dalam meningkatkan produktivitas dan keselamatan sektor perikanan tangkap nasional.

Sebagai tindak lanjut dari permasalahan yang telah dipaparkan dalam latar belakang, penelitian ini dirancang untuk merumuskan solusi yang tepat dengan mengkaji dua hal utama, yaitu pertama, sejauh mana pengaruh bentuk lambung kapal ikan tradisional 18 GT di Desa Gempolsewu Kabupaten Kendal terhadap hambatan dan stabilitas kapal, serta kedua, bagaimana bentuk lambung yang baru dapat memperbaiki kriteria hambatan dan stabilitas kapal. Dengan demikian, penelitian ini berharap mampu memberikan gambaran komprehensif tentang hubungan antara geometri hullform dan

performa operasional, sekaligus menawarkan desain alternatif yang lebih efisien dan aman bagi nelayan setempat.

Batasan masalah yang ditetapkan meliputi hal-hal berikut: Penelitian difokuskan pada kapal ikan tradisional dengan ukuran 18 GT yang beroperasi di Desa Gempolsewu, Kabupaten Kendal. Analisis stabilitas hanya mempertimbangkan stabilitas statis dalam kondisi muatan bersih dan muatan penuh. Perubahan bentuk lambung dibatasi pada 5 model bentuk yang digunakan pada kapal ikan tradisional. Penelitian tidak membahas aspek ekonomi secara mendalam dan aspek sosial terkait implementasi perubahan desain lambung. Kecepatan yang diteliti untuk memperoleh stabilitas dan validasi hambatan adalah 8 Knot.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh perubahan bentuk lambung terhadap hambatan alir dan karakteristik stabilitas kapal ikan tradisional 18 GT di Desa Gempolsewu, Kabupaten Kendal, serta meredesain bentuk lambung kapal untuk memperbaiki kriteria hambatan dan stabilitas pada kapal ikan tradisional 18 GT di Desa Gempolsewu, Kabupaten Kendal.

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian tugas akhir ini, metodologi disusun secara bertahap dan sistematis untuk menghasilkan desain lambung kapal yang tervalidasi secara hidrodinamika dan stabilitas. Secara garis besar proses penelitian meliputi pengumpulan data lapangan, pengolahan dan pemodelan data menjadi model digital, serta analisis performa melalui software maxsurf dan cfd untuk hambatan, maxsurf stabilitas, maxsurf motion untuk olah gerak, dan analisis konsumsi bahan bakar. Setiap tahapan dirancang agar keluaran satu tahap menjadi masukan bagi tahap berikutnya sehingga memungkinkan proses iteratif dan pengecekan silang (triangulasi) antara hasil perhitungan, simulasi, dan data lapangan[9].

2.1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan dua pendekatan utama: observasi langsung dan wawancara. Observasi langsung mencakup pengukuran fisik lambung kapal, pengukuran dimensi utama (panjang, lebar, draft, tinggi), serta menggunakan acuan data pas kapal yang dimiliki; pengukuran dilakukan menggunakan alat ukur lapangan standar (meteran, pita ukur,

dan alat ukur lain sesuai kebutuhan) dan didokumentasikan dengan foto serta sketsa. Wawancara semi-terstruktur dilakukan kepada pemilik kapal, pengelola galangan, dan teknisi yang memahami karakter operasional kapal untuk mengumpulkan data sekunder seperti beban operasi, susunan muatan (stowage), kondisi mesin, dan catatan konsumsi bahan bakar; seluruh wawancara dicatat dan, bila disetujui narasumber, direkam untuk keperluan verifikasi data. Kombinasi observasi dan wawancara ini bertujuan menghasilkan basis data yang lengkap baik geometris maupun operasional sebagai input valid untuk tahap pemodelan dan analisis selanjutnya.

2.2. Pengolahan Data

Pengolahan data dimulai dengan pembuatan model kapal digital berdasarkan hasil re-drawing lines plan dan data pengukuran lapangan. Proses ini meliputi penggambaran ulang rencana garis, penetapan ukuran utama kapal, penentuan jumlah station, waterline, dan buttock line, serta memasukkan koordinat offset pada sumbu longitudinal (x), transversal (y), dan vertikal (z). Setelah hullform direkonstruksi, model diekspor ke format .iges agar kompatibel dengan perangkat lunak desain lanjutan seperti Maxsurf Modeller.

Selanjutnya model diimpor ke Maxsurf Modeller untuk penyiapan numerik: penetapan titik nol (zero point), baseline, dan design waterline (DWL); pengaturan grid dan resolusi mesh yang sesuai; serta penyimpanan file kerja dalam format .msd. Tahap ini penting untuk memastikan bahwa model digital merepresentasikan kondisi fisik kapal secara konsisten sebelum analisis hidrodinamika dilakukan.

File .msd yang telah disiapkan kemudian dijalankan pada Maxsurf Resistance untuk analisis hambatan dasar dan estimasi kebutuhan propulsi pada kecepatan operasi yang ditentukan. Hasil awal hambatan dan distribusi pressure/viscous dari Maxsurf menjadi bahan evaluasi desain awal. Untuk validasi numerik, hasil hambatan tersebut kemudian diverifikasi menggunakan simulasi CFD pada Ansys Fluent. langkah ini dimaksudkan untuk memastikan keakuratan prediksi hambatan terutama pada kondisi aliran kompleks dan pemisahan aliran.

Selain analisis hambatan, model yang sama dipakai di Maxsurf Stability untuk

mengevaluasi kurva stabilitas (GZ curve), righting arm, metacentric height, dan batasan stabilitas lainnya pada berbagai kondisi muatan. Hasil stabilitas dipakai sebagai batasan desain agar perubahan bentuk lambung yang mengurangi hambatan tidak mengorbankan keselamatan dan persyaratan stabilitas.

Setelah hambatan dan stabilitas dianalisis, dilakukan analisis olah gerak kapal (seakeeping) untuk menilai respon kapal terhadap gelombang (rolling, pitching, heaving, dll.) pada kondisi operasional yang relevan; keluaran analisis ini menjadi dasar penilaian kenyamanan dan keamanan operasional di perairan nyata. Akhirnya, dari kebutuhan propulsi efektif dan karakteristik mesin, dihitung estimasi konsumsi bahan bakar dengan menggunakan persamaan daya untuk memperoleh perkiraan konsumsi pada skenario operasi yang ditetapkan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Tinjauan Umum

Data kapal diperoleh dari salah satu kapal yang mewakili bentuk dan ukuran kapal yang banyak dibuat di daerah Kendal. Ukuran utama kapal didapat dari hasil pengukuran yang telah dilakukan sebelumnya, dimana diperoleh ukuran utama kapal sebagai berikut:

Tabel 1. Ukuran Utama Kapal Eksisting

Nama	: KM Sumber Hasil
Kapal	002
LOA	: 15.2 m
LWL	: 14.56 m
B	: 5.9 m
H	: 1.4 m
T	: 1 m
GT	: 18 GT
CB	: 0,7
Vs	: 8 Knots

Tabel 1 menyajikan ukuran utama kapal eksisting yang menjadi objek studi, yaitu KM Sumber Hasil 002, kapal nelayan tradisional yang merepresentasikan jenis dan ukuran kapal di daerah Kendal. Secara keseluruhan, kombinasi dimensi tersebut menunjukkan trade-off desain: lambung yang lebar meningkatkan stabilitas awal dan kemampuan muat, namun cenderung menaikkan hambatan sehingga membatasi kecepatan ekonomis; oleh karena itu analisis lanjutan seperti perhitungan displacement, koefisien blok (Cb), dan kurva GZ diperlukan untuk menilai performa, efisiensi, dan keselamatan operasional secara

komprehensif.

Tabel 2 menunjukkan perbandingan berbagai ukuran utama yang dimiliki oleh kapal ikan tradisional KM Sumber Hasil 002 yang akan dinalisis.

Tabel 2 Perbandingan Ukuran Utama Kapal Ikan Tradisional

Perbandingan Ukuran Utama Kapal	
L/B	2.47
L/H	10.4
B/H	4.21

Tabel 2 menyajikan perbandingan rasio dimensi utama kapal tradisional KM Sumber Hasil 002 dalam bentuk $L/B = 2,47$, $L/H = 10,4$, dan $B/H = 4,21$. Rasio panjang terhadap lebar ($L/B \approx 2,47$) menggambarkan bahwa kapal ini memiliki lambung yang relatif lebar dibanding panjangnya kondisi yang umumnya meningkatkan stabilitas awal dan kapasitas muat tetapi juga berpotensi menaikkan hambatan hidrodinamik sehingga membatasi kecepatan ekonomis. Nilai $L/H \approx 10,4$ menunjukkan kedalaman lambung yang relatif kecil terhadap panjang kapal, karakteristik yang cocok untuk operasi pesisir dan perairan dangkal.

Tabel 3 Nilai Rasio Ukuran Utama Kapal Purse Seine

Panjang Kapal	Nilai Rasio		
	L/B	L/H	B/H
$L \leq 22 \text{ m}$	$< 4,3$	$< 10,0$	$> 2,15$
$L \geq 22 \text{ m}$	$< 4,5$	$< 11,0$	$> 2,10$

Tabel 3 menyajikan nilai rasio dimensi utama yang direkomendasikan untuk kapal purse seine dan dibagi menurut dua kategori panjang kapal. Untuk kapal dengan panjang $\leq 22 \text{ m}$, berlaku batasan $L/B < 4,3$ dan $L/H < 10,0$, sedangkan untuk kapal yang lebih panjang ($\geq 22 \text{ m}$) batasan sedikit longgar menjadi $L/B < 4,5$ dan $L/H < 11,0$. Pada kedua kategori nilai B/H dipertahankan lebih besar dari 2,10. Interpretasinya: kapal purse seine umumnya dirancang relatif lebar dan dangkal ($B/H > 2,10$) agar memberikan stabilitas awal yang memadai dan area dek yang luas untuk kegiatan penangkapan dan manajemen jaring.

3.2. Perhitungan GT Kapal Ikan

Pengukuran kapal di Indonesia mengikuti ketentuan yang diatur dalam Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 45 Tahun 2021 tentang Pengukuran Kapal. Dalam regulasi tersebut dijelaskan bahwa metode pengukuran kapal yang digunakan di Indonesia memiliki standar

dan prosedur tertentu yang harus dipatuhi.

Perhitungan GT desain kapal eksisting

$$GT = 0.25 \times (V1 + V2)$$

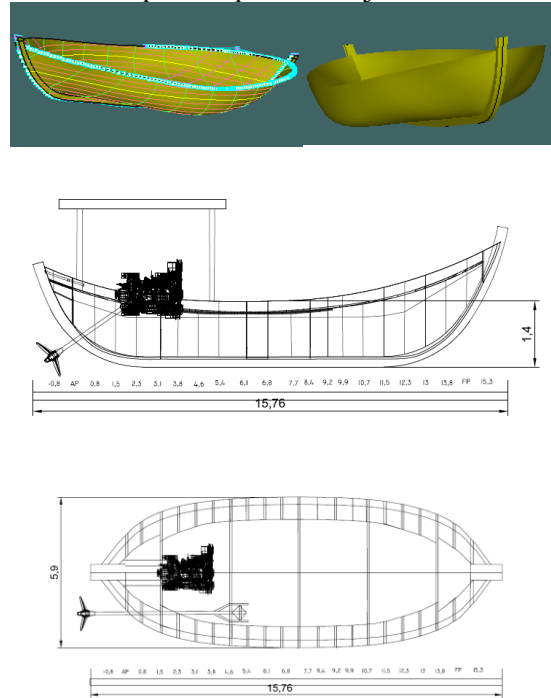
$$GT = 0.25 \times (15,2 \times 5,9 \times 1,15 \times 0,7)$$

$$GT = 18,05 \approx 18 \text{ GT}$$

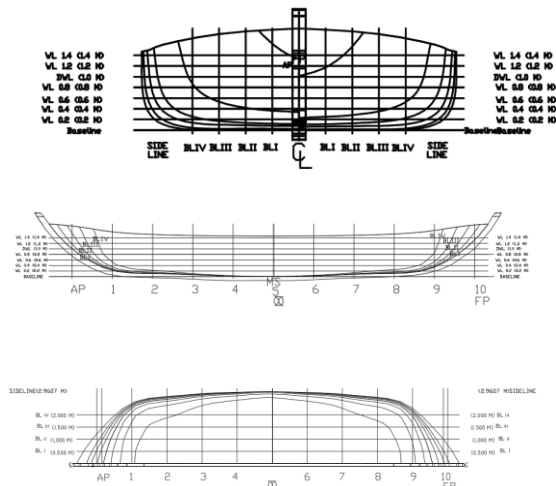
GT tersebut sudah sesuai dengan PAS besar yang diterbitkan yaitu 18 GT, namun dikarenakan terdapat permasalahan pada nelayan di lapangan yaitu bahan bakar yang boros, penulis akan membuat model lambung dengan GT yang sama namun memiliki performa yang lebih baik dengan hambatan yang lebih kecil dan stabilitas yang baik yang akan mengakibatkan turunnya penggunaan bahan bakar kapal model baru.

3.3. Pemodelan Lambung Kapal

Data pengukuran langsung di lapangan di aplikasikan kedalam maxsurf modeller dengan model pertama yang digunakan merupakan kapal hasil pengukuran langsung, kemudian divisualisasikan dalam bentuk model pada perangkat lunak. Berdasarkan hasil perhitungan lines plan, diperoleh gambar 3D dan lines plan seperti ditunjukkan berikut:



Gambar 1 3D dan Layout kapal KM Sumber Hasil 002

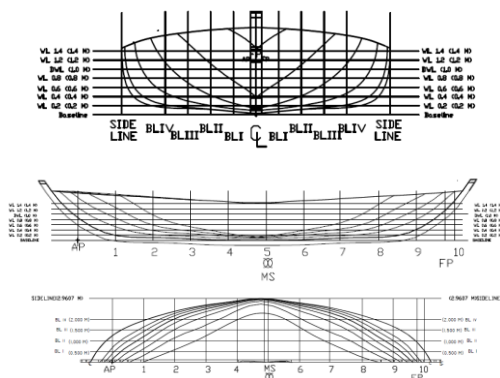


Gambar 2. Rencana Garis Kapal Sebelum Mengalami Perubahan Desain Lambung

Data permodelan kapal dapat diketahui karakteristik lambung yang selanjutnya dapat dilakukan perubahan model lambung dengan beberapa perlakuan yaitu:

1. Menurunkan nilai CB sebanyak 10% dari kapal eksisting menjadi 0.5 agar tetap sesuai dengan kriteria cb kapal ikan
2. Menurunkan CB kapal 10% dan menambah Panjang Lwl Kapal 10% sehingga panjang kapal 14.67 m
3. Menurunkan CB kapal 10% dan mengurangi Panjang Lwl Kapal 10% sehingga panjang kapal 14.45 m
4. Menurunkan CB kapal 10% dan merubah bentuk lambung sehingga menjadi bentuk bottom flat

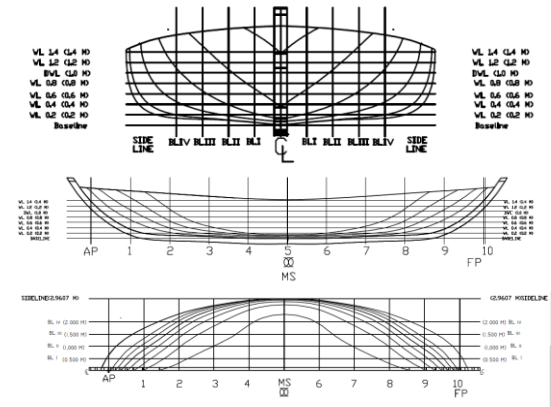
Dari perubahan tersebut, maka diperoleh model lambung sebagai berikut:



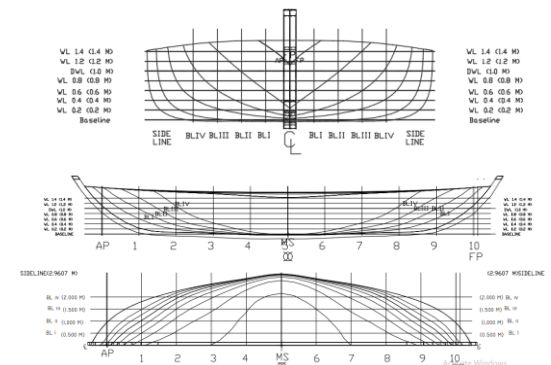
Gambar 3 Rencana Garis Kapal Setelah Mengalami Perubahan Desain Lambung (Model 2 CB 0,5)

Gambar 3 merupakan bentuk kapal yang sudah di redesain dengan pengurangan Cb yang dapat dilihat bahwa setelah mengalami

modifikasi bentuk lambung kapal tampak lebih strimline dan lebih ramping. Variasi model yang lain diperoleh gambar bentuk hullform melalui Software Maxsurf Modeler kemudian dibandingkan dengan tiga desain kapal lainnya (model 3,4 dan 5) pada gambar berikut:



Gambar 4 Karakteristik Lambung (Model 3 & 4 (CB – 10% dan L+10%))



Gambar 5. Karakteristik Lambung (Model 5 Round Flat Bottom)

Setelah didapatkan gambar antar model lambung dengan karakteristik dan ukuran yang berbeda, selanjutnya bisa dilihat perbandingan dimensi pada tabel 4 dibawah

Tabel 4. Perbandingan Dimensi Model Kapal

Dimensi	Eksisting	Model 2 (cb - 5%)	Model 3 (L+10%)	Model 4 (L-10%)	Model 5 (Flat)
LOA (m)	15.2	15.2	15.4	15.0	15.2
LWL (m)	14.5	14.5	14.67	14.4	14.56
Breadth (m)	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9
Draft (m)	1.0	1.03	0.98	1.1	1.05
Block Coefficient (Cb)	0.65	0.5	0.54	0.54	0.53
Prismatic coefficient (Cp)	0.72	0.56	0.58	0.59	0.58
Midship	0.94	0.83	0.84	0.88	0.93

Coefficient (Cm)	48.6	38.6	38.6	38.6	38.6
Displacement (ton)	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton

Berdasarkan tabel 4 diatas dapat dilihat bahwa pengaruh perubahan lambung setelah dilakukan beberapa perlakuan akan mengakibatkan perbedaan dari volume displacement. Dapat dilihat bahwa kapal dengan volume displacement terkecil adalah kapal model 2 yaitu model dengan modifikasi cb berkurang menjadi 0,5.

3.4. Perhitungan Berat Kapal

Bagian berikut menjelaskan perhitungan berat kosong kapal (Lightship Weight, LWT) untuk kapal kajian. LWT didefinisikan sebagai berat kapal tanpa muatan variabel seperti bahan bakar, air konsumsi, perbekalan, hasil tangkapan, dan awak sehingga mencerminkan berat struktur, mesin, instalasi permanen, dan perlengkapan tetap.

Perhitungan awal LWT dapat diperoleh melalui pendekatan hidrostatik sederhana: pertama-tama dengan mencari luasan dan volume di setiap bagian kapal. Kemudian setelah ditemukan volume dilakukan perhitungan berat di setiap kompartemen kapal yang termasuk dalam LWT kapal dan nantinya didapatkan total berat kapal kosong secara keseluruhan sehingga dapat mengestimasi berat awalan dari kapal. Perhitungan LWT kapal dapat dilihat pada tabel 5

Tabel 5. Perhitungan LWT Kapal Eksisting dan Kapal Kapal Baru

Nomor	Item	Massa kapal Eksisting	Massa Kapal Baru (Cb - 5%)
1	Gading 1	13.38	9.95
2	Gading 2	18.39	16.24
3	Gading 3	19.76	20.45
4	Gading 4	21.38	22.43
5	Bulkhead	803.87	638.16
6	Gading 6 - 20	239.90	231.34
7	Gading 22	21.78	21.78
8	Gading 23	21.06	20.41
9	Lunas	657.83	657.83
10	Linggi	68.22	68.22

	Haluan		
11	Linggi Buritan	68.47	68.47
12	Pondasi Mesin	157.50	157.50
13	Kulit Lambung	3176.05	3036.05
14	Deck	2637.92	2077.92
15	Balok Geladak	570.46	464.10
16	Galar Balok	103.45	96.49
17	Mesin	600.00	600.00
18	Propeller	50.00	50.00
19	Shaff Propeller	19.95	19.95
20	Genset	300.00	300.00
21	Dudukan Genset	41.16	41.16
22	Panel Listrik	30.00	30.00
23	Penarik Jaring	200.00	200.00
		9840.53	8848.44
		9.84Ton	8.85Ton

Berdasarkan data LWT tersebut didapatkan perbedaan total berat antara kapal lama dan kapal baru. Hal tersebut erat kaitannya dengan hambatan kapal yang dialami oleh kedua kapal. Kapal baru dengan LWT yang lebih kecil akan mengalami timbulnya hambatan kapal yang lebih kecil dibandingkan kapal eksisting yang sudah ada.

kemudian setelah didapatkan berat kosong kapal (LWT) lalu mencari LCG dan VCG kapal untuk mengetahui titik berat kapal. Dengan nilai titik berat. Berikut merupakan lokasi titik berat kapal berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya.

Tabel 6. Titik Berat Kapal

Kapal Lama	LCG = -0.95	VCG = 0.67
Kapal Baru	LCG = -0.86	VCG = 0,74

Tabel 6 menyajikan titik berat kapal sebelum dan sesudah modifikasi/pemindahan beban: untuk kondisi lama tercatat LCG = -0,95 m dan VCG = 0,67 m, sedangkan kondisi baru menunjukkan LCG = -0,86 m dan VCG = 0,74 m. Dengan konvensi tanda yang digunakan (nilai negatif LCG berarti berada di belakang midship), data menunjukkan bahwa pusat massa longitudinal bergeser sekitar 0,09 m ke arah

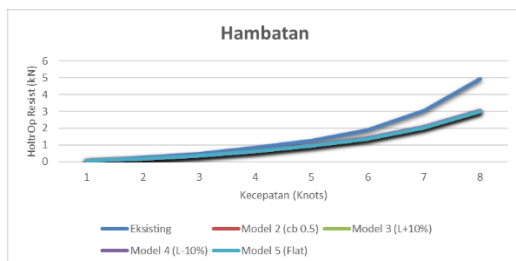
midship, sementara pusat massa vertikal naik sekitar 0,07 m.

3.5. Perhitungan Hambatan Kapal

Perhitungan hambatan kapal dilakukan menggunakan perangkat lunak Maxsurf Resistance dengan pendekatan metode empiris Holtrop. Metode ini dipilih karena mampu memberikan estimasi hambatan total kapal berdasarkan parameter utama bentuk lambung serta variasi kecepatan operasi. Hasil perhitungan disajikan dalam bentuk nilai hambatan total (RT) pada setiap kecepatan uji yang digunakan sebagai dasar analisis performa hidrodinamika kapal.

Tabel 7. Nilai Hambatan Kapal dengan Maxsurf Metode Holtrop

Speed (Knot)	Resistance (Kn)				
	Eksisting	Model 2 (cb - 10%)	Model 3 (L+10%)	Model 4 (L-10%)	Model 5 (Flat)
1	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05
2	0.23	0.17	0.17	0.17	0.17
3	0.48	0.36	0.36	0.37	0.36
4	0.83	0.62	0.62	0.63	0.62
5	1.27	0.95	0.95	0.96	0.95
6	1.90	1.38	1.38	1.4	1.38
7	3.03	2.03	2.04	2.07	2.03
8	4.96	2.97	3.03	2.99	3.00



Gambar 6 Grafik Perbandingan Hambatan Total terhadap Kecepatan antara Desain Lambung Kapal Lama dan Desain Kapal Baru

Tabel 7 dan Gambar 6 diatas menunjukkan bahwa dari kelima model lambung mengalami perbedaan hambatan yang lumayan signifikan. Model lambung 2 dengan pengurangan Cb menjadi 0,5 merupakan lambung yang memiliki nilai hambatan yang paling kecil yaitu 2,97 Kilo Newton dan model lambung dengan nilai hambatan yang terbesar adalah model 1 dengan nilai 4,96 Kilo Newton. Jadi bentuk model lambung dengan nilai hambatan terbaik adalah model lambung 2.

Besarnya hambatan total yang dialami oleh sebuah kapal sangat dipengaruhi oleh bentuk lambung yang berada di bawah permukaan air.

Beberapa parameter utama yang menentukan karakteristik bentuk lambung ini antara lain termuat dalam tabel 8 dibawah:

Tabel 8 Parameter-Parameter yang Berpengaruh terhadap Hambatan

Item Yang Dikaji	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5
Block Coeff	0.65	0.5	0.49	0.54	0.49
Prismatic Coeff	0.7	0.56	0.55	0.59	0.51
Wetted area	82,0 4 m ²	64,7 5 m ²	65,9 6 m ²	64,9 7 m ²	66,3 5 m ²
½ angle of entrance	10,7°	11,7°	11,7°	11,7°	11,7°

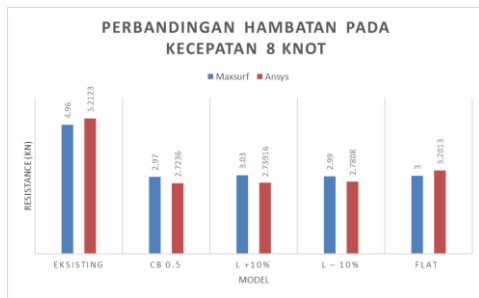
Software Maxsurf Resistance tidaklah sempurna dan perlu adanya validasi dengan menggunakan software lain dengan pendekatan yang lebih baik yaitu dengan menggunakan pendekatan numerik yaitu menggunakan software berbasis Computational Fluid Dynamics (CFD) dengan menggunakan software Ansys Fluent. ANSYS Fluent dipilih karena kemampuannya dalam mensimulasikan aliran fluida secara detail dan realistis, serta kemampuannya dalam memodelkan interaksi kompleks antara permukaan kapal dan aliran air, termasuk pengaruh viskositas, turbulensi, dan tekanan. Nantinya Hambatan yang dihasilkan oleh maxsurf dibandingkan dengan hambatan yang dihasilkan melalui Ansys fluent. Berikut merupakan hasil pengukuran hambatan menggunakan software ansys fluent.

Tabel 9 Hambatan Kapal Dengan Menggunakan CFD

Model Lambung	Hambatan		
	Pressure	Viscous	Total
Model 1(Eksisting)	3430,2 N	1782,1 N	5212,3 N
Model 2(Cb-5%)	1418,2 N	1305,4 N	2723,6 N
Model 3(L+10%)	1404,53 N	1334,64 N	2739,16 N
Model 4(L-10%)	1467,6 N	1313,2 N	2780,8 N
Model 5 (Flat)	1867,8 N	1333,5 N	3201,3 N

Berdasarkan tabel 9, dilihat bahwa nilai hambatan terbaik didapatkan oleh model 2 dengan nilai hambatan 2,6 kN

Dilihat dari hambatan yang dihasilkan melalui software maxsurf resistance dan cfd didapatkan perbandingan hambatan pada gambar 4 dibawah



Gambar 7 Perbandingan Hambatan menggunakan Maxsurf dan CFD

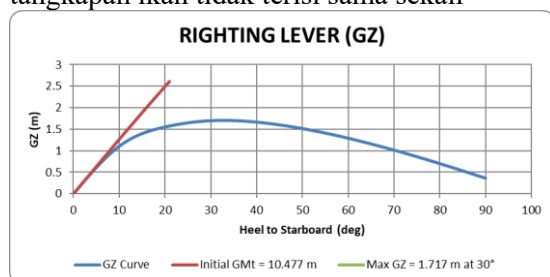
Berdasarkan analisis hambatan menggunakan Software Maxsurf Resistance dan Ansys Fluent diatas, untuk perbedaan dari keduanya terkait hambatan sekitar 7%, jadi dapat disimpulkan hambatan yang dihasilkan pada model lambung yang diteliti dari kedua software ini masih berada dalam batas wajar dan valid.

3.6. Perhitungan Stabilitas Kapal

Analisa stabilitas kapal akan dilakukan dengan bantuan software Maxsurf Stability. Analisa dilakukan dengan mengacu pada 5 kondisi yang sudah dijelaskan pada variabel penelitian. Dari hasil running pada Maxsurf Stability, didapatkan grafik LC diagram yang akan di paparkan di gambar 5 sampai 8.

Perhitungan stabilitas perlu diisi heel angle, untuk menentukan rentang dari sudut oleng kapal. Pada kapal ini, heel angle diisi mulai dari 0 deg hingga 90 deg. Pada bagian analysis diganti ke Large Angle Stability. Selanjutnya mengetahui grafik GZ untuk mencari nilai sudut oleng maksimal.

Berikut Berikut adalah grafik LC diagram dari kapal eksisting kondisi 1 dimana hasil tangkapan ikan tidak terisi sama sekali

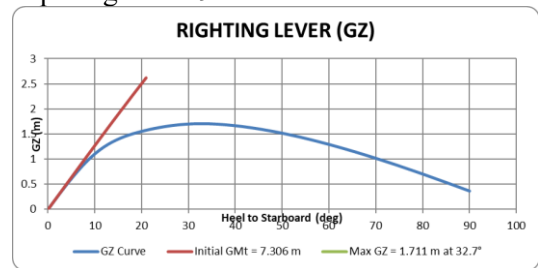


Gambar 8 Kurva GZ untuk kapal model 1 dalam keadaan kosong.

Gambar 5 di atas menunjukkan kurva GZ untuk kapal dalam keadaan kosong. Lengan GZ untuk kapal dalam kondisi kosong sebesar 1.72 meter pada sudut oleng 30°.

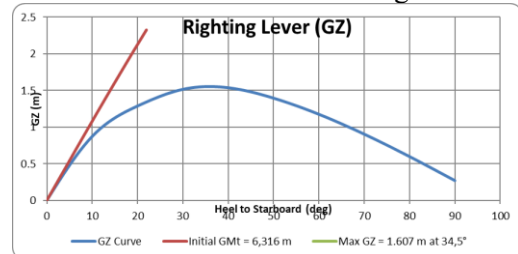
Pada Loadcase kedua kapal eksisting dalam kondisi muatan penuh. Pada kondisi tersebut kapal memiliki titik berat pada 0,758

meter. Berikut merupakan hasil grafik kurva GZ pada gambar 9



Gambar 9. Kurva GZ untuk kapal model 1 dalam Keadaan Penuh.

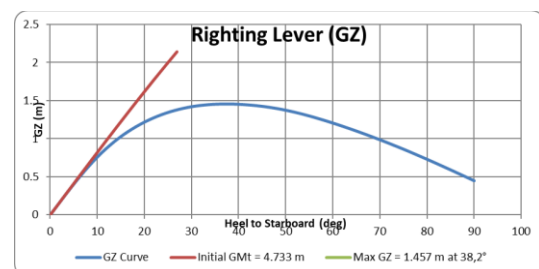
Gambar 9 menunjukkan kurva GZ untuk kapal dengan muatan penuh. Besar lengan GZ maksimum sebesar 1,711 meter pada sudut oleng 32,7°. Selanjutnya mengetahui grafik GZ untuk mencari nilai sudut oleng maksimal.



Gambar 10. Kurva GZ untuk kapal model 2 (CB 0,5) dalam keadaan kosong.

Gambar 10 di atas menunjukkan kurva GZ untuk kapal dalam keadaan kosong. Lengan GZ untuk kapal dalam kondisi kosong sebesar 1.61 meter pada sudut oleng 34.5°.

Pada Loadcase kedua kapal model 2 dalam kondisi muatan penuh. Pada kondisi tersebut kapal memiliki titik berat pada 0,773 meter. Berikut merupakan hasil grafik kurva GZ pada gambar 11



Gambar 11 Kurva GZ untuk kapal model 2 dalam Keadaan Penuh.

Gambar 11 menunjukkan kurva GZ untuk kapal dengan muatan penuh. Besar lengan GZ maksimum sebesar 1,46 meter pada sudut oleng 38,2°. Perubahan bentuk lambung yang terjadi antara lambung model 1 (eksisting) dengan model 2 tidak begitu pengaruh

terhadap stabilitas dan walaupun dirubah namun nilai stabilitasnya masih baik dan layak beroperasi.

3.7. Olah Gerak Kapal

Menurut World Meteorological Organization, karakteristik gelombang laut dalam model JONSWAP dikategorikan ke dalam tiga kondisi berdasarkan variasi tinggi gelombang, periode, dan kecepatan angin. Ketiga kondisi tersebut dijelaskan sebagai berikut:

1. Slight Water

Tinggi Gelombang Signifikan: 0,875 m

2. Moderate Water

Tinggi Gelombang Signifikan: 1,875 m

3. Rough Water

Tinggi Gelombang Signifikan: 3,25 m [11]

Hasil proses running dengan menggunakan program *Maxsurf Motion* adalah sebagai berikut :

1). Slight Water

Tabel 10 menunjukkan nilai amplitudo dan kecepatan gerak kapal ikan tradisional, baik dengan desain lambung lama maupun desain lambung yang telah diperbarui, pada kondisi Slight Water.

Heave Heading	Rolling (Deg)		Pitching (Deg)		Heaving (m)	
	Mod el 1	Mod el2	Mod el 1	Mod el 2	Mod el1	Mod el 2
0	0	0	0.77	0.85	0.109	0.109
45	4.27	4.24	0.90	1.01	0.113	0.115
90	5.52	5.43	0.85	1.14	0.148	0.148
180	0	0	2.02	1.95	0.235	0.225

2). Moderate Water

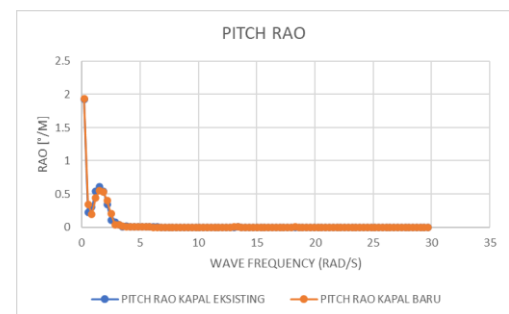
Table 11 Nilai *Amplitudo* dan *Velocity* Kapal Ikan Tradisional Dengan Desain Lambung Lama dan Desain Lambung Baru Pada Kondisi *Moderate Water*

Heave Heading	Rolling (Deg)		Pitching (Deg)		Heaving (m)	
	Mod el 1	Mod el2	Mod el 1	Mod el 2	Mod el1	Mod el 2
0	0	0	1.78	1.93	0.362	0.363
45	5.76	5.74	2.58	2.73	0.371	0.373
90	6.62	6.52	2.03	2.01	0.408	0.409
180	0	0	2.43	2.43	0.516	0.496

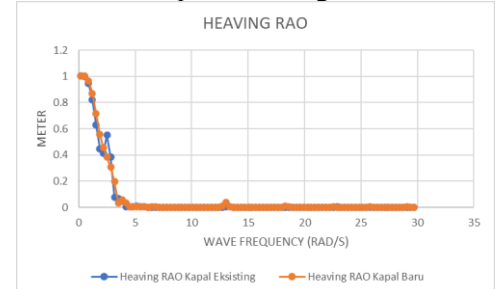
3). Rough Water

Tabel 12 Nilai *Amplitudo* dan *Velocity* Kapal Ikan Tradisional Dengan Desain Lambung Lama dan Desain Lambung Baru Pada Kondisi *Rough Water*

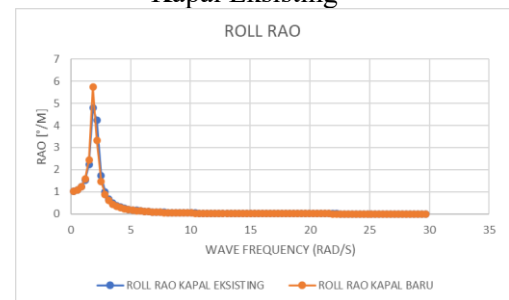
Heave	Rolling (Deg)		Pitching (Deg)		Heaving (m)	
	Mod el 1	Mod el2	Mod el 1	Mod el 2	Mod el1	Mod el 2
0	0	0	2.45	2.63	0.717	0.718
45	5.53	5.61	3.04	3.21	0.731	0.731
90	7.50	7.44	2.17	2.15	0.768	0.767
180	0	0	5.33	5.17	0.854	0.842



Gambar 12 Pitch RAO Kapal Baru dan Kapal Eksisting



Gambar 13. Heave RAO Kapal Baru dan Kapal Eksisting



Gambar 14. Roll RAO Kapal Baru dan Kapal Eksisting

Berdasarkan kriteria yang di tetapkan pada penelitian ini, didapatkan hasil bahwa olah gerak kapal model 1 dan model 2 memiliki nilai heaving, pitching, rolling yang kecil dan memenuhi batas dari kriteria tello

pada kondisi perairan tenang (slight).

3.8. Analisis Perhitungan Konsumsi BBM

Setelah hasil hambatan total lambung eksisting dan model yang lain didapat melalui simulasi numerik, langkah selanjutnya adalah menghitung daya yang dibutuhkan untuk menghasilkan sesuai dengan kecepatan yang diinginkan beserta konsumsi bahan bakarnya. Hasil hambatan total yang berbeda akan mendukung topik pada penelitian ini bahwa modifikasi bentuk lambung dapat mempengaruhi konsumsi bahan bakar. Adapun perhitungan yang dilakukan adalah sebagai berikut.

Daya Mesin Kapal

Kapal ikan tradisional KM Sumber Hasil 002 disini menggunakan mesin mitsubishi 120 PS dengan spesifikasi :

4D33 Mitsubishi

DIESEL ENGINE 4D33 (120 PS)

Water Cooled, 4 Cycled, In Line, Direct Injection , Natural Aspirated

Bore x Stroke : 108 x 115

Displacement : 4214 litre

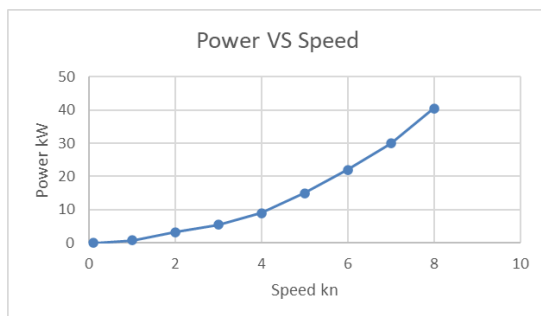
Torque : 284 Nm / 1400 rpm

Power Output : 120 PS

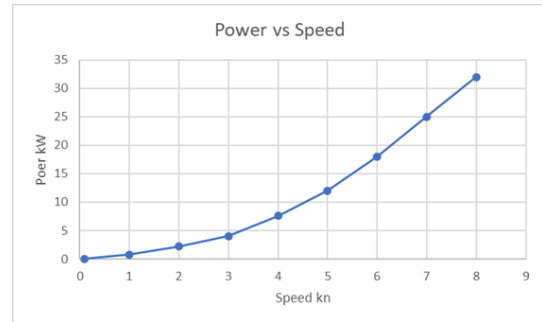
Dimension : 843 x 666 x 791

Weight : 325 Kg

Kemudian mencari nilai Power Kw kapal yang didapatkan melalui hasil olah data di *Maxsurf Resistance*. Hasil grafik Power (Kw) kapal dalam kecepatan dinas 8 kn dapat dilihat pada grafik dibawah:



Gambar 16. Grafik Power vs Speed pada kapal eksisting



Gambar 17. Grafik Power vs Speed pada kapal baru

Berdasarkan dua grafik diatas, dapat dilihat bahwa nilai Power (Kw) pada kapal dengan lambung eksisting adalah 40 Kw, sementara pada model kapal dengan lambung baru (CB 0,5) didapatkan 32 Kw.

Selanjutnya setelah didapatkan nilai kw, konversi nilai kw menjadi hp. Menurut ISO tentang kuantitas dan unit, konversi nilai kw ke HP adalah

1 HP = 0,7457 kw, maka

40 kw = 54 HP,

32 kw = 43 HP.

Diketahui bahwa dari hasil interpolasi kurva daya mesin diperoleh nilai putaran mesin sebagai berikut:

• Daya 43 HP → n = 1460 rpm

• Daya 54 HP → n = 1785 rpm

Jadi, hasil BSFC pada kondisi 1460 dan 1785 rpm adalah:

• BSFC pada 1460 rpm ≈ 218,7 g/kWh atau 0,2187 kg/kW.h

• BSFC pada 1785 rpm ≈ 225,06 g/kWh atau 0,225 kg/kW.h

Kemudian ketika sudah mendapatkan konsumsi bbm per jam maka dilakukan perhitungan konsumsi BBM/ jam dengan cara:

- Kapal model eksisting : $\frac{0,225 \text{ kg/kw.h}}{40 \text{ kw.h}}$
= 9 kg/h.

- Kapal Model Baru : $\frac{0,218 \text{ kg/kw.h}}{32 \text{ kw.h}}$
= 6,976 kg/h

Maka efisiensi BBM per jam adalah 2,02 kg/h. Jika konsumsi dalam sehari maka bisa menghemat BBM 48,48 kg dan dalam sebulan (25 hari kerja) dapat menghemat BBM sebanyak 48,48 x 25 = 1212 kg atau 1,212 Ton dan dalam setahun bisa menghemat BBM sebanyak 14,544 ton BBM dan dapat menghemat BBM sebanyak 22 %

4. PENUTUP

4.1. Kesimpulan

Temuan Utama: Simulasi awal menunjukkan bahwa model lambung dengan CB diturunkan 0,5 (Model 2) mencatat hambatan terendah pada kecepatan 8 knot, yakni 2,97 kN sekitar 40 % lebih rendah daripada desain eksisting (4,97 kN). Stabilitas kapal pada kondisi terisi Penuh (Muatan Penuh): Model 1 memiliki GZ maksimum sebesar 1,711 meter pada sudut 32,7°. Model 2 memiliki GZ maksimum sebesar 1,46 meter pada sudut 38,2°. Jadi setelah di re-desain stabilitasnya masih baik dan layak untuk beroperasi. Olah Gerak Kapal, Model 1 dan 2 mampu berlayar pada perairan rendah dengan ketinggian gelombang 0.875 m dengan disertai gerakan rolling, pitching, dan pitching pada sudut 0, 45, 90, dan 180. Namun untuk ketinggian gelombang menengah dan besar kedua model kapal belum bisa survive. Diperoleh penghematan biaya BBM setelah dilakukan modifikasi sebesar 22% dari konsumsi awal 64,8 ton/tahun menjadi 50,23 ton/tahun atau mampu menghemat sebanyak 14,57 ton/tahun.

4.2. Saran

Implementasi Lapangan: Nelayan dan galangan kapal tradisional di Gempolsewu hendaknya mengadopsi model hullform terpilih (Model 2) dan menyediakan pelatihan teknis untuk cetak ulang lambung. Kajian Ekonomi: Perlu dilakukan studi kelayakan biaya-manfaat (cost-benefit analysis) terhadap investasi desain ulang lambung, termasuk biaya produksi dan estimasi penghematan bahan bakar. Pengembangan Lanjutan: Riset selanjutnya dapat mengeksplorasi variasi hullform lain (misalnya catamaran ringan), analisis seakeeping dinamis pada gelombang tinggi, serta integrasi sistem propulsi alternatif (hybrid atau biofuel) untuk efisiensi lebih jauh. Regulasi dan Kebijakan: Pemerintah daerah dan pusat dapat mempertimbangkan subsidi atau insentif untuk renovasi lambung kapal tradisional demi mendukung modernisasi perikanan tangkap yang berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sui L, Wang J, Yang X, Wang Z. "Spatial-Temporal Characteristics of Coastline Changes in Indonesia from 1990 to 2018". *Sustainability*. 2020
- [2] Napitupulu L, "Trends in Marine Resources and Fisheries Management in Indonesia," Report. Jakarta: World Resources Institute Indonesia, 2022.
- [3] Boucher J, "Thin or bulky: optimal aspect ratios for ship hulls," *Ecole polytechnique*, 2018.
- [4] M. Romdhon, dan Ketut Sukiyono, M., "Struktur Biaya dan Efisiensi Usaha Perikanan Tangkap di Kota Bengkulu: Kasus pada Alat Tangkap Gillnet," *Jurnal Bisnis Tani*, vol. 1, no. 1, 2015.
- [5] E. Sri Luhur dan Yesi Dewita Sari and B. K., "Dampak Subsidi Solar Terhadap Keberlanjutan Usaha Perikanan Tangkap di Bitung dan Pelabuhanratu," 2012.
- [6] B. Sa'Dana, W. Amirudin, and A. W. B. Santosa, "Analisa Teknis Dan Ekonomis Modifikasi Desain Lambung Kapal Ikan Tradisional 30 Gt Tipe Batang," *Journal Teknik Perkapalan Undip*, vol. 5, 2017.
- [7] B. Ebenezer Simanjuntak and W. Amiruddin, "Analisa Desain Bentuk Lambung Pada Kapal Ikan Tradisional 200 GT Ditinjau Berdasarkan Kriteria Perancangan Kapal," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 6, no. 1, p. 207, 2018
- [8] A. Susanto, B. H. Iskandar, and M. Imron, "Evaluasi Desain dan Stabilitas Kapal Penangkap Ikan di Palabuhanratu (Studi Kasus Kapal PSP 01)," *Marine Fisheries : Journal of Marine Fisheries Technology and Management*, vol. 2, no. 2, p. 213, Jan. 2013.
- [9] Lewis, E.V., "Principles of Naval Architecture : Volume II, ersey City: The Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME), 1988.
- [10] Oreskes N, "Verification, Validation, and Confirmation of Numerical Models in the Earth Sciences," *Science* 263, 641-646, 1994.
- [11] K. Hasselmann et al., "Measurements of wind-wave growth and swell decay during the Joint North Sea Wave Project (JONSWAP)," *Deutsche Hydrographische Zeitschrift*, 1973.