



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Analisa Perubahan Material Kayu ke *Fibreglass* Terhadap Performa Kapal Tradisional Tipe Sopek di Daerah Tambak Lorok

Vidya Karima Afidha^{1*}, Wilma Amiruddin¹⁾, Ahmad Fauzan Zakki¹⁾

¹⁾Laboratorium Kapal-Kapal Kecil dan Kapal Perikanan

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

^{*}e-mail : vidyakarima06@gmail.com

Abstrak

Kapal ikan Tambak Lorok dibuat dengan material kayu yang saat ini mulai terbatas keberadaannya di alam. Tujuan penelitian ini adalah memodifikasi material pembuat kapal ikan kayu menjadi fibreglass dengan tetap mempertahankan nilai L, B, dan H kapal ikan Tambak Lorok. Modifikasi yang diarahkan dalam bentuk dua variasi lambung kapal yaitu kapal Hard Chine dan Round Bottom. Hasil modifikasi tersebut akan dianalisa untuk mengetahui performa stabilitas dengan kriteria IMO dan olah gerak menggunakan kriteria Tello. Modifikasi kapal fibreglass memiliki berat lebih ringan 44% sebesar 0,285 ton. Pengujian kapal ikan Tambak Lorok pada kriteria nilai maksimal GZ pada $\theta \geq 30^\circ$ didapat hasil terendah sebesar 0,182m pada saat kondisi pembebanan II dan IV, kriteria tinggi minimal GM_t didapatkan nilai terendah sebesar 0,299m. Kinerja olah gerak kapal Hard Chine lebih baik daripada kapal Round Bottom. Parameter RMS of pitch diperoleh 2,11° pada sudut 180° dan pada parameter RMS of roll diperoleh 4,57°, sedangkan kapal ikan Tambak Lorok pada parameter RMS of pitch diperoleh 2,60° pada sudut 180° dan nilai parameter RMS of roll diperoleh 5,81° pada sudut 90°.

Kata Kunci : Stabilitas, Olah Gerak, Kayu, Fiberglass

1. PENDAHULUAN

Kapal ikan tradisional yang terbuat dari kayu banyak digunakan oleh para nelayan di pesisir utara pantai Jawa. Salah satunya yaitu daerah Tambak Lorok, Tanjung Mas, Semarang Utara. Kapal ikan tradisional tipe sopek memiliki desain yang tidak dibuat melalui tahapan perhitungan dan perencanaan sebelum kapal tersebut dibangun tetapi merupakan hasil dari pengrajin kapal berdasarkan pengalaman turun-temurun dari para pendahulunya.

Kayu merupakan material yang digunakan untuk bahan baku pembuatan kapal ikan tradisional. Kebutuhan bahan baku kayu untuk pembuatan kapal semakin meningkat seperti penelitian sebelumnya yang telah dilakukan di daerah galangan Kabupaten Batang, Kebutuhan terhadap kayu yang digunakan untuk pembuatan kapal 5-40 GT, menunjukkan bahwa CV. Berkah Jaya Mandiri memproduksi kapal dengan jumlah tertinggi yaitu 77 unit pada tahun 2014-2018 dengan kebutuhan kayu sebesar 2.841,30 m³,

meningkat rata-rata 295,20 m³ setiap tahunnya, tahun 2014 membutuhkan 73,80 m³, tahun 2015 membutuhkan 184,50 m³, tahun 2016 membutuhkan 332,10 m³, tahun 2017 membutuhkan 996,30 m³, dan tahun 2018 membutuhkan 1.245,60 m³ [1]. Penggunaan bahan baku kayu yang dilakukan secara terus menerus akan dikhawatirkan berdampak buruk secara global dan dapat merusak ekosistem. Alternatif lain yang dapat dilakukan adalah mengganti material kayu menjadi *fibreglass*. Penggantian material kayu menjadi fibreglass akan berpengaruh pada karakter teknis dan proses pembuatan kapal. Kapal yang terdapat di Tambak Lorok pada umumnya didatangkan dari daerah seperti Demak yang mana, dalam pembuatan dan pembangunan kapalnya hanya bermodalkan keterampilan tangan dari masyarakat yang ilmunya didapat secara turun menurun tanpa adanya perhitungan menurut aturan-aturan yang baku.

Perubahan material kayu ke *fibreglass* akan menyebabkan pengurangan berat kapal yang dikarenakan massa jenis kayu dan *fibreglass* berbeda. Pada sebuah penelitian dihasilkan bahwa selisih rata-rata berat kapal kayu dengan fibreglass yaitu 0,192 ton, 28% lebih ringan dari kapal kayu dan selisih sarat kapal sebesar 0,04 m [2]. Sebuah penelitian tentang pengaruh bentuk lambung kapal terhadap stabilitas dan area putar kapal diperoleh hasil bahwa kapal dengan ukuran utama yang sama tetapi bentuk lambung yang berbeda memiliki nilai stabilitas yang berbeda pula [3]. Perbedaan berat dan sarat kapal dapat mempengaruhi berat hasil tangkap yang dapat dimuat sehingga berakibat pada nilai stabilitas yang akan diperoleh. Karakteristik teknis lainnya yaitu olah gerak. Faktor yang mempengaruhi olah gerak salah satunya yaitu *roll motion*. Penelitian pada kapal Patrol Speed Boat *Grass Carp* pada saat keadaan diam didapatkan nilai terbesar 5,29 deg (*head wave* μ : 90°) dan nilai terendah 3,74 deg (*head wave* μ : 45° dan 135°). Dan saat kapal beroperasi pada kecepatan 9,1 knot didapatkan nilai terbesar 5,29 deg (*head wave* μ : 90°) dan nilai terendah 2,27 deg (*head wave* μ : 45°) [4].

Analisa perbandingan ekonomis pada pembangunan kapal dengan material berbeda yaitu kayu dan *fibreglass* yang dilakukan pada kapal KM. BBPI-3 menyatakan bahwa investasi awal, biaya invertasi kapal FRP lebih besar dibandingkan dengan kapal ikan tradisional, biaya operasional pada kapal bermesin inboard lebih murah daripada kapal ikan bermesin outboard yaitu Rp. 9.470.000 per tahun untuk kapal FRP dan Rp. 18.768.000 per tahun untuk kapal ikan tradisional [5]. Pada sebuah penelitian perbandingan ekonomis pada pembangunan kapal dengan material yang berbeda yaitu kayu dan fibreglass yang telah dilakukan diperoleh hasil yang menyatakan bahwa pembangunan kapal fibreglass lebih mudah daripada pembangunan kapal dengan material lainnya, kapal fibreglass juga lebih tahan korosi dan memiliki biaya perawatan yang lebih murah, kapal fibreglass juga dapat di produksi secara besar-besaran [6].

Kondisi diatas menjadi alasan untuk melakukan penelitian dengan membuat desain kapal *fibreglass* yang mempertahankan length, bredth, height dari kapal ikan tradisional yang telah ada. Pada penelitian ini kriteria yang digunakan untuk analisis performa stabilitas yaitu IMO yang didasarkan pada Rekomendasi Keselamatan untuk Kapal penangkap Ikan dengan panjang Dek Kurang Dari 12 Meter dan Kapal Ikan Tanpa Dek [7]. Kriteria yang digunakan

untuk analisa performa olah gerak olah gerak kapal adalah kriteria *Seakeeping* Tello [8].

2. METODE PENELITIAN

2.1. Objek Penelitian

Tahap awal dalam penelitian ini yaitu dengan membuat desain kapal ikan Tambak Lorok dan desain kapal *fibreglass* dengan mempertahankan nilai L,B, dan H kapal ikan Tambak Lorok. Modifikasi betuk lambung kapal *fibreglass* mengambil bentuk lambung *Round Bottom* dan *Hard Chine* dengan menambah transom pada buritan kapal. Perubahan berat kapal kosong akibat dari perbedaan material akan menyebabkan titik-titik stabilitas pada kapal akan mengalami perubahan. Hal ini akan turut mempengaruhi nilai stabilitas awal kapal, yaitu kemampuan kapal untuk kembali ke kedudukan semula sewaktu kapal terjadi oleng pada sudut-sudut kecil [9]. Modifikasi yang dilakukan pada kapal fibreglass perlu dilakukan tinjauan terhadap stabilitas dan olah gerak kapal. Gambar 1 merupakan gambar kapal ikan Tambak Lorok, dan Tabel 1 merupakan tabel ukuran utama kapal ikan Tambak Lorok.



Gambar 1. Kapal Kayu Tambak Lorok

Tabel 1. Ukuran Utama Kapal Kayu Tambak Lorok

Ukuran Utama Kapal Ikan Tambak Lorok	
Length Overall	5,98 m
Length of Waterline	5,67 m
Breadth	1,68 m
Height	0,77 m
Draft	0,37 m
Displacement	1,445 ton
Cb	0,4
Speed	5,00 knot

2.2. Stabilitas dan Olah Gerak Kapal

Analisa stabilitas kapal menggunakan bantuan aplikasi *Maxsurf Stabilitas Advanced*. dan dievaluasi berdasarkan kriteria IMO untuk kapal

ikan. Tinggi metasentrik awal, luasan area dibawah kurva GZ, sudut maksimum GZ, dan nilai maksimum GZ disajikan pada Tabel 2. Kriteria tersebut harus disesuaikan terlebih dahulu terhadap *loading condition* atau kondisi pambebanan standar. Ke-empat kondisi disesuaikan dengan skenario kapal sesuai dengan standar IMO. Empat pambebanan yang dirujuk sebagai berikut [10] :

1. Kondisi pada saat kapal berangkat ke area penangkapan ikan dengan kondisi bahan bakar penuh, pembekalan, es alat tangkap, dll.
2. Kondisi pada saat kapal berangkat dari area penangkapan ikan dengan hasil tangkap penuh dengan 40 persen bahan bakar dan perbekalan, dll.
3. Kondisi pada saat kapal tiba di pelabuhan asal dengan hasil tangkap penuh dan 10 persen perbekalan, bahan bakar, dll.
4. Kondisi pada saat kapal tiba di pelabuhan asal dengan hasil tangkap 25 persen dan 10 persen perbekalan, bahan bakar, dll.

Tabel 2. Sarat dan total massa pada tiap kondisi

	Hard Chine		Round Bottom	
	Draft (m)	Total Mass (ton)	Draft (m)	Total Mass (ton)
Kondisi I	0,199	0,536	0,190	0,523
Kondisi II	0,312	1,118	0,296	1,050
Kondisi III	0,311	1,103	0,296	1,035
Kondisi IV	0,233	0,645	0,223	0,618

Analisa olah gerak kapal menggunakan aplikasi *Maxsurf Motion Advanced*. Kriteria yang digunakan untuk menilai kinerja olah gerak kapal pada penelitian ini adalah kriteria seakeeping Tello. Parameter yang akan dinilai adalah RMS dari *roll*, *pitch*, *vertical acceleration*, dan *lateral acceleration*. Kriteria *seakeeping* diringkas ke dalam Tabel. 3 untuk memudahkan perbandingan kriteria yang telah ditentukan.

Tinggi gelombang signifikan sesuai standar operasional laut ditentukan menggunakan *Standard Sea State* yang ditetapkan oleh *World Meteorological Organization* (WMO) [11]. *Sea state code* disajikan pada Tabel. 4 setiap kode mewakili kisaran tinggi gelombang. Dikarenakan sulitnya mengetahui gelombang signifikan yang sebenarnya, maka diambil nilai tengah pada setiap tinggi gelombang seperti pada Tabel 5. Pada analisa *seakeeping*, *sea state* juga di gambarkan sebagai spektrum gelombang. Spektrum gelombang yang digunakan didasarkan pada karakteristik laut utara Jawa dimana nelayan

Tambak Lorok beroperasi. Spektrum gelombang yang digunakan yaitu JONSWAP (*Joint North Sea Project*) [12].

Tabel 3. Kriteria stabilitas untuk kapal penangkap ikan menurut IMO

No	Criteria	Required	Unit
1	Area under GZ curve from 0°-30°	0,055	m.rad
2	Area under GZ Curve from 0°-40° or downflooding point	0,09	m.rad

Tabel 3. Kriteria stabilitas untuk kapal penangkap ikan menurut IMO (lanjutan)

No	Criteria	Required	Unit
3	Area Under GZ curve from 30°-40° or downflooding point	0,03	m.rad
4	Maximum GZ at the angle of heel $\theta \geq 30^\circ$	0,20	m
5	Angel of Maximum GZ	25	deg
6	Initial Metacentric Height, GM ₀	0,35	m

Tabel 4. Kriteria seakeeping oleh Tello

No	Criteria	Prescribed Value
1	RMS of Vertical Acceleration	0,2 g
2	RMS of lateral acceleration	0,1 g
3	RMS of pitch	3,0 deg
4	RMS of roll	6,0 deg

Tabel 5. WMO (*World Meteorological Organization*) *sea state code*

Sea State code	Significant Wave Height (m)		Description
	Range	Mean	
0	0	0	Calm (glassy)
1	0,0 – 0,1	0,05	Calm (rippled)
2	0,1 – 0,5	0,3	Smooth (wavelets)
3	0,5 – 1,25	0,875	Slight
4	1,25 – 2,5	1,875	Moderate
5	2,5 – 4,0	3,25	Rough
6	4,0 – 6,0	5,0	Very rough
7	6,0 – 9,0	7,5	High
8	9,0 – 14,0	11,5	Very high
9	Over 14,0	Over 14,0	Phenomenal

Tabel 6. *Sea State Condition*

Sea	Significant	Period	Description
-----	-------------	--------	-------------

State Code	wave height (m)	(s)	
2	0,3	6,5	Smooth (wavelets)
3	0,875	7,5	Slight
4	1,875	8,5	Moderate

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pembuatan Model

Data ukuran kapal yang telah dikumpulkan dengan melakukan pengukuran kapal ikan kayu di daerah Tambak Lorok, kemudian dilakukan pembuatan model 3D kapal ikan Tambak Lorok yang kemudian akan digunakan sebagai acuan dalam membuat model kapal *fibreglass*. Model 3D kapal *fibreglass* kemudian dilakukan perhitungan berat kapal kosong yang disajikan pada tabel 7. Perbedaan berat kapal kosong akan mengakibatkan perubahan sarat kapal yang dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 7. Ukuran Utama kapal

	Ukuran Utama Kapal			Unit
	Kayu	Hard Chine	Round Bottom	
LWL	5,670	5,216	5,191	m
Breadth	1,680	1,680	1,680	m
Height	0,770	0,770	0,770	m
Draft	0,370	0,312	0,296	m
Cb	0,400	0,392	0,377	-
Displacement	1,445	1,042	0,977	ton

Tabel 8. Perbedaan Berat Kapal

Model Kapal	Berat (kg)
Kapal Ikan Tambak Lorok	647,12
Hard Chine	377,67
Round Bottom	364,77

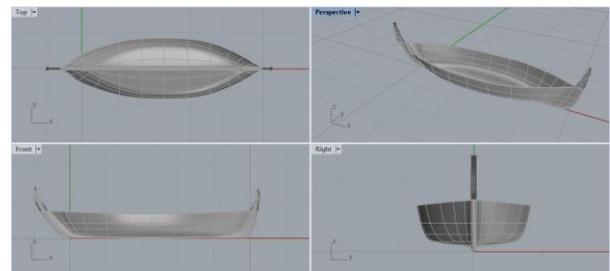
Tabel 9. Perbedaan Sarat Kapal

Model Kapal	Disp (ton)	Δ Disp	ΔT	T'
Kapal Kayu	1,445	-	-	-
Hard Chine	1,596	0,151	0,057	0,312
Round Bottom	1,754	0,309	0,073	0,296

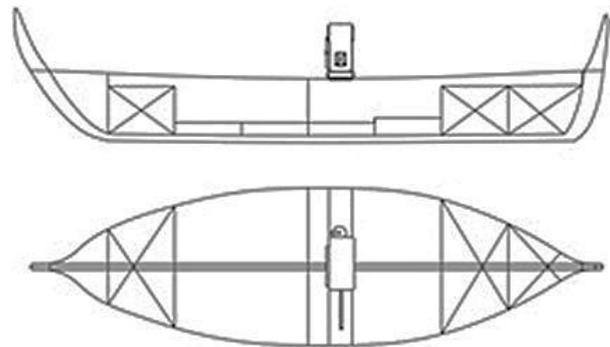
Perhitungan perbedaan berat kapal kosong dilakukan dengan cara menghitung berat per komponen kapal kayu dan kapal *fibreglass* setelah model 3D kapal sudah jadi. Perbedaan berat kapal kosong dapat dilihat pada tabel 7. Kapal ikan Tambak lorok dan kapal *fibreglass* memiliki selisih berat rata-rata 285,4 kg. Perhitungan

perubahan sarat kapal ini diperoleh dari hasil pengurangan sarat kapal kayu dengan pembagian perbedaan nilai displacement kapal dengan TPC kapal kayu. Dapat dilihat pada tabel 8 kapal kayu dan kapal fiberglass memiliki selisih tinggi sarat rata-rata 0,066 m.

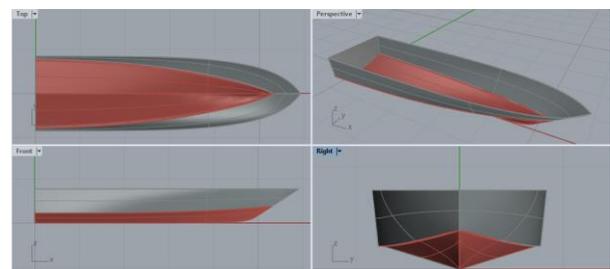
Model lambung kapal ikan Tambak Lorok kemudian dimodifikasi dengan mengubah bentuk lambungnya menjadi *Hard Chine* dan *Round Bottom* dengan penambahan transom pada buritan kapal *fiberglass*. Modifikasi kapal tetap mempertahankan ukuran, *length*, *breadth*, *height* dari kapal ikan Tambak Lorok. Model dari ketiga kapal dapat dilihat pada gambar 2-6.



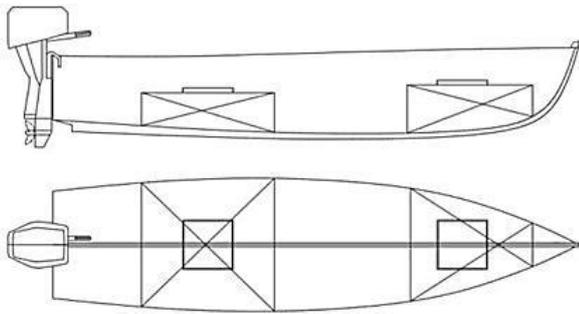
Gambar 2. Model 3D Kapal Kayu Tambak lorok



Gambar 4. Rencana Umum Kapal Kayu Tambak Lorok



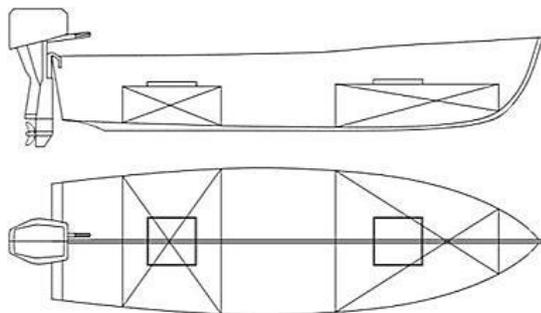
Gambar 5. Model 3D Kapal Fiberglass Hard Chine



Gambar 7. Rencana Umum Kapal Fiberglass hard Chine



Gambar 8. Model 3D Kapal Fiberglass Round Bottom



Gambar 10. Rencana Umum Kapal Fiberglass Round Bottom

3.2. Analisa Stabilitas

Hasil dari data yang telah diperoleh memperlihatkan posisi titik-titik kesetimbangan kapal yaitu titik B, G, dan M terhadap K. Data pada tabel 9 – tabel 11 menunjukkan hasil performa kapal ikan Tambak Lorok, *Hard Chine*, dan *Round Bottom* pada empat kondisi pembebanan. Berdasarkan tabel yang telah disajikan menunjukkan bahwa nilai KM lebih besar terhadap nilai KG, dapat diartikan titik M memiliki posisi yang lebih tinggi dari titik G. Jika titik M lebih tinggi dari titik G maka kapal memiliki stabilitas positif.

Hasil pengolahan data terhadap stabilitas kapal ikan Tambak Lorok tidak menunjukkan hasil yang sesuai dengan kriteria IMO yang digunakan sebagai rujukan. Terdapat aspek-aspek yang tidak terpenuhi dari kriteria stabilitas dalam empat skenario kondisi pembebanan. Nilai maksimum GZ pada sudut $\theta \geq 30^\circ$ pada kondisi pembebanan II, III, dan IV tidak dapat tercapai nilai minimal

yang telah ditentukan yaitu 0,2 m. Tinggi GM_t pada kondisi pembebanan IV juga tidak mencapai nilai minimal yang direkomendasikan oleh IMO. Tinggi GM_t yang dihasilkan yaitu 0,299 m sedangkan kriteria minimal yang direkomendasikan yaitu 0,35 m. Penilaian stabilitas kapal ikan Tambak lorok pada empat kondisi pembebanan dapat dilihat pada tabel 12.

Pengolahan data yang telah dilakukan pada kapal *Hard Chine* menunjukkan hasil yang lebih baik dari kapal ikan Tambak Lorok. Hasil yang diperoleh dari analisa stabilitas yang disajikan pada tabel 13 menunjukkan bahwa pada empat kondisi pembebanan, aspek-aspek kriteria stabilitas IMO yang dijadikan rujukan dapat terlampaui pada setiap kondisi pembebanan.

Analisa stabilitas pada kapal *Round Bottom* juga didapatkan hasil yang lebih baik dari kapal ikan Tambak Lorok. Pada setiap kondisi pembebanan kriteria yang telah ditentukan dapat terlampaui. Penilaian stabilitas kapal *Round bottom* disajikan pada tabel 14.

Tabel 10. Data *equilibrium* Kapal Kayu tambak Lorok

Item	Equilibrium				Unit
	I	II	III	IV	
LWL	5,638	5,562	5,555	5,614	m
Beam	1,482	1,550	1,548	1,493	m
Draft	0,293	0,396	0,394	0,316	m
Disp.	0,944	1,417	1,403	1,027	ton
Wetted Area	6,709	7,749	7,717	6,910	m ²
Cp	0,550	0,544	0,541	0,596	-
Cm	0,646	0,707	0,706	0,636	-
Cb	0,278	0,359	0,353	0,341	-
KB	0,207	0,263	0,262	0,210	m
KG	0,457	0,426	0,427	0,429	m
BM	0,740	0,572	0,575	0,704	m
GM	0,490	0,378	0,379	0,299	m
KM	0,947	0,834	0,826	0,914	m
Ta (+ve by Stern)	2,220	-4,060	-4,190	0,250	deg

Tabel 11. Data *Equilibrium* Kapal Fiberglass *Hard Chine*

Item	Equilibrium				Unit
	I	II	III	IV	
LWL	4,979	5,165	5,173	5,062	m
Beam	1,576	1,595	1,593	1,576	m
Draft	0,199	0,312	0,311	0,233	m
Disp.	0,536	1,118	1,103	0,6447	ton
Wetted Area	5,416	7,425	7,407	6,043	m ²
Cp	0,515	0,568	0,577	0,544	-
Cm	0,542	0,655	0,648	0,546	-

Cb	0,253	0,372	0,374	0,297	-
KB	0,155	0,218	0,216	0,166	m
KG	0,365	0,327	0,330	0,471	m
BM	1,219	0,851	0,861	1,188	m
GM	1,009	0,742	0,747	0,884	m
KM	1,373	1,069	1,077	1,355	m
Ta (+ve by Stern)	1,249	0,861	0,725	0,625	Deg

Tabel 12. Data *Equilibrium* Kapal *Fibreglass Round Bottom*

Item	Equilibrium rb				Unit
	I	II	III	IV	
LWL	4,951	5,128	5,136	5,035	m
Beam	1,577	1,594	1,593	1,577	m
Draft	0,190	0,296	0,296	0,223	m
Disp.	0,522	1,050	1,035	0,617	ton
Wetted Area	5,299	7,203	7,187	5,880	m ²

Tabel 12. Data *Equilibrium* Kapal *Fibreglass Round Bottom* (lanjutan)

Item	Equilibrium				Unit
	I	II	III	IV	
Cp	0,442	0,543	0,552	0,514	-
Cm	0,551	0,653	0,646	0,550	-
Cb	0,243	0,354	0,357	0,283	-
KB	0,154	0,212	0,210	0,164	m
KG	0,391	0,327	0,331	0,488	m
BM	1,220	0,881	0,892	1,197	m
GM	0,983	0,765	0,771	0,873	m
KM	1,374	1,093	1,101	1,361	m
Ta (+ve by Stern)	1,516	1,117	0,971	0,873	deg

Analisa stabilitas pada kapal *Hard Chine* dan kapal *Round Bottom* menggunakan *Software Maxsurf Stability* didapatkan hasil yang baik. Kriteria minimal nilai maksimum GZ pada $\theta \geq 30^\circ$ masih berada diatas kriteria IMO yang digunakan sebagai rujukan. Berbeda dengan analisa stabilitas kapal ikan Tambak Lorok, pada kondisi pembebanan II, III, dan IV hasil analisa stabilitas terhadap nilai maksimum GZ pada $\theta \geq 30^\circ$ berada dibawah kriteria minimal IMO.

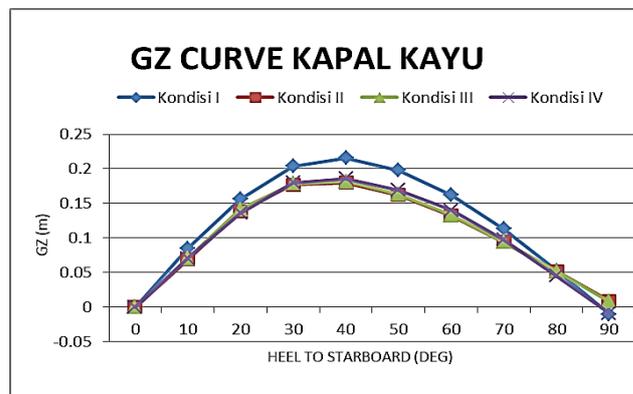
Tinggi metacenter awal GM_i tidak boleh kurang dari 0,35m sesuai dengan kriteria IMO yang dijadikan rujukan. Hasil analisa stabilitas pada kapal *Hard Chine* dan *Round Bottom*, menunjukkan bahwa pada kondisi pembebanan I, II, III, dan IV tinggi minimal GM_i telah terlampaui. Beda halnya dengan kondisi pembebanan IV kapal ikan Tambak Lorok,

tinggi GM_i tidak dapat mencapai batas minimal kriteria tinggi GM_i oleh IMO yang dijadikan sebagai rujukan.

Analisa stabilitas terhadap model kapal *Hard Chine* dan *Round bottom* yang tetam mempertahankan ukuran L, B, dan H dari kapal ikan Tambak Lorok menunjukkan hasil yang lebih baik dari kapal ikan Tambak Lorok. Lebar garis air kapal akan semakin besar dengan bertambahnya sudut kemiringan sampai sudut dimana tepi geladak terbenam dalam air. akibatnya jari-jari BM semakin besar sehingga lengan stabilitas GZ juga semakin besar [6]. Berdasar Kriteria IMO yang dijadikan sebagai rujukan standar stabilitas kapal ikan, hasil yang didapatkan telah memenuhi kriteria yang telah ditetapkan pada empat kondisi pembebanan.

Tabel 13. Stabilitas Kapal Ikan tambak Lorok terhadap kriteria IMO

Kriteria	Required	Kondisi Stabilitas			
		I	II	III	IV
Area under GZ Curve From 0°-30°	0,055 m.rad	0,097	0,082	0,084	0,083
Area under GZ curve from 0°-40° degrees or downflooding point	0,09 m.rad	0,195	0,166	0,169	0,168
Area under GZ curve from 30°-40° degrees or downflooding point	0,03 m.rad	0,159	0,136	0,139	0,137
Maximum GZ at the angle of heel $\theta \geq 30^\circ$	0,20 m	0,216	0,182	0,184	0,188
Angel of maximum GZ	25°	38,2°	35,5°	35,5°	36,4°
Initial metacentric height, GM_i	0,35 m	0,493	0,381	0,382	0,299

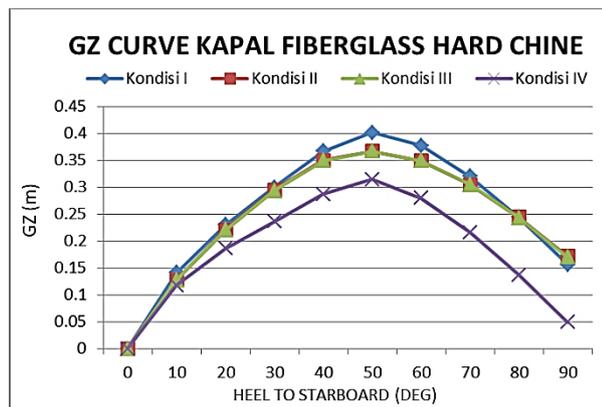


Gambar 11. Grafik Kurva GZ Kapal Kayu Tambak Lorok

Tabel 14. Stabilitas Kapal *Fibreglass Hard Chine* Terhadap Kriteria IMO

Kriteria	Required	Kondisi Stabilitas
----------	----------	--------------------

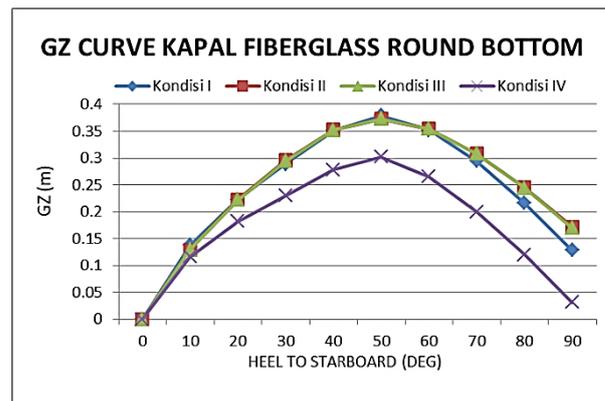
		I	II	III	IV
Area under GZ Curve From 0°-30°	0,055 m.rad	0,151	0,141	0,141	0,123
Area under GZ curve from 0°-40° degrees or downflooding point	0,09 m.rad	0,301	0,285	0,285	0,244
Area under GZ curve from 30°-40° degrees or downflooding point	0,03 m.rad	0,243	0,232	0,231	0,195
Maximum GZ at the angle of heel $\theta \geq 30^\circ$	0,20 m	0,401	0,367	0,367	0,314
Angel of maximum GZ	25°	50,9	49,1	50	50
Initial metacentric height, GMt	0,35 m	1,009	0,742	0,747	0,884



Gambar 12. Grafik Kurva GZ Kapal Fibreglass Hard Chine

Tabel 15. Stabilitas Kapal Fibreglass Round Bottom terhadap kriteria IMO

Kriteria	Requaired	Kondisi Stabilitas RB			
		I	II	III	IV
Area under GZ Curve From 0°-30°	0,055 m.rad	0,146	0,143	0,142	0,121
Area under GZ curve from 0°-40° degrees or downflooding point	0,09 m.rad	0,292	0,289	0,288	0,239
Area under GZ curve from 30°-40° degrees or downflooding point	0,03 m.rad	0,235	0,234	0,233	0,191
Maximum GZ at the angle of heel $\theta \geq 30^\circ$	0,20 m	0,379	0,373	0,373	0,302
Angel of maximum GZ	25°	50	50	50	49,1
Initial metacentric height, GMt	0,35 m	0,983	0,765	0,771	0,837



Gambar 13. Grafik Kurva GZ Kapal Fibreglass Round Bottom

3.3. Analisa Olah Gerak (Seakeeping)

Hasil analisa olah gerak kapal ikan Tambak Lorok diatas menggunakan *maxsurf motion*, dapat dilihat bahwa nilai *pitch motion* dari sudut arah gelombang 0° (*Following Sea*), 90° (*Beam Sea*), dan 180° (*Head Sea*) pada kondisi gelombang *smooth*, *slight*, dan *moderate* dengan tinggi gelombang 0,3 meter, 0,875 meter, dan 1,875 meter sudah memenuhi kriteria *seakeeping* Tello yang digunakan pada penelitian ini. Nilai *pitch motion* tertinggi terjadi dari sudut arah gelombang 180° (*Head Sea*) pada kondisi gelombang *moderate* dengan tinggi gelombang 1,875 meter dengan nilai 2,60 deg, sedangkan nilai *pitch motion* terendah terjadi dari sudut 90° (*Beam Sea*) pada kondisi gelombang *smooth* dengan tinggi gelombang 0,3 meter dengan nilai 0,28 deg. Hasil analisa *roll motion* dari sudut arah gelombang 90° (*Beam Sea*) pada kondisi gelombang *smooth*, *slight*, dan *moderate* dengan tinggi gelombang 0,3 meter, 0,875 meter, dan 1,875 meter sudah memenuhi parameter olah gerak kapal yang telah ditentukan. Parameter yang ditentukan untuk nilai *roll motion* adalah 6,0°, nilai *roll motion* tertinggi terjadi pada kondisi gelombang *moderate* dengan tinggi gelombang 1,875 meter dengan nilai 5,81 deg, sedangkan nilai *roll motion* terendah terjadi pada kondisi gelombang *smooth* dengan tinggi gelombang 0,3 meter dengan nilai 1,69 deg. Maka hasil analisa pada semua kondisi dinyatakan memenuhi kriteria *seakeeping* Tello untuk setiap sudut arah datangnya gelombang. Nilai kinerja olah gerak kapal ikan Tambak Lorok dapat dilihat pada tabel 15.

Parameter yang telah ditentukan juga terpenuhi pada kapal *Hard Chine*. Diperoleh hasil nilai *pitch motion* tertinggi terjadi dari sudut arah gelombang 180° (*Head Sea*) pada kondisi gelombang *moderate* dengan tinggi gelombang 1,875 meter dengan nilai 2,11 deg, sedangkan

nilai *pitch motion* terendah terjadi dari sudut 90° (*Beam Sea*) pada kondisi gelombang smooth dengan tinggi gelombang 0,3 meter dengan nilai 0,18 deg. Parameter yang ditentukan untuk nilai roll motion adalah 6,0°, nilai *roll motion* tertinggi terjadi pada kondisi gelombang *moderate* dengan tinggi gelombang 1,875 meter dengan nilai 4,57 deg, sedangkan nilai *roll motion* terendah terjadi pada kondisi gelombang *smooth* dengan tinggi gelombang 0,3 meter dengan nilai 1,71 deg. Nilai kinerja olah gerak kapal *Hard Chine* dapat dilihat pada tabel 16.

Hasil analisa olah gerak terhadap kapal *Round Bottom* juga menunjukkan hasil yang baik. Nilai kinerja olah gerak kapal *Round Bottom* dapat dilihat pada tabel 17. Nilai *pitch motion* tertinggi terjadi dari sudut arah gelombang 180° (*Head Sea*) pada kondisi gelombang *moderate* dengan tinggi gelombang 1,875 meter dengan nilai 2,15 deg, sedangkan nilai *pitch motion* terendah terjadi dari sudut 90° (*Beam Sea*) pada kondisi gelombang *smooth* dengan tinggi gelombang 0,3 meter dengan nilai 0,17 deg. Nilai *roll motion* tertinggi terjadi pada kondisi gelombang *moderate* dengan tinggi gelombang 1,875 meter dengan nilai 5,76 deg, sedangkan nilai roll motion terendah terjadi pada kondisi gelombang smooth dengan tinggi gelombang 0,3 meter dengan nilai 1,69 deg. Penelitian kinerja olah gerak sebelumnya pada kapal ikan Tambak Lorok menyatakan bahwa kapal ikan Tambak Lorok tidak diizinkan beroperasi pada ketinggian gelombang 2 meter, dikarenakan nilai *pitch motion* dan *roll motion* melebihi nilai kriteria maksimum yang telah ditentukan [13]. Hasil analisa kinerja olah gerak kapal *Hard Chine* pada tiap-tiap sudut datangnya arah gelombang memenuhi setiap parameter kriteria *seakeeping* Tello.

Tabel 16. Nilai kinerja Olah Gerak Kapal Kayu Tambak Lorok

Parameter	Wave Heading	Sea State 2	Sea State 3	Sea State 4
RMS of vertical acceleration (g)	0°	0,003	0,009	0,016
	90°	0,010	0,022	0,036
	180°	0,026	0,059	0,094
RMS of lateral acceleration (g)	0°	-	-	-
	90°	0,015	0,010	0,012
RMS of pitch (deg)	0°	0,53	1,22	2,00
	90°	0,28	0,69	1,26
RMS of roll (deg)	0°	-	-	-
	90°	1,69	3,73	5,81

180°

-

-

-

Tabel 17. Nilai Kinerja Olah Gerak Kapal *Fibreglass Hard Chine*

Parameter	Wave Heading	Sea State 2	Sea State 3	Sea State 4
RMS of vertical acceleration (g)	0°	0,003	0,009	0,016
	90°	0,010	0,023	0,037
	180°	0,020	0,046	0,074
RMS of lateral acceleration (g)	0°	-	-	-
	90°	0,007	0,001	0,001
RMS of pitch (deg)	0°	0,38	0,87	1,43
	90°	0,18	0,40	0,65
	180°	0,55	1,28	2,11
RMS of roll (deg)	0°	-	-	-
	90°	1,71	3,68	4,57
	180°	-	-	-

Tabel 18. Nilai Kinerja Olah Gerak Kapal *Fibreglass Round Bottom*

Parameter	Wave Heading	Sea State 2	Sea State 3	Sea State 4
RMS of vertical acceleration (g)	0°	0,003	0,009	0,016
	90°	0,011	0,024	0,037
	180°	0,021	0,047	0,075
RMS of lateral acceleration (g)	0°	-	-	-
	90°	0,002	0,003	0,001
	180°	-	-	-

Tabel 18. Nilai Kinerja Olah Gerak Kapal *Fibreglass Round Bottom* (lanjutan)

Parameter	Wave Heading	Sea State 2	Sea State 3	Sea State 4
RMS of pitch (deg)	0°	0,38	0,88	1,47
	90°	0,17	0,39	0,63
	180°	0,56	1,31	2,15
RMS of roll (deg)	0°	-	-	-
	90°	1,69	3,73	5,76
	180°	-	-	-

4. KESIMPULAN

Analisa stabilitas kapal ikan tradisional Tambak Lorok menunjukkan hasil pada kondisi pembebanan II, III mengalami trim haluan, kondisi pembebanan II, III, IV nilai GZ tidak memenuhi kriteria IMO, dan kondisi pembebanan IV nilai GMt juga tidak memenuhi kriteria IMO. Analisa olah gerak menunjukkan kapal ikan tradisional Tambak Lorok yang memenuhi kriteria Tello dengan nilai *roll* tertinggi 5,81 deg dan nilai *pitching* tertinggi 2,60 deg.

Analisa stabilitas *hard chine fiberglass* dan *round bottom fiberglass* menunjukkan hasil yang telah memenuhi kriteria IMO dan analisa olah gerak kapal *hard chine fiberglass* dan *round bottom fiberglass* juga sudah memenuhi kriteria Tello yang telah di tentukan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Karyanto, D. Darmawan, and T. W. Nurani, "Kajian pasokan dan kebutuhan kayu untuk pembuatan kapal di Kabupaten Batang Provinsi Jawa Tengah," *J. Ilmu Dan Teknol. Perikan. Tangkap*, vol. 5, no. 2, pp. 54-56, 2020.
- [2] H. G. Saputra, "Analisis Perbedaan Nilai Hambatan Redesain Kapal Kayu Tambak Lorok Menjadi Kapal Fiberglass" *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 10, no. 4, pp. 41-47, 2022.
- [3] K. Kiryanto, "Analisa Teknis Stabilitas Dan Olah Gerak Kapal Patrol Speed Boat 'Grass Carp' Di Perairan Rawa Pening JawaTengah," *Kapal*, vol. 7, no. 2, 2010.
- [4] M. R. Dariansyah, B. H. Iskandar, & Y. Nopita, "Bentuk Kasko dan Pengaruhnya Terhadap Stabilitas dan Area Putar Kapal," *Repository IPB*, vol. X, no. 3, pp. 6- 17, 2020.
- [5] A. P. Antika, "Analisa Perbandingan Ekonomis Pada kapal Ikan FRP KM. BBPI-3 Mesin Inboard Dengan Kapal Tradisional Mesin Outboard Longtail" *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 8, no. 3, pp. 375-381, 2020.
- [6] A. Fadillah, "Stabilitas, Hambatan dan Olah Gerak Kapal Ikan Multi Purpose Net/Line Hauler 20 GT Berdasarkan Kajian Ukuran dan Bentuk Kasko Kapal" *Marie Fisheries: Jurnal Teknologi dan Manajemen Perikanan Laut*. vol. 10, no. 02, 2019
- [7] FAO, ILO, and IMO, *Safety Recommendations for Decked Fishing Vessels of Less than 12 metres in Length and Undecked Fishing Vessels*. Rome, 2012.
- [8] M. Tello, S. Ribeiro E Silva, and C. Guedes Soares, "Seakeeping Performance of Fishing Vessels in Irregular Waves," *OceanEng.*, vol. 38, no. 5–6, pp. 763–773, 2011.
- [9] E. V Lewis, *Principles of Naval Architecture Second Revision Volume I Stability and Strength*, Second rev., vol. I. New Jersey: The Society of Naval Architects and Marine Engineers, 1988.
- [10] International Maritime Organization, "International Code On Intact Stability," 2008.
- [11] World Meteorological Organization, *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation*, Seventh ed., no. 8. Geneva: World Meteorological Organization, 2008.
- [12] K. Hasselmann, T. P. Barnett, E. Bouws, H. Carlson, D. E. Cartwright, K. Enke, J. A. Ewing, H. Gienapp, D. E. Hasselmann, P. Kruseman, A. Meerburg, P. Muller, D. J. Olbers, K. Richter, W. Sell, H. Walden, *Measurements of Wind-Wave Growth and Swell Decay during the Joint North Sea Wave Project (JONSWAP)*. Hamburg: Deutsches Hydrographisches Institut, 1973.
- [13] A. Prasetyo, "Tinjauan Stabilitas dan Olah Gerak Hasil Modifikasi Kapal Ikan Tambak Lorok Bermaterial Kayu Menjadi Fiberglass Dengan Nilai DWT Tetap" *Jurnal Teknik Perkapalan*. vol. 11, no. 1, pp. 79-89, 2023.
