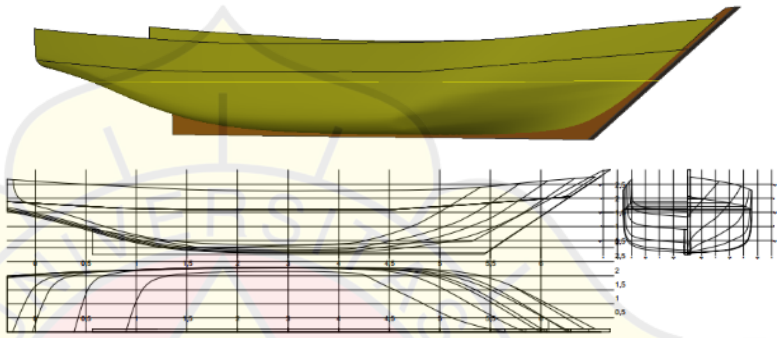
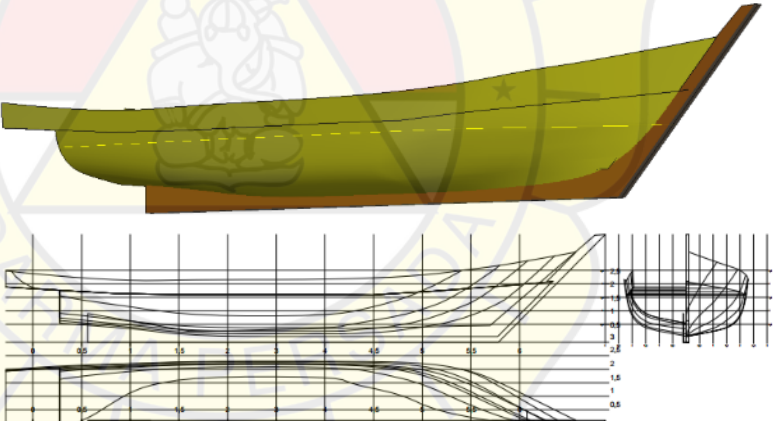
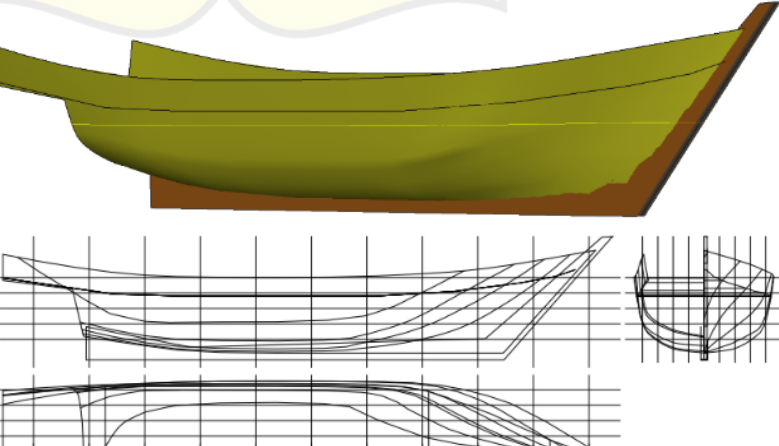


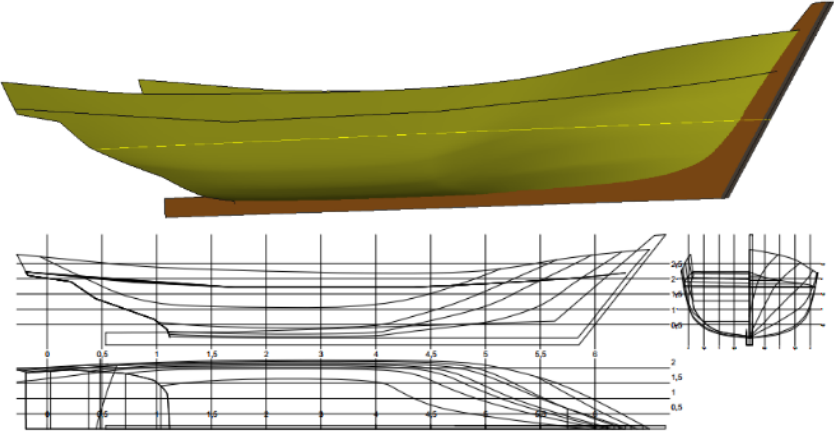
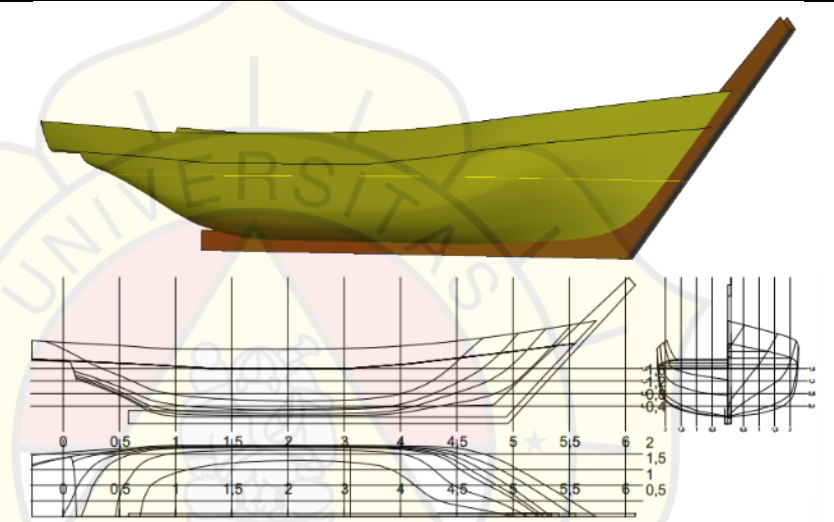
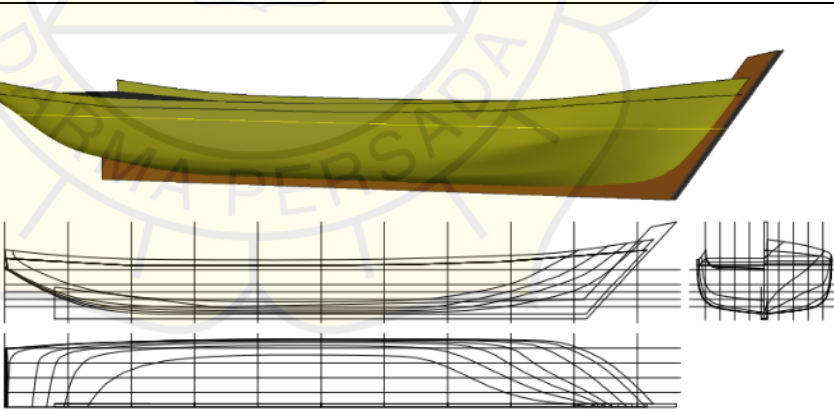
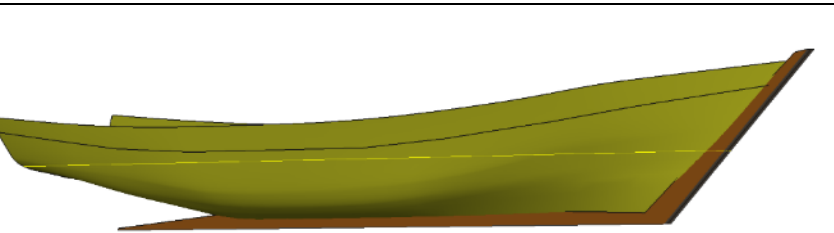
BAB V

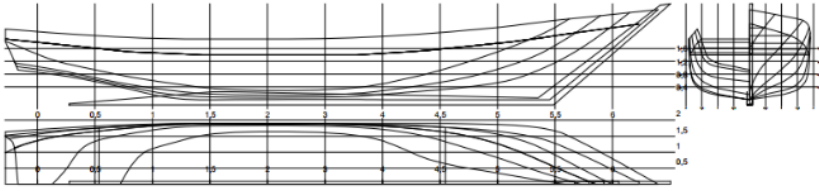
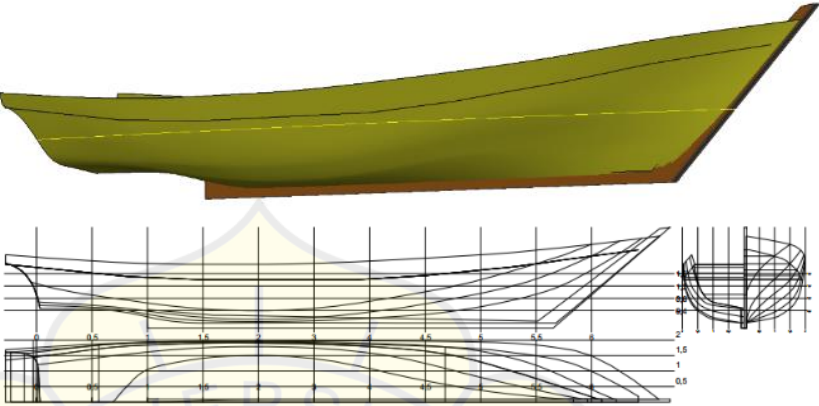
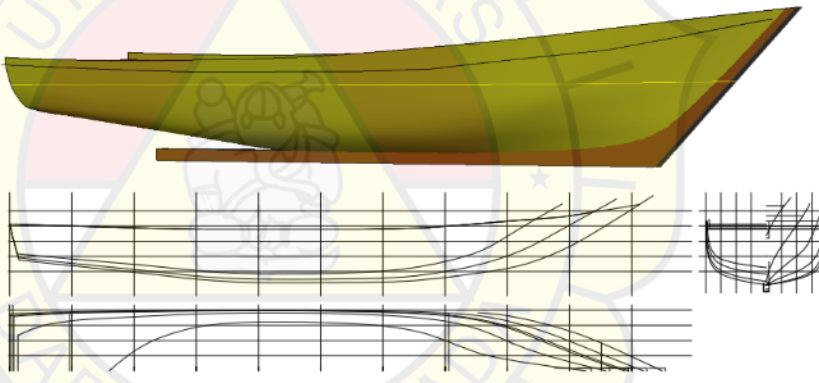
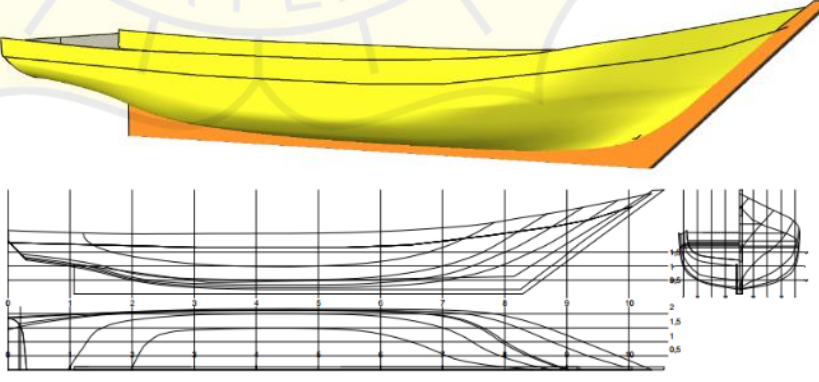
ANALISA DATA

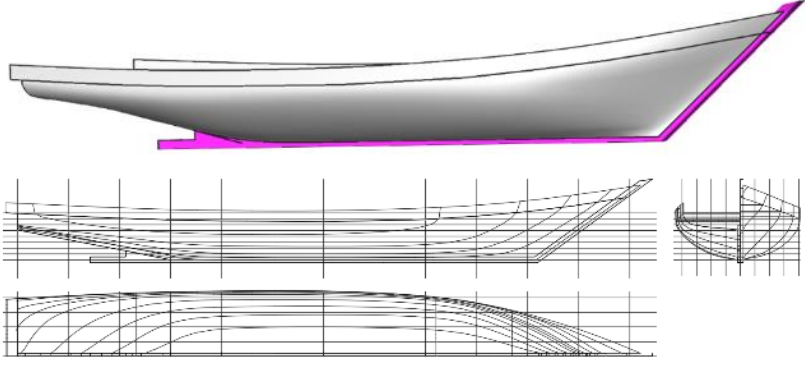
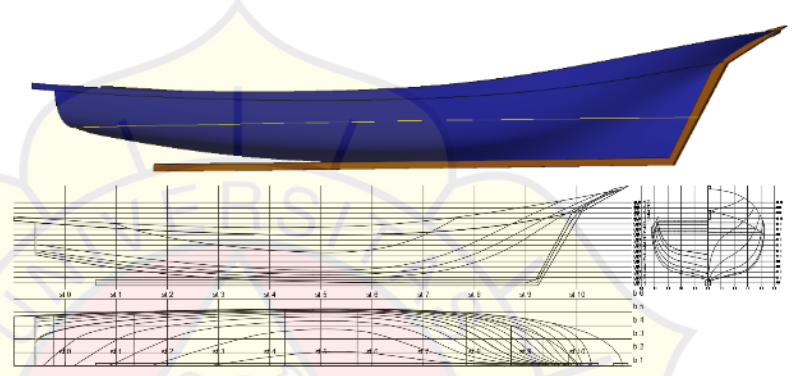
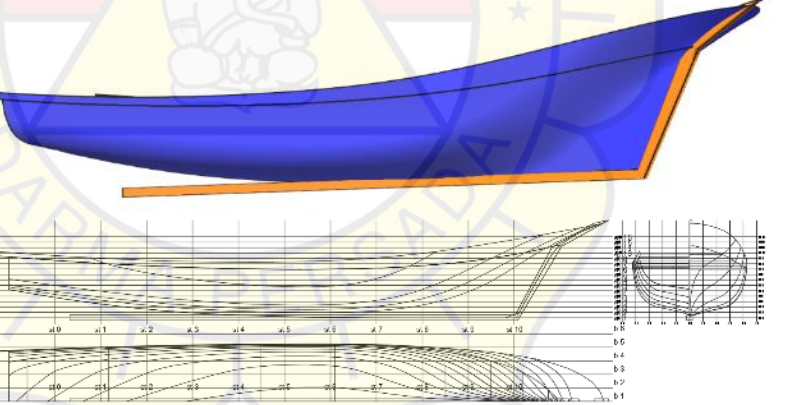
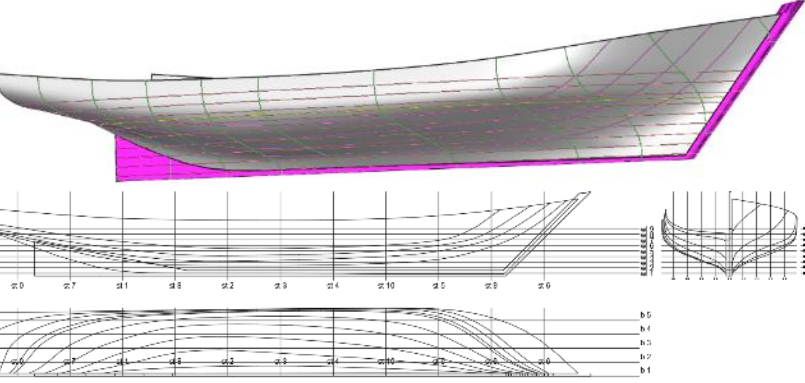
5.1. Permodelan Kapal

Tabel 5.1. 16 Permodelan Kapal

No	Nama Kapal / Daerah	Gambar Kapal
1	Aceh	 The image shows a 3D model of a traditional Aceh boat hull, colored in olive green and brown. Below the model are technical drawings including a side view, a bottom view, and a cross-section view. The hull has a curved bottom and a pointed prow.
2	Sibolga	 The image shows a 3D model of a traditional Sibolga boat hull, colored in olive green and brown. Below the model are technical drawings including a side view, a bottom view, and a cross-section view. The hull has a curved bottom and a pointed prow.
3	Panjang	 The image shows a 3D model of a traditional Panjang boat hull, colored in olive green and brown. Below the model are technical drawings including a side view, a bottom view, and a cross-section view. The hull has a curved bottom and a pointed prow.

4	Probolinggo	 <p>The image shows a 3D model of a boat hull in olive green with a brown keel, viewed from a perspective. Below it are technical drawings: a side view showing the hull's profile with a grid and a scale from 0 to 6, and a cross-section view showing the hull's width and depth with a scale from 0 to 2.5.</p>
5	Tegal	 <p>The image shows a 3D model of a boat hull in olive green with a brown keel, viewed from a perspective. Below it are technical drawings: a side view showing the hull's profile with a grid and a scale from 0 to 6, and a cross-section view showing the hull's width and depth with a scale from 0 to 2.5.</p>
6	Cilacap	 <p>The image shows a 3D model of a boat hull in olive green with a brown keel, viewed from a perspective. Below it are technical drawings: a side view showing the hull's profile with a grid and a scale from 0 to 6, and a cross-section view showing the hull's width and depth with a scale from 0 to 2.5.</p>
7	Balikpapan	 <p>The image shows a 3D model of a boat hull in olive green with a brown keel, viewed from a perspective.</p>

		
8	Kintap	
9	Sinjai	
10	Mamuju	

11	Larantuka	
12	Ambon	
13	Ternate	
14	Merauke	

5.1.1. Hidrostatik Model

Analisis hidrostatik merupakan langkah awal yang penting dalam memahami karakteristik dasar lambung kapal, termasuk displacement, draft, area basah, dan parameter bentuk (*form coefficients*) seperti C_b , C_p , dan C_m . Data dari pemodelan *Maxsurf* untuk tujuh wilayah (Aceh, Sibolga, Probolinggo, Tegal, Cilacap, Balikpapan) menunjukkan variasi signifikan antar kapal tradisional yang mewakili daerah berbeda di Indonesia.

Tabel 5.2. Hidrostatik Model

Item	Unit	Aceh (Lhokseumawe)	Sibolga	Panjang	Probolinggo	Tegal	Cilacap	Balikpapan
<i>Displacement</i>	t	63,540	57,220	58,960	44,850	52,020	89,89	43,450
<i>Volume (displaced)</i>	m ³	61,990	55,822	57,523	43,758	50,750	87,699	42,393
<i>Draft Amidships</i>	m	1,360	1,360	1,615	1,462	1,360	1,404	1,190
<i>Immersed depth</i>	m	1,360	1,523	1,778	1,462	1,523	1,567	1,353
<i>WL Length</i>	m	18,133	17,754	15,464	16,929	15,276	21,042	18,468
<i>Beam at WL</i>	m	4,578	4,364	4,278	4,142	4,460	4,569	3,761
<i>Wetted Area</i>	m ²	108,275	107,875	98,154	96,483	90,990	142,071	87,012
<i>Max sect. area</i>	m ²	5,391	4,468	5,417	4,131	4,941	5,585	3,767
<i>Waterpl. Area</i>	m ²	69,613	63,872	53,700	54,396	56,814	85,385	56,086
(Cp)		0,634	0,704	0,687	0,626	0,672	0,746	0,609
(Cb)		0,549	0,473	0,489	0,427	0,489	0,582	0,451
(Cm)		0,866	0,672	0,712	0,682	0,727	0,780	0,740
(Cwp)		0,839	0,824	0,812	0,776	0,834	0,888	0,807
<i>LCB length</i>	m	9,175	8,345	7,376	8,523	6,155	8,475	8,910
<i>LCF length</i>	m	8,818	8,416	7,550	8,361	5,991	8,502	8,543
<i>LCB %</i>	%	50,595	47,006	47,695	50,345	40,293	40,280	48,244
<i>LCF %</i>	%	48,630	47,402	48,820	49,387	39,218	40,404	46,257
<i>VCB</i>	m	0,834	0,855	0,993	0,965	0,831	0,822	0,735
<i>KB</i>	m	0,834	0,855	0,993	0,965	0,831	0,822	0,735
<i>KG fluid</i>	m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<i>BMt</i>	m	1,693	1,568	1,254	1,526	1,610	1,526	1,279
<i>BML</i>	m	23,421	22,449	13,397	20,298	16,308	29,755	27,730
<i>GMt corrected</i>	m	2,527	2,423	2,247	2,491	2,441	2,347	2,013
<i>GML</i>	m	24,255	23,304	14,389	21,263	17,139	30,577	28,464

KMt	m	2,527	2,423	2,247	2,491	2,441	2,347	2,013
KML	m	24,255	23,304	14,389	21,263	17,139	30,577	28,464
<i>Immersion</i> (TPc)	tonne/cm	0,714	0,655	0,550	0,558	0,582	0,875	0,575
MTc	tonne.m	0,832	0,721	0,514	0,514	0,623	1,397	0,614
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)	tonne.m	2,803	2,420	2,312	1,950	2,216	3,682	1,527
L/B		3,961	4,068	3,615	4,087	3,425	4,606	4,910
B/T		3,366	2,865	2,406	2,833	2,928	2,915	2,780

Dari data awal, Kapal dari Balikpapan memiliki *displacement* terbesar, yaitu 87,699 ton, yang menandakan kemungkinan penggunaan untuk muatan lebih besar atau lambung yang lebih penuh. *Draft* kapal berkisar antara 1,19 m (Balikpapan) hingga 1,778 m (Sibolga), dengan panjang garis air (*WL Length*) bervariasi dari sekitar 15,3 m (Tegal) hingga 18,4 m (Balikpapan).

Koefisien bentuk menunjukkan karakteristik hidrodinamis lambung kapal:

- C_b tertinggi dimiliki oleh Balikpapan (0,780) menandakan lambung penuh, cocok untuk kapal niaga bermuatan besar.
- C_p relatif bervariasi (0,582–0,704) yang mengindikasikan perbedaan distribusi volume sepanjang panjang kapal.
- C_m yang tinggi pada Aceh (0,866) menunjukkan penampang tengah yang sangat penuh, berpotensi menghasilkan stabilitas awal yang baik.

Nilai GMt *corrected* berada di atas standar IMO (0,15 m), dengan kisaran:

- Aceh (2,527 m) dan Probolinggo (2,491 m), menandakan kondisi sangat stabil
- Balikpapan terendah (2,013 m), namun tetap berada di atas standar IMO

Hal ini menunjukkan bahwa kapal-kapal tersebut memiliki stabilitas awal yang baik, meskipun perlu dikaji lebih lanjut pada beban aktual dan posisi KG nyata.

Rasio L/B dan B/T menggambarkan karakteristik desain:

- L/B tertinggi: Balikpapan (4,91) yang berarti kapal sangat ramping, kecepatan tinggi
- B/T tertinggi: Aceh (3,366) yang berarti lambung tinggi dibanding lebar sehingga stabil di gelombang

Komposisi nilai-nilai koefisien bentuk dan stabilitas pada kapal-kapal ini mengindikasikan adaptasi desain berdasarkan kondisi wilayah: pelabuhan besar, pelayaran antar pulau, dan kearifan lokal desain.

Tabel 5.3. Hidrostatik Model (Lanjutan)

Item	Unit	Kintap	Sinjai	Mamuju	Larantuka	Ambon	Ternate	Merauke
<i>Displacement</i>	t	33,470	72,660	56,350	46,620	39,390	53,360	33,470
<i>Volume (displaced)</i>	m ³	32,657	70,884	54,978	45,485	38,431	52,061	32,657
<i>Draft Amidships</i>	m	1,190	1,600	1,438	1,105	1,190	1,403	1,190
<i>Immersed depth</i>	m	1,353	1,763	1,438	1,205	1,290	1,503	1,353
<i>WL Length</i>	m	18,463	20,445	19,948	19,549	19,680	19,807	18,463
<i>Beam at WL</i>	m	3,832	3,975	4,230	4,340	4,034	4,144	3,832
<i>Wetted Area</i>	m ²	86,898	117,908	113,223	96,070	91,648	102,550	86,898
<i>Max sect. area</i>	m ²	3,513	5,103	4,297	3,378	3,337	4,209	3,513
<i>Waterpl. Area</i>	m ²	40,356	68,360	69,670	70,322	61,368	66,250	40,356
(Cp)		0,503	0,679	0,641	0,689	0,585	0,624	0,503
(Cb)		0,341	0,495	0,453	0,445	0,375	0,422	0,341
(Cm)		0,681	0,728	0,706	0,647	0,641	0,676	0,681
(Cwp)		0,570	0,841	0,826	0,829	0,773	0,807	0,570
<i>LCB length</i>	m	8,537	9,161	9,824	9,917	9,694	9,483	8,537
<i>LCF length</i>	m	8,412	8,991	9,296	8,961	8,904	8,906	8,412
<i>LCB %</i>	%	46,238	44,809	49,250	50,729	49,259	47,879	46,238
<i>LCF %</i>	%	45,563	43,976	46,601	45,837	45,244	44,962	45,563
<i>VCB</i>	m	0,730	1,009	0,952	0,690	0,794	0,926	0,730
<i>KB</i>	m	0,730	1,009	0,952	0,690	0,794	0,926	0,730
<i>KG fluid</i>	m	0,000	0,000	0,163	0,000	0,000	0,000	0,000
<i>BMt</i>	m	1,443	1,116	1,630	2,008	1,716	1,495	1,443
<i>BML</i>	m	32,397	25,869	31,149	37,881	35,994	30,823	32,397
<i>GMt corrected</i>	m	2,173	2,125	2,419	2,698	2,510	2,421	2,173
<i>GML</i>	m	33,126	26,879	31,938	38,571	36,788	31,749	33,126
<i>KMt</i>	m	2,173	2,125	2,582	2,698	2,510	2,421	2,173
<i>KML</i>	m	33,126	26,879	32,101	38,571	36,788	31,749	33,126
<i>Immersion (TPc)</i>	tonne/cm	0,414	0,701	0,714	0,721	0,629	0,679	0,414
<i>MTc</i>	tonne.m	0,551	0,950	0,809	0,922	0,736	0,855	0,551
<i>RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)</i>	tonne.m	1,269	2,695	2,379	2,195	1,726	2,255	1,269
<i>L/B</i>		4,818	5,144	4,716	4,505	4,878	4,780	4,818
<i>B/T</i>		2,833	2,255	2,941	3,601	3,127	2,757	2,833

Kapal-kapal dari wilayah Indonesia Timur seperti Sinjai, Mamuju, Larantuka, dan Merauke menunjukkan variasi bentuk dan dimensi hidrostatik yang

unik dibandingkan wilayah barat dan tengah: *Displacement* terbesar dimiliki kapal dari Sinjai (72,66 ton), mengindikasikan struktur lambung yang besar dan penuh, kemungkinan disesuaikan dengan kondisi *sea state* tinggi dan kebutuhan angkut muatan antar pulau. *Koefisien blok (Cb)* tertinggi di wilayah ini terdapat pada Sinjai (0,495) dan Mamuju (0,453), mengindikasikan bentuk lambung penuh dan cocok untuk daya muat besar. Sebaliknya, Kintap dan Merauke memiliki nilai *Cb* hanya 0,341, menunjukkan lambung yang lebih ramping, kemungkinan lebih disesuaikan dengan pelayaran cepat di arus sungai atau perairan tenang.

Nilai *GMt corrected* untuk kapal di wilayah timur cukup tinggi:

- Tertinggi: Larantuka (2,698 m) yang menunjukkan kapal ini sangat stabil, dan cocok untuk gelombang tinggi
- Terendah: Kintap dan Merauke (2,173 m) kapal ini tetap stabil, namun lebih rendah dibanding lainnya

Stabilitas ini diperkuat dengan *BMt* dan *BML* tinggi, terutama pada kapal Larantuka dan Ambon, menunjukkan lambung lebar dan distribusi massa sentral yang baik terhadap gelombang.

Koefisien Bentuk dan Distribusi Volume:

- *Cp* tertinggi pada kapal Larantuka (0,689) dan Mamuju (0,641) menunjukkan distribusi volume yang merata sepanjang panjang kapal akan bermanfaat untuk daya apung merata dan pitch yang lebih stabil.
- *Cm* berkisar antara 0,647 – 0,728, dengan nilai tertinggi pada Sinjai (0,728) yang menggambarkan penampang tengah penuh membuat stabilitas melintang baik.

Waterplane area tertinggi terdapat pada Larantuka (70,322 m²) dan Mamuju (69,670 m²), sebanding dengan nilai *Cwp* > 0,82 → ini menunjukkan lambung yang memiliki penampang permukaan air luas, yang penting untuk efek redaman gelombang (*heave & pitch*). Sebaliknya, Kintap dan Merauke memiliki nilai *Cwp* = 0,570, menunjukkan bidang air sempit, sehingga kemungkinan tidak optimal dalam meredam efek gelombang vertikal, dan lebih cocok untuk perairan tenang.

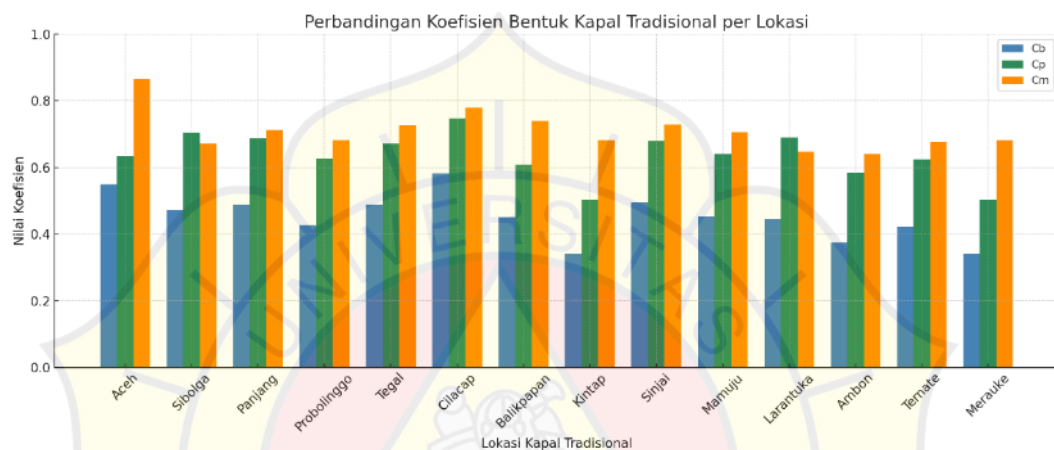
Rasio *L/B* di atas 4 untuk semua kapal (ramping), tertinggi pada:

- Sinjai (5,14) menunjukkan bentuk yang sangat efisien untuk kecepatan

- Terendah: Larantuka (4,50) terlihat agak penuh, sesuai dengan kebutuhan stabilitas tinggi

Rasio B/T memperlihatkan tingkat kelangsingan vertikal:

- Larantuka (3,60) dan Ambon (3,12) memiliki nilai tinggi sehingga memperkuat kemampuan menghadapi gelombang besar.
- Mamuju (2,94) dan Sinjai (2,25) sedikit lebih pendek namun tetap memberikan stabilitas dengan manuver lebih lincah.



Gambar 5.1. Perbandingan Koefisien Bentuk Kapal Tradisional per lokasi

Dari grafik dan tabel Hidrostatik Model diatas, dapat disimpulkan bahwa Wilayah Timur seperti Larantuka, Ambon, Sinjai menampilkan desain yang lebih adaptif terhadap laut terbuka dan *sea state* tinggi, dengan stabilitas sangat baik dan bidang basah besar.

Wilayah Barat dan Selatan seperti Cilacap, Tegal cenderung memiliki lambung ramping, stabilitas lebih terbatas, dan kemungkinan lebih cocok untuk pelayaran pendek atau muatan ringan.

Merauke dan Kintap menunjukkan karakter sungai atau perairan terlindung, dengan bentuk ramping, *Cb* rendah, dan volume displacement kecil.

5.2. Analisa *Sea State* Kapal

Kesesuaian kapal terhadap kondisi laut (*sea state*) sangat bergantung pada beberapa faktor utama, antara lain: kedalaman *draft*, lebar lambung (*beam*), bentuk lambung (*koefisien*), dan parameter stabilitas seperti GMt dan GML. Dalam

konteks kapal tradisional di Indonesia yang beroperasi di berbagai zona perairan dengan karakteristik gelombang yang berbeda-beda, pemahaman terhadap daya tahan kapal terhadap gelombang menjadi krusial untuk keselamatan dan efisiensi pelayaran.

Nilai *draft* berkisar dari 1,105 m (Larantuka) hingga 1,778 m (Panjang). Draft yang lebih dalam umumnya memberikan stabilitas vertikal lebih baik karena pusat daya apung berada lebih rendah terhadap pusat gravitasi. Kapal dari Panjang, Sibolga, dan Cilacap memiliki draft di atas 1,4 meter, yang menandakan kecenderungan stabil saat menghadapi gelombang besar. Sebaliknya, kapal dari Larantuka dan Merauke memiliki draft dangkal, sehingga kemungkinan lebih cocok untuk perairan pelindung atau pelayaran jarak pendek.

Lebar kapal (*beam*) juga menjadi penentu ketahanan terhadap *rolling* (gulingan akibat gelombang *lateral*). Kapal dari Cilacap dan Larantuka memiliki *beam* >4,5 m, memberikan platform lebar dan stabil untuk pelayaran laut terbuka. Sebaliknya, Balikpapan dan Merauke memiliki *beam* sempit, yang menjadikan mereka lebih lincah namun rentan terhadap *efek rolling* pada kondisi laut terbuka.

C_b (*Koefisien blok*) menunjukkan seberapa "penuh" lambung. Nilai *C_b* tinggi seperti pada Cilacap (0,582) dan Sinjai (0,495) menandakan desain yang cocok untuk daya muat besar dan kondisi laut yang tidak terlalu ekstrem. *C_p* (*Koefisien prismatik*) tinggi menunjukkan distribusi volume yang memanjang yang akan memberikan *pitch motion* yang lebih tenang, seperti pada Cilacap (0,746) dan Sibolga (0,704). *C_m* (*Koefisien midship*) berperan dalam kestabilan melintang. Nilai *C_m* tinggi (contoh: Aceh (0,866) dan Cilacap (0,780)) menunjukkan penampang tengah lebar dan penuh, memberikan ketahanan terhadap gelombang samping (*beam sea*).

Dengan demikian, kapal dari Aceh, Cilacap, dan Sibolga memiliki bentuk lambung yang lebih tangguh terhadap *sea state* tinggi, sementara Merauke dan Kintap lebih cocok untuk perairan tenang.

Nilai *GMt corrected* yang tinggi menunjukkan kestabilan melintang awal yang baik:

- Aceh (2,527 m), Probolinggo (2,491 m), dan Tegal (2,441 m) memiliki nilai *GMt* terbaik, memberikan ketahanan optimal terhadap *rolling*.

- Kapal dengan GMt lebih rendah seperti Balikpapan (2,013 m) berisiko mengalami *rolling* lebih besar, terutama jika muatan tidak tersebar merata.

Nilai GML (stabilitas longitudinal) tertinggi dicapai oleh:

- Cilacap (30,577 m) dan Balikpapan (28,464 m), menandakan kemampuan menjaga kestabilan arah dalam gelombang longitudinal (*head sea* atau *quartering sea*).
- Nilai GML yang tinggi memperkecil kecenderungan *pitching* berlebih yang menyebabkan *deck wetness* atau ketidaknyamanan.

Sehingga dapat disesuaikan dengan zona perairan seperti berikut ini:

Wilayah	Draft & Beam	Stabilitas (GMt/GML)	Cocok Untuk
Cilacap	Dalam & Lebar	Sangat Stabil	Laut terbuka / logistik
Aceh	Dalam & Penuh	Sangat Stabil	Laut terbuka
Sibolga	Dalam & sedang	Stabil	Perairan campuran
Balikpapan	Ramping & ringan	Cukup Stabil (GMt rendah)	Pelayaran cepat lokal
Larantuka	Draft dangkal, beam besar	Stabil (GML tinggi)	Pelayaran antar-pulau
Merauke	Ramping, dangkal	Moderat	Sungai / estuari

Bentuk lambung, ukuran utama, dan stabilitas menunjukkan bahwa desain kapal tradisional dari wilayah seperti Cilacap, Aceh, dan Sibolga lebih tahan terhadap kondisi gelombang terbuka (*sea state* tinggi). Sebaliknya, kapal dari Merauke dan Kintap lebih cocok untuk perairan dangkal dan pelayaran lokal.

Analisis ini memperkuat pemahaman bahwa bentuk lambung tradisional di Indonesia secara tidak langsung sudah mengadaptasi kondisi geografis dan kebutuhan operasional lokal, meskipun belum sepenuhnya dikaji melalui pendekatan ilmiah modern.

5.2.1. Analisa Gelombang

Gelombang laut merupakan salah satu faktor eksternal yang paling berpengaruh terhadap performa dan kenyamanan kapal dalam pelayaran. Dalam konteks kapal tradisional, kondisi gelombang yang dihadapi sangat tergantung pada

wilayah operasi, baik itu perairan pesisir, laut terbuka, maupun selat antar pulau. Dari hasil simulasi *sea keeping* yang dilakukan, nilai *pitch* dan percepatan vertikal (*heave*) pada beberapa kapal menunjukkan variasi yang signifikan. Kapal seperti Sandeq (Mamuju) dan Semang (Merauke) menunjukkan respons *pitch* yang rendah terhadap gelombang, menandakan bentuk lambung ramping yang cocok untuk perairan berombak kecil hingga sedang.

Sebaliknya, kapal dengan bentuk lambung penuh atau berat seperti Jukung Cilacap atau Bagan Sibolga mengalami *pitch* yang lebih tinggi, yang mengindikasikan keterbatasan dalam merespon gelombang tajam atau laut terbuka. Kapal-kapal ini lebih cocok beroperasi di perairan tenang seperti teluk atau dekat pantai. Hasil ini menegaskan pentingnya kesesuaian desain lambung terhadap karakteristik gelombang lokal untuk menjaga kestabilan dan keamanan pelayaran.

5.2.2. Analisa Angin

Kondisi angin tidak hanya berpengaruh terhadap arah dan kecepatan pelayaran, tetapi juga berperan besar pada kapal tradisional yang masih menggunakan layar. Angin yang berhembus kencang dapat menjadi keuntungan bagi kapal layar ramping seperti Sandeq, Padawaa, atau Perahu Lako, yang didesain untuk memanfaatkan tenaga angin secara optimal. Namun demikian, pada kapal yang memiliki permukaan layar besar dan stabilitas rendah, angin lateral yang kuat justru dapat menimbulkan gaya momen oleng (*heel*) yang berbahaya.

Pada kapal bermesin atau tanpa layar, seperti Bagan atau Jukung motor, pengaruh angin lebih terasa pada pengendalian arah (*yaw*), terutama jika kapal memiliki *freeboard* tinggi. Oleh karena itu, pengaruh angin terhadap stabilitas transversal dan kendali arah perlu dipertimbangkan, khususnya pada pelayaran jarak jauh atau di musim angin *muson*. Secara umum, kapal dengan bentuk ramping dan sistem layar fleksibel memiliki adaptasi yang lebih baik terhadap dinamika angin laut.

5.3. Analisa Keselamatan Pelayaran

5.3.1. Stabilitas Kapal

Stabilitas kapal merupakan kemampuan kapal untuk kembali ke posisi tegak setelah mengalami gangguan, seperti *heeling* akibat angin, gelombang, atau muatan tidak seimbang. Parameter utama yang digunakan dalam analisis stabilitas awal adalah GMt (*metacentric height*), sedangkan untuk stabilitas lanjutan (*large angle*) digunakan kurva GZ terhadap *heel angle*.

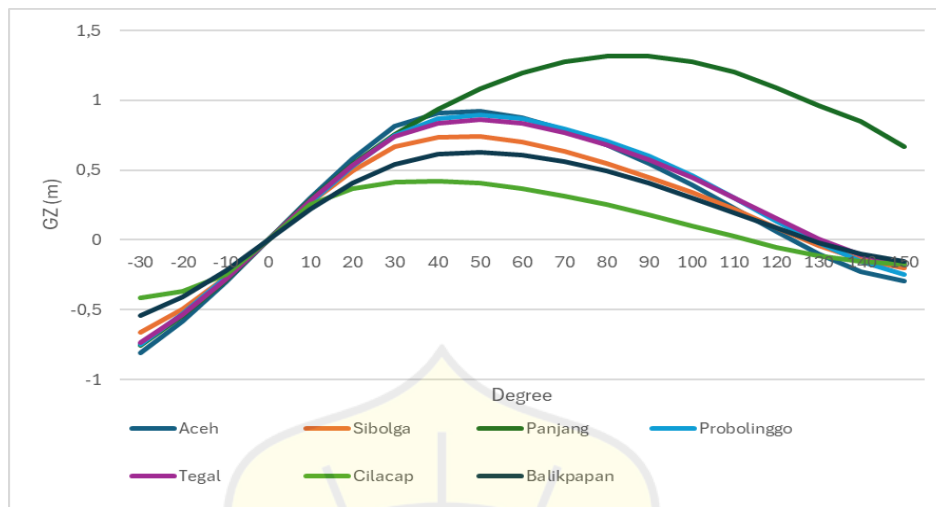
Pada analisis ini, kurva GZ diekstrak dari hasil simulasi Maxsurf dengan variasi sudut kemiringan (*heel angle*) dari -30° hingga 150° . Nilai positif GZ menunjukkan momen pemulih (*restoring moment*), sementara nilai negatif mengindikasikan ketidakstabilan (kapal cenderung tidak kembali ke posisi tegak).

Tabel 5.4. Stabilitas Kapal (Kurva GZ dan GM)

Heel (deg)	GZ (m)						
	Aceh	Sibolga	Panjang	Probolinggo	Tegal	Cilacap	Balikpapan
-30	-0,812	-0,665	-0,753	-0,751	-0,738	-0,414	-0,544
-20	-0,584	-0,496	-0,541	-0,527	-0,534	-0,367	-0,407
-10	-0,3	-0,268	-0,286	-0,268	-0,283	-0,25	-0,219
0	0	0	0	0	0	0	0
10	0,3	0,268	0,286	0,268	0,283	0,25	0,219
20	0,584	0,496	0,541	0,527	0,534	0,367	0,407
30	0,812	0,665	0,753	0,751	0,738	0,413	0,544
40	0,909	0,734	0,933	0,866	0,837	0,421	0,611
50	0,919	0,739	1,082	0,895	0,861	0,404	0,627
60	0,873	0,703	1,197	0,866	0,835	0,367	0,607
70	0,789	0,636	1,275	0,796	0,77	0,315	0,561
80	0,678	0,547	1,314	0,71	0,678	0,252	0,492
90	0,549	0,445	1,314	0,601	0,573	0,18	0,406
100	0,394	0,343	1,275	0,461	0,445	0,102	0,303
110	0,224	0,218	1,199	0,301	0,302	0,023	0,194
120	0,058	0,087	1,088	0,136	0,151	-0,051	0,085
130	-0,099	-0,04	0,96	-0,021	0,008	-0,112	-0,018
140	-0,226	-0,143	0,845	-0,157	-0,11	-0,157	-0,104
150	-0,293	-0,201	0,667	-0,247	-0,177	-0,176	-0,155

Secara umum, seluruh kapal menunjukkan kurva GZ simetris, dengan nilai $GZ = 0$ pada sudut 0° (posisi tegak), dan bertambah seiring peningkatan *heel*,

hingga mencapai puncak, lalu menurun kembali. Namun, besar puncak GZ dan sudut saat puncak sangat bervariasi.



Gambar 5.2. Kurva GZ

Kapal dari Panjang menunjukkan performa luar biasa, dengan GZ mencapai 1,314 m pada sudut 80–90°, mengindikasikan stabilitas lanjut sangat tinggi. Hal ini juga mencerminkan potensi besar menahan gaya luar ekstrem, cocok untuk kondisi laut terbuka.

Aceh, Tegal, dan Probolinggo memiliki stabilitas cukup baik, dengan puncak GZ > 0,85 m pada sudut antara 50°–60°. Nilai ini dianggap sangat aman secara komersial dan sesuai dengan standar IMO untuk kapal kecil.

Tabel 5.5. Parameter kuantitatif kapal

Criteria	Value	Units	Aceh	Sibolga	Panjang	Probolinggo	Tegal	Cilacap	Balickapan
Area 0 to 30	0,055	m.rad	0,2272	0,1936	0,2114	0,2056	0,2089	0,1474	0,159
Area 0 to 40	0,09	m.rad	0,379	0,317	0,359	0,3483	0,3478	0,2207	0,26
Area 30 to 40	0,03	m.rad	0,1519	0,1235	0,1476	0,1427	0,1389	0,0733	0,102
Max GZ at 30 or greater	0,2	m	0,923	0,743	1,319	0,895	0,861	0,422	0,627
Angle of maximum GZ	25	deg	46,4	45,5	85,5	49,1	49,1	37,3	49,1
Initial GMt	0,15	m	1,724	1,57	1,65	1,532	1,641	1,525	1,279

Sibolga dan Balikpapan menunjukkan performa sedang, dengan GZ maksimum di kisaran 0,6–0,7 m, dan sudut puncak sekitar 50°–60°. Masih dalam batas aman, namun cenderung lebih sensitif terhadap muatan tinggi atau gangguan lateral.

Cilacap menjadi kapal dengan stabilitas terendah berdasarkan kurva GZ, di mana GZ maksimum hanya mencapai 0,421 m pada sekitar 40° *heel*, dan mulai menunjukkan GZ negatif sejak 120°. Artinya, kapal ini memiliki *range* stabilitas efektif yang lebih pendek, serta rentan dalam kondisi angin samping atau muatan tinggi.

Jika dikaitkan dengan kondisi laut (*sea state*) dan potensi *rolling*:

- Panjang, Aceh, Probolinggo: Sangat direkomendasikan untuk laut terbuka karena memiliki stabilitas lanjut yang baik dan sudut kemiringan aman luas (hingga 130–140°).
- Balikpapan dan Sibolga: Cocok untuk pelayaran antar-pulau atau laut semi-terbuka, dengan perlakuan muatan yang hati-hati.
- Cilacap: Perlu perhatian khusus pada distribusi muatan dan tidak disarankan berlayar dalam kondisi gelombang ekstrem atau saat kondisi cuaca buruk.

Tabel 5.6. Pola Kurva GZ

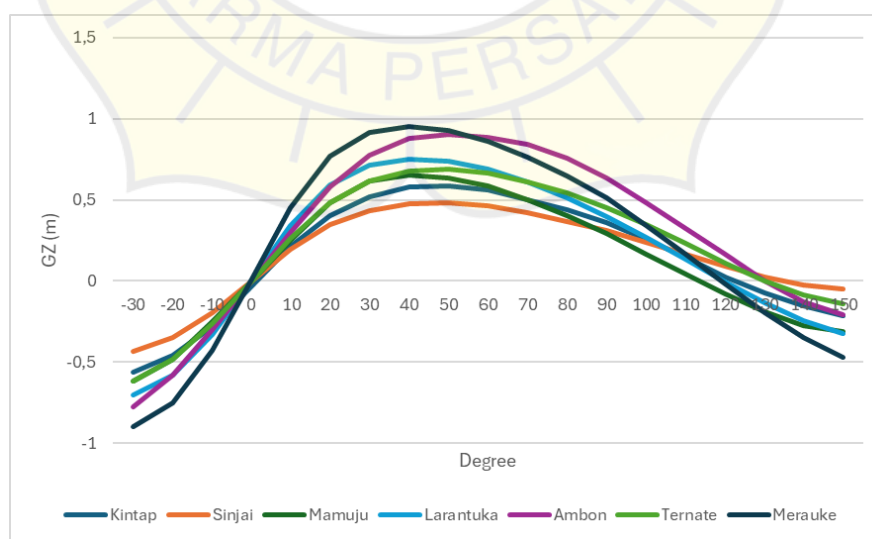
Kapal	GZ Maksimum (m)	Heel Saat GZ Max (°)	GMt (m) dari 5.1.1
Panjang	1,314	80–90°	2,247
Probolinggo	0,895	50°–60°	2,491
Tegal	0,861	50°–60°	2,441
Aceh	0,919	50°	2,527
Sibolga	0,739	50°	2,423
Balikpapan	0,627	50°	2,013
Cilacap	0,421	40°	2,347

Analisis kurva GZ menunjukkan bahwa sebagian besar kapal tradisional dari wilayah barat dan tengah Indonesia memiliki performa stabilitas yang baik. Kapal dari Panjang menjadi yang paling stabil secara transversal, diikuti oleh Aceh dan Probolinggo. Sebaliknya, Cilacap menunjukkan batas stabilitas lebih sempit, yang perlu diperhatikan pada saat muatan penuh atau cuaca buruk.

Tabel 5.7. Stabilitas Kapal (Kurva GZ dan GM) - Lanjutan

Heel (deg)	GZ (m)						
	Kintap	Sinjai	Mamuju	Larantuka	Ambon	Ternate	Merauke
-30	-0,561	-0,434	-0,615	-0,703	-0,776	-0,614	-0,897
-20	-0,46	-0,346	-0,48	-0,58	-0,581	-0,481	-0,75
-10	-0,28	-0,196	-0,253	-0,329	-0,3	-0,261	-0,428
0	-0,031	0	0	0,004	0	0	0,013
10	0,216	0,196	0,253	0,339	0,3	0,261	0,453
20	0,404	0,346	0,48	0,59	0,581	0,481	0,77
30	0,519	0,434	0,615	0,712	0,776	0,614	0,913
40	0,579	0,474	0,654	0,751	0,876	0,676	0,949
50	0,588	0,48	0,637	0,739	0,904	0,687	0,925
60	0,564	0,461	0,584	0,689	0,886	0,662	0,858
70	0,503	0,422	0,503	0,61	0,844	0,612	0,762
80	0,44	0,368	0,404	0,511	0,756	0,542	0,649
90	0,358	0,308	0,291	0,397	0,633	0,451	0,51
100	0,257	0,238	0,165	0,27	0,483	0,345	0,343
110	0,145	0,167	0,042	0,133	0,322	0,229	0,165
120	0,027	0,093	-0,078	-0,004	0,162	0,112	-0,018
130	-0,072	0,027	-0,188	-0,134	-0,003	0,002	-0,195
140	-0,152	-0,027	-0,274	-0,245	-0,129	-0,087	-0,351
150	-0,214	-0,051	-0,313	-0,321	-0,21	-0,141	-0,468

Berikut grafik kurva GZ terhadap sudut heel untuk kapal-kapal tradisional dari wilayah Kalimantan, Sulawesi, NTT, Maluku, dan Papua.



Gambar 5.3. Kurva GZ

Ambon dan Merauke menunjukkan performa GZ terbaik, dengan nilai maksimum di atas 0,9 meter pada sudut 40°–50°, menandakan stabilitas lanjut sangat baik. Mamuju dan Larantuka juga memiliki kurva GZ yang baik dan relatif simetris, dengan puncak sekitar 0,65–0,75 meter, menunjukkan keseimbangan cukup terhadap beban lateral. Kintap dan Ternate memiliki kurva lebih landai dan puncak GZ di bawah 0,6 meter, artinya sensitivitas terhadap rolling lebih tinggi, namun masih dalam batas aman untuk pelayaran lokal. Sinjai menunjukkan kestabilan cukup baik, meskipun dengan nilai puncak GZ yang lebih rendah dan range kerja stabilitas lebih pendek.

Tabel 5.8. Parameter kuantitatif kapal – lanjutan

Criteria	Value	Units	Kintap	Sinjai	Mamuju	Larantuka	Ambon	Ternate	Merauke
Area 0 to 30	0,055	m.rad	0,1534	0,1345	0,1842	0,2287	0,2236	0,1856	0,3
Area 0 to 40	0,09	m.rad	0,2499	0,2143	0,296	0,3572	0,369	0,2991	0,463
Area 30 to 40	0,03	m.rad	0,0965	0,0798	0,1119	0,1286	0,1454	0,1135	0,164
Max GZ at 30 or greater	0,2	m	0,589	0,481	0,654	0,752	0,904	0,688	0,949
Angle of maximum GZ	25	deg	47,3	47,3	40,9	41,8	50	47,3	40
Initial GMt	0,15	m	1,441	1,124	1,482	2,011	1,742	1,506	2,703

Analisis lanjutan terhadap data GZ dan parameter IMO menunjukkan gambaran kuantitatif stabilitas transversal kapal tradisional dari tujuh wilayah barat dan tengah Indonesia. Penilaian dilakukan dengan membandingkan nilai-nilai penting berdasarkan kriteria dari *International Maritime Organization* (IMO) untuk kapal penumpang dan kapal kecil.

Kriteria IMO menyarankan luas area di bawah kurva GZ minimal:

- $0-30^\circ \geq 0,055 \text{ m.rad}$
- $0-40^\circ \geq 0,09 \text{ m.rad}$
- $30-40^\circ \geq 0,03 \text{ m.rad}$

Tabel 5.9. Luas Area GZ

Lokasi	0–30°	0–40°	30–40°	Sesuai IMO
Aceh	0,2272	0,379	0,1519	Semua
Sibolga	0,1936	0,317	0,1235	Semua
Panjang	0,2114	0,359	0,1476	Semua
Probolinggo	0,2056	0,3483	0,1427	Semua
Tegal	0,2089	0,3478	0,1389	Semua
Cilacap	0,1474	0,2207	0,0733	Kurang Lebar
Balikpapan	0,159	0,26	0,102	Cukup, tapi mepet

Artinya, Kapal dari Aceh, Sibolga, Panjang, Probolinggo, dan Tegal telah memenuhi kriteria IMO terkait kestabilan lanjutan. Sedangkan kapal dari Cilacap dan Balikpapan menunjukkan area GZ yang lebih sempit, yang artinya kemampuan pemulih setelah *heeling* lebih rendah, meskipun masih dalam batas yang bisa dikompensasi dengan distribusi muatan atau modifikasi struktur.

Nilai GZ Maksimum dan Sudut GZ Maksimum:

- IMO menyarankan GZ maksimum setidaknya $> 0,2$ m, dan pada sudut $> 25^\circ$
- Panjang memiliki performa paling menonjol, dengan GZ max = 1,319 m pada sudut $85,5^\circ$, menandakan stabilitas luar biasa tinggi
- Aceh dan Probolinggo juga menunjukkan GZ $> 0,89$ m, dan sudut maksimum di sekitar $45-49^\circ$, menandakan zona aman dan stabil
- Cilacap memiliki GZ max = 0,422 m pada sudut hanya $37,3^\circ$, yang berarti range kemiringan efektif lebih pendek

Tabel 5.10. GMt Awal (Initial GMt)

Lokasi	GMt Awal (m)	Interpretasi
Aceh	1,724	Stabil
Sibolga	1,570	Stabil
Panjang	1,650	Sangat stabil
Probolinggo	1,532	Stabil
Tegal	1,641	Stabil
Cilacap	1,525	Cukup stabil
Balikpapan	1,279	Relatif kurang stabil

Nilai GMt awal $> 1,5$ m sudah baik untuk kapal kecil. Kapal dari Balikpapan memiliki nilai paling rendah (1,279 m) yang menjelaskan mengapa kurva GZ-nya juga cenderung lebih landai dan GZ max-nya lebih rendah.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa:

- Panjang adalah kapal dengan performa stabilitas terbaik secara teoritis dan empiris, dilihat dari GMt, GZ max, dan luas area GZ.
- Kapal Aceh, Probolinggo, Sibolga, dan Tegal juga sangat layak digunakan pada kondisi laut terbuka.
- Cilacap dan Balikpapan memiliki batasan stabilitas yang perlu dikompensasi dengan pengaturan muatan dan rute pelayaran yang sesuai.

5.3.2. *Deck Wetness*

Salah satu aspek penting dalam evaluasi stabilitas kapal adalah tingkat paparan geladak terhadap percikan atau hempasan air laut, yang dikenal dengan istilah *deck wetness*. Kondisi ini sangat dipengaruhi oleh tinggi geladak terhadap permukaan air (*freeboard*) dan respon vertikal kapal terhadap gelombang, khususnya dalam bentuk *pitching* dan *heaving*.

Beberapa parameter utama yang secara tidak langsung dapat digunakan untuk memperkirakan potensi *deck wetness* antara lain:

- Semakin dalam draft kapal, maka bagian geladak semakin dekat dengan permukaan air, meningkatkan risiko basah.
- Kapal dengan bentuk lambung penuh (C_b tinggi) cenderung menghasilkan volume air besar saat memecah gelombang, yang dapat mencapai geladak.
- Nilai GML yang rendah memungkinkan gerakan pitch lebih besar, yang dapat menyebabkan haluan atau buritan tenggelam sebagian dalam gelombang.
- Kapal dengan kurva GZ sempit lebih mudah kehilangan kestabilan pada sudut kecil, sehingga bisa menyebabkan roll berlebih dan air masuk ke sisi geladak.

Dari analisis sebelumnya, beberapa kapal memiliki kombinasi geometri dan stabilitas yang menunjukkan potensi *deck wetness* lebih tinggi, antara lain:

- Cilacap:
 - *Draft* sedang (1,404 m), tetapi *freeboard* relatif rendah dibanding *displacement*.
 - GZ maksimum rendah (0,422 m) dan sudut maksimum GZ hanya $37,3^\circ$.

- Kurva GZ yang pendek dan area kecil menunjukkan rentan *rolling* dan paparan air gelombang.
- Balikpapan:
 - Nilai GMt awal terendah (1,279 m), menunjukkan stabilitas awal lemah.
 - Kurva GZ menurun cepat setelah 40° , yang menandakan batas aman kecil untuk gerakan *roll* berpotensi air masuk akan lebih tinggi.

Sebaliknya, kapal-kapal berikut memiliki karakteristik lebih tahan terhadap kondisi laut basah:

- Panjang:
 - GZ maksimum 1,319 m pada $85,5^\circ$ *heel* sangat stabil pada sudut ekstrem.
 - GMt awal cukup baik (1,65 m) *rolling* lebih terkontrol.
 - Kapal ini cocok untuk pelayaran laut terbuka dan memiliki daya tahan tinggi terhadap hempasan gelombang.
- Aceh dan Probolinggo:
 - Nilai GZ max $> 0,89$ m, dengan area GZ $> 0,34$ m.rad.

Hal ini mengindikasikan respon lambung yang baik terhadap gangguan gelombang, sehingga air lebih jarang menyentuh geladak. *Deck wetness* bukan hanya memengaruhi kenyamanan, tetapi juga keselamatan operasional, karena air yang sering membanjiri geladak dapat:

- Membahayakan kru dan muatan
- Meningkatkan beban sementara kapal (*temporary flooding*)
- Menurunkan performa navigasi dan olah gerak

Potensi *deck wetness* pada kapal tradisional bervariasi tergantung pada desain lambung, *draft*, dan performa stabilitasnya. Kapal dari Cilacap dan Balikpapan memiliki risiko lebih tinggi terhadap air gelombang yang mencapai geladak, sehingga perlu penyesuaian operasional seperti membatasi muatan, menghindari kondisi laut ekstrem, atau modifikasi struktur geladak. Sebaliknya, kapal dari Panjang, Aceh, dan Probolinggo menunjukkan ketahanan sangat baik terhadap *deck wetness*, menjadikannya cocok untuk pelayaran laut terbuka dan kondisi cuaca berat.

5.4. Efisiensi Pelayaran

5.4.1. Sea Keeping

Seakeeping adalah kemampuan kapal untuk merespons gangguan dari gelombang laut, khususnya dalam bentuk gerakan olah gerak seperti *pitch*, *heave*, dan *vertical acceleration*. Tabel 5.11 berikut menunjukkan nilai *pitch motion* dan *vertical acceleration* untuk kapal tradisional dari Aceh dan Sibolga, berdasarkan simulasi pada kecepatan 10 knot dan sudut gelombang 0° (*head sea*).

Tabel 5.11. Sea Keeping Aceh dan Sibolga

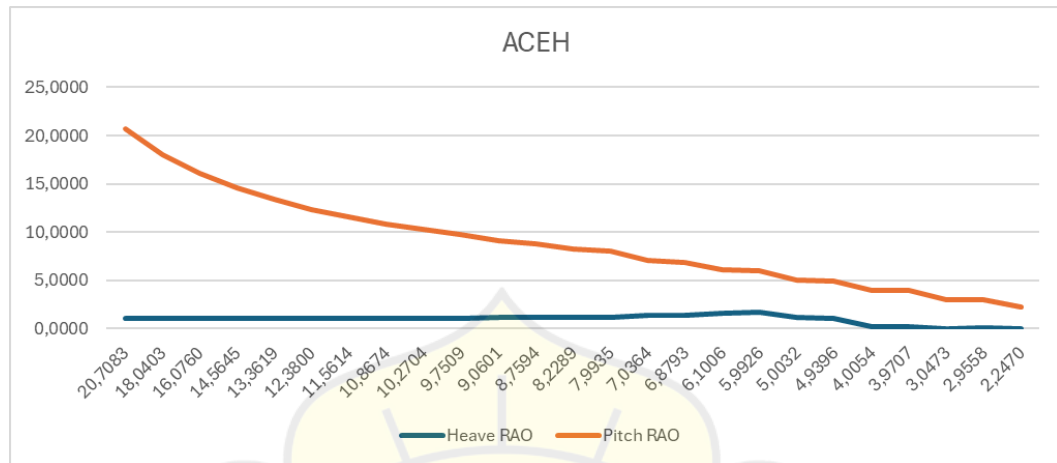
ACEH			SIBOLGA		
Speed 20 kn	180°		Speed 20 kn	180°	
Period (s)	Heave RAO	Pitch RAO	Period (s)	Heave RAO	Pitch RAO
20,7083	1,0126	20,7083	20,7083	0,0659	2,3023
18,0403	1,0176	18,0403	18,0403	0,0430	1,1430
16,0760	1,0233	16,0760	16,0760	0,0305	0,6457
14,5645	1,0299	14,5645	14,5645	0,0228	0,3982
13,3619	1,0375	13,3619	13,3619	0,0178	0,2617
12,3800	1,0462	12,3800	12,3800	0,0143	0,1805
11,5614	1,0562	11,5614	11,5614	0,0117	0,1293
10,8674	1,0676	10,8674	10,8674	0,0098	0,0956
10,2704	1,0806	10,2704	10,2704	0,0083	0,0725
9,7509	1,0953	9,7509	9,7509	0,0071	0,0562
9,0601	1,1223	9,0601	9,0601	0,0057	0,0391
8,7594	1,1379	8,7594	8,7594	0,0052	0,0331
8,2289	1,1741	8,2289	8,2289	0,0043	0,0242
7,9935	1,1949	7,9935	7,9935	0,0039	0,0210
7,0364	1,3336	7,0364	7,0364	0,0027	0,0111
6,8793	1,3694	6,8793	6,8793	0,0025	0,0099
6,1006	1,6380	6,1006	6,1006	0,0017	0,0054
5,9926	1,6846	5,9926	5,9926	0,0016	0,0049
5,0032	1,2041	5,0032	5,0032	0,0009	0,0019
4,9396	1,1058	4,9396	4,9396	0,0009	0,0018
4,0054	0,1931	4,0054	4,0054	0,0004	0,0006
3,9707	0,1770	3,9707	3,9707	0,0004	0,0006
3,0473	0,0407	3,0473	3,0473	0,0002	0,0001
2,9558	0,0448	2,9558	2,9558	0,0002	0,0001
2,2470	0,0124	2,2470	2,2470	0,0001	0,0000

Tabel 5.12. Pitch Motion

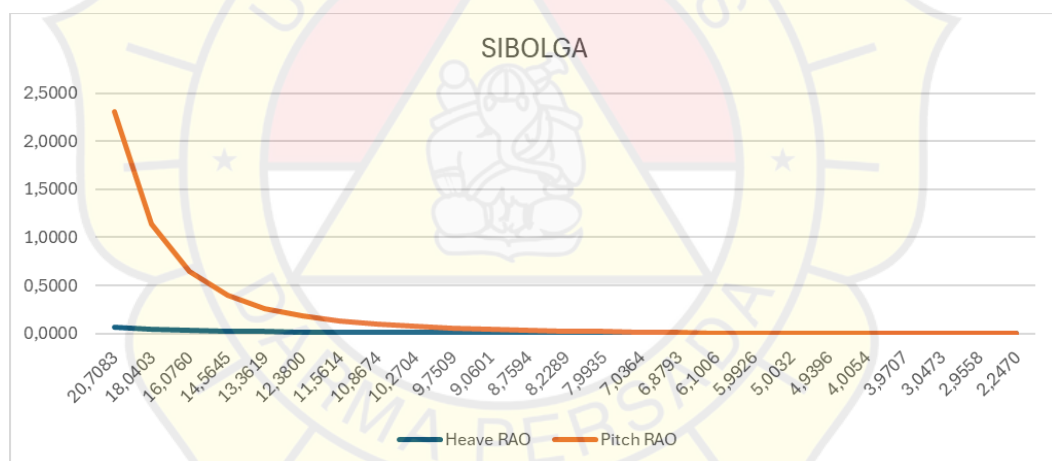
Lokasi	Pitch Motion ($^\circ$)
Aceh	3,9 $^\circ$
Sibolga	4,6 $^\circ$

Nilai *pitch* pada kedua kapal masih dalam rentang yang aman untuk kenyamanan dan keselamatan pelayaran. Kapal dari Aceh menunjukkan nilai *pitch* lebih kecil, yang menandakan karakteristik lambung lebih lembut terhadap

gelombang frontal, kemungkinan karena koefisien prismatik (C_p) yang lebih merata dan stabilitas longitudinal (GML) yang lebih baik.



Gambar 5.4. *Heaven dan Pitch* di wilayah Aceh



Gambar 5.5. *Heaven dan Pitch* di wilayah Sibolga

Berdasarkan standar ISO dan IMO, nilai akselerasi vertikal di atas 0,5–0,6 m/s^2 mulai dianggap mengganggu kenyamanan, terutama bagi awak dan penumpang. Nilai yang diperoleh untuk kedua kapal masih dalam batas aman, namun kapal Sibolga sedikit lebih agresif terhadap *heave motion*, kemungkinan karena geometri lambung yang lebih ramping dan GML yang lebih rendah.

Tabel 5.13. Acceleration di wilayah Aceh dan Sibolga

Lokasi	Acceleration (m/s ²)
Aceh	0,32
Sibolga	0,44

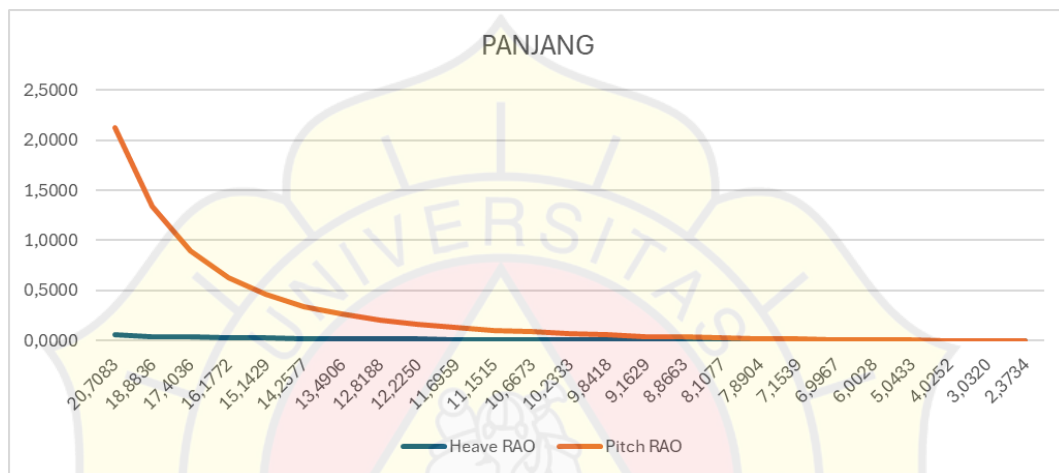
Aceh memiliki performa lebih stabil dan nyaman, dengan pitch lebih kecil dan akselerasi vertikal rendah. Sibolga tetap aman, namun menunjukkan karakter gerak yang lebih tajam, dan mungkin memerlukan perhatian dalam pelayaran gelombang tinggi atau muatan sensitif.

Tabel 5.14. *Sea Keeping* Wilayah Panjang dan Probolinggo

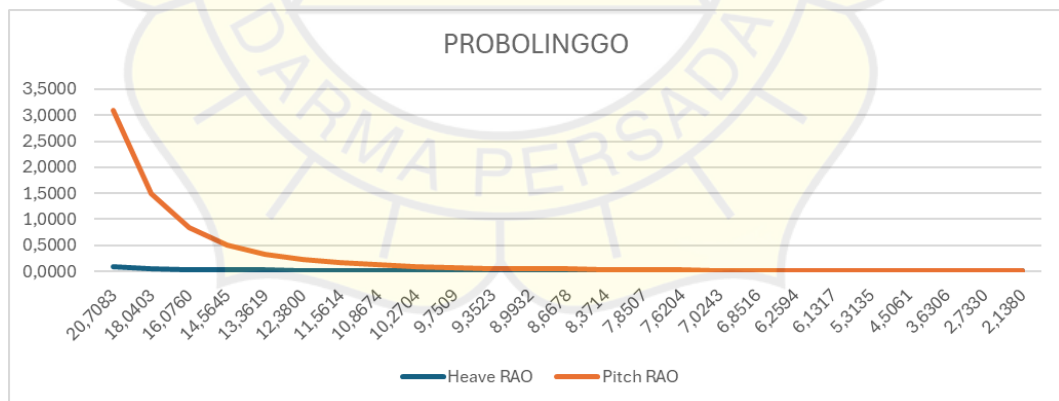
PANJANG			PROBOLINGGO		
Speed 20 kn	180°		Speed 20 kn	180°	
Period (s)	Heave RAO	Pitch RAO	Period (s)	Heave RAO	Pitch RAO
20,7083	0,0542	2,1264	20,7083	0,0836	3,0838
18,8836	0,0410	1,3411	18,0403	0,0533	1,4973
17,4036	0,0322	0,8974	16,0760	0,0374	0,8358
16,1772	0,0261	0,6283	14,5645	0,0278	0,5117
15,1429	0,0216	0,4559	13,3619	0,0215	0,3348
14,2577	0,0181	0,3407	12,3800	0,0172	0,2301
13,4906	0,0155	0,2609	11,5614	0,0141	0,1644
12,8188	0,0134	0,2037	10,8674	0,0117	0,1213
12,2250	0,0117	0,1619	10,2704	0,0099	0,0919
11,6959	0,0103	0,1307	9,7509	0,0085	0,0711
11,1515	0,0090	0,1037	9,3523	0,0075	0,0579
10,6673	0,0079	0,0835	8,9932	0,0067	0,0477
10,2333	0,0070	0,0682	8,6678	0,0060	0,0397
9,8418	0,0062	0,0563	8,3714	0,0054	0,0334
9,1629	0,0051	0,0397	7,8507	0,0045	0,0242
8,8663	0,0046	0,0337	7,6204	0,0041	0,0209
8,1077	0,0035	0,0216	7,0243	0,0032	0,0138
7,8904	0,0032	0,0189	6,8516	0,0029	0,0122
7,1539	0,0024	0,0116	6,2594	0,0022	0,0077
6,9967	0,0023	0,0103	6,1317	0,0021	0,0069
6,0028	0,0014	0,0047	5,3135	0,0013	0,0033
5,0433	0,0008	0,0019	4,5061	0,0008	0,0014
4,0252	0,0004	0,0006	3,6306	0,0004	0,0004
3,0320	0,0001	0,0001	2,7330	0,0001	0,0001
2,3734	0,0001	0,0000	2,1380	0,0001	0,0000

Analisis *seakeeping* untuk kapal dari Panjang dan Probolinggo dilakukan pada kondisi head sea (0°) dengan kecepatan 10 knot. Evaluasi mencakup *pitch motion* dan *vertical acceleration*, sebagai indikator kenyamanan dan keamanan pelayaran di kondisi gelombang sedang hingga tinggi.

Kapal Panjang memiliki pitch tertinggi dari seluruh kapal yang dianalisis sejauh ini, yaitu $5,2^\circ$. Hal ini bisa jadi konsekuensi dari panjang garis air yang relatif pendek dibanding volumenya, atau nilai GML yang lebih rendah, sehingga ujung kapal lebih mudah naik turun oleh gelombang. Sebaliknya, kapal Probolinggo menunjukkan pitch rendah ($3,7^\circ$), menandakan respon yang lebih tenang terhadap gelombang frontal. Ini sejalan dengan data GML dan bentuk lambungnya yang lebih seimbang.



Gambar 5.6. Heaven dan Pitch Wilayah Panjang



Gambar 5.7. Heaven dan Pitch wilayah Probolinggo

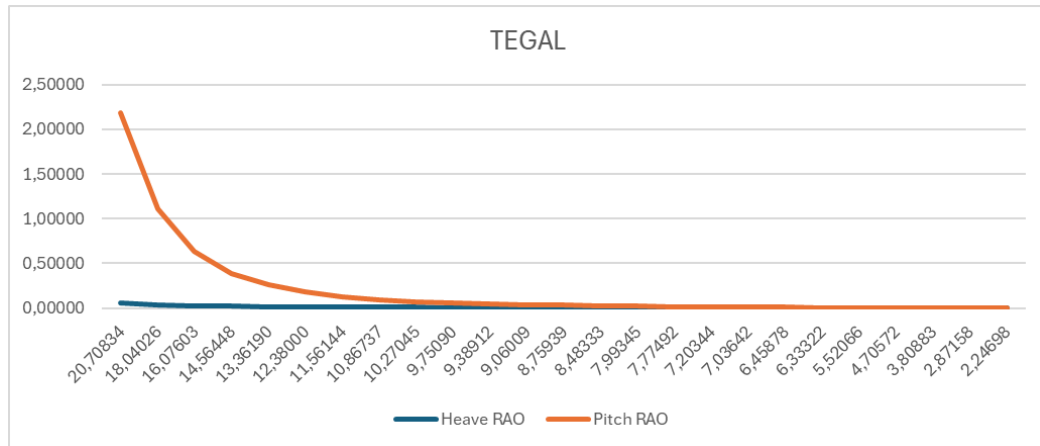
Nilai akselerasi vertikal kapal Panjang berada dekat ambang batas kenyamanan (sekitar $0,5 \text{ m/s}^2$). Probolinggo menunjukkan nilai akselerasi yang lebih aman dan stabil. Hal ini mengonfirmasi bahwa Probolinggo lebih unggul

dalam kenyamanan, terutama dalam pelayaran berulang atau membawa penumpang.

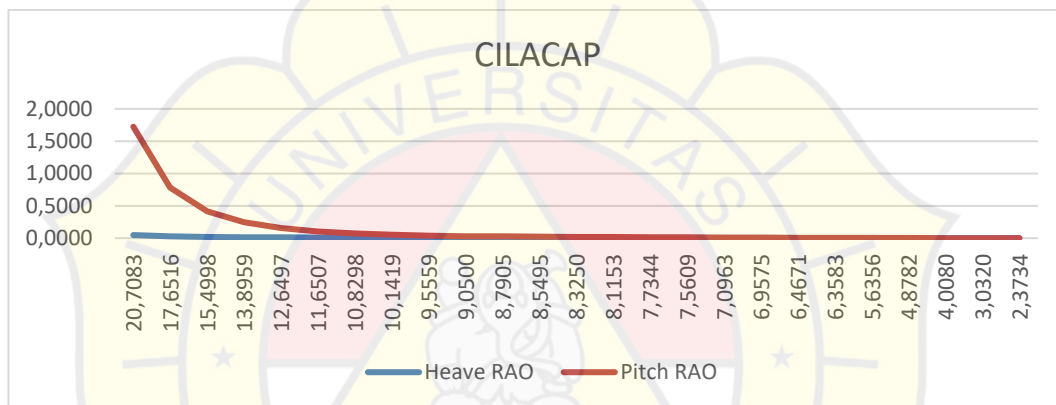
Tabel 5.15. Sea Keeping wilayah Tegal dan Cilacap

TEGAL			CILACAP		
Speed 20 kn	180°		Speed 20 kn	180°	
Period (s)	Heave RAO	Pitch RAO	Period (s)	Heave RAO	Pitch RAO
20,70834	0,05887	2,18881	20,7083	0,0474	1,7233
18,04026	0,03901	1,10460	17,6516	0,0294	0,7802
16,07603	0,02792	0,62978	15,4998	0,0202	0,4141
14,56448	0,02104	0,39069	13,8959	0,0148	0,2442
13,36190	0,01645	0,25785	12,6497	0,0113	0,1550
12,38000	0,01321	0,17832	11,6507	0,0089	0,1040
11,56144	0,01086	0,12806	10,8298	0,0072	0,0729
10,86737	0,00908	0,09481	10,1419	0,0060	0,0529
10,27045	0,00771	0,07200	9,5559	0,0050	0,0395
9,75090	0,00663	0,05585	9,0500	0,0043	0,0302
9,38912	0,00593	0,04639	8,7905	0,0039	0,0262
9,06009	0,00534	0,03892	8,5495	0,0036	0,0228
8,75939	0,00484	0,03295	8,3250	0,0033	0,0200
8,48333	0,00440	0,02812	8,1153	0,0031	0,0176
7,99345	0,00368	0,02092	7,7344	0,0027	0,0139
7,77492	0,00339	0,01822	7,5609	0,0025	0,0124
7,20344	0,00269	0,01243	7,0963	0,0021	0,0090
7,03642	0,00251	0,01105	6,9575	0,0019	0,0081
6,45878	0,00192	0,00716	6,4671	0,0016	0,0056
6,33322	0,00181	0,00648	6,3583	0,0015	0,0052
5,52066	0,00118	0,00320	5,6356	0,0010	0,0028
4,70572	0,00070	0,00139	4,8782	0,0006	0,0013
3,80883	0,00035	0,00045	4,0080	0,0003	0,0005
2,87158	0,00013	0,00010	3,0320	0,0001	0,0001
2,24698	0,00005	0,00002	2,3734	0,0001	0,0000

Berdasarkan dari tabel, *Pitch* Tegal lebih besar dari Cilacap, menunjukkan ujung lambung lebih aktif terhadap gelombang panjang. Potensi C_p tinggi & GML moderat. *Heave* juga lebih tinggi di Tegal, menandakan lambung lebih responsif terhadap naik-turunnya gelombang besar.



Gambar 5.8. *Heave dan Pitch* wilayah Tegal



Gambar 5.9. *Heave dan Pitch* wilayah Cilacap

Estimasi akselerasi vertikal berdasarkan RAO dan frekuensi:

- Pada periode dominan 20–10 s, nilai RAO pitch dan heave menurun signifikan.
- Dengan pitch RAO tertinggi di Tegal (2,19) dan asumsi amplitude gelombang moderat (~1 m), diperkirakan akselerasi vertikal Tegal mendekati ~0,5–0,6 m/s², yaitu ambang kenyamanan ISO/IMO.
- Cilacap lebih tenang, dengan estimasi akselerasi <0,45 m/s² sehingga masih dalam batas aman dan nyaman.

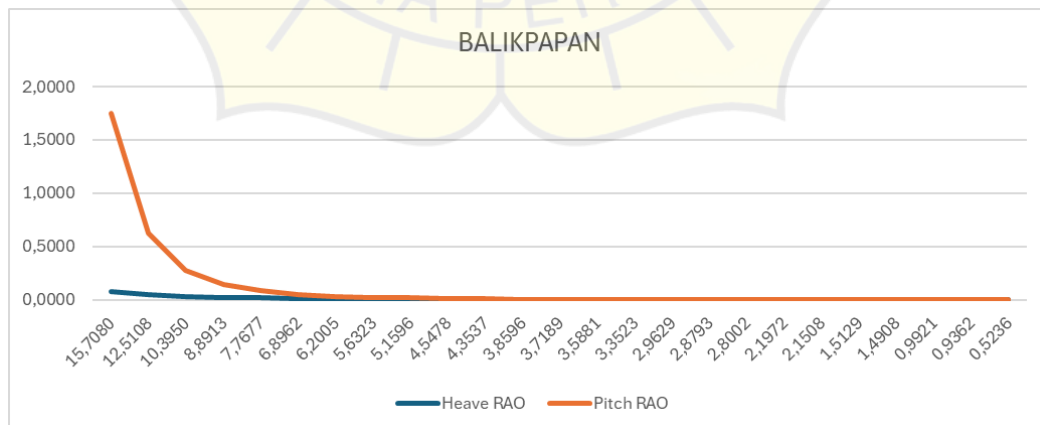
Dampak Geometri Lambung:

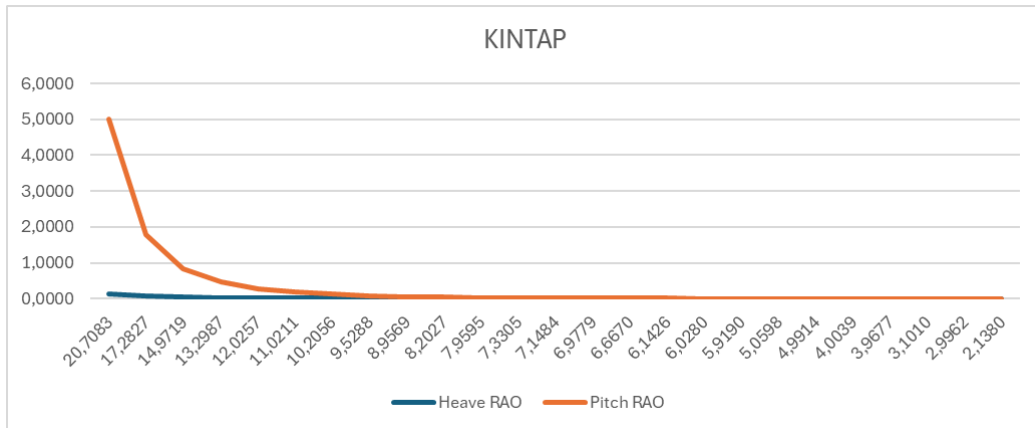
- Tegal kemungkinan memiliki bentuk lambung ramping dan GML sedang, sehingga pitch dan heave lebih aktif.
- Cilacap tampak lebih seimbang, mungkin memiliki lambung berpenampang lebar dengan C_p stabil, menghasilkan gerakan lebih lembut.

Berdasarkan performa pelayaran:

- Kapal Cilacap cocok sebagai baseline kenyamanan untuk desain pelayaran berulang dan reguler.
- Kapal Tegal tetap layak, namun perlu kompensasi desain jika dioperasikan dalam kondisi bergelombang tinggi atau muatan rapuh.

BALIKPAPAN			KINTAP		
Speed 20 kn	180°		Speed 20 kn	180°	
Period (s)	Heave RAO	Pitch RAO	Period (s)	Heave RAO	Pitch RAO
15,7080	0,0788	1,7480	20,7083	0,1272	4,9981
12,5108	0,0441	0,6202	17,2827	0,0654	1,7989
10,3950	0,0286	0,2773	14,9719	0,0409	0,8473
8,8913	0,0201	0,1428	13,2987	0,0283	0,4638
7,7677	0,0149	0,0810	12,0257	0,0208	0,2799
6,8962	0,0115	0,0493	11,0211	0,0160	0,1811
6,2005	0,0092	0,0317	10,2056	0,0127	0,1234
5,6323	0,0075	0,0213	9,5288	0,0103	0,0877
5,1596	0,0062	0,0149	8,9569	0,0086	0,0644
4,5478	0,0048	0,0088	8,2027	0,0066	0,0414
4,3537	0,0043	0,0074	7,9595	0,0060	0,0356
3,8596	0,0034	0,0045	7,3305	0,0047	0,0235
3,7189	0,0031	0,0039	7,1484	0,0043	0,0207
3,5881	0,0029	0,0033	6,9779	0,0040	0,0183
3,3523	0,0025	0,0025	6,6670	0,0035	0,0145
2,9629	0,0019	0,0015	6,1426	0,0027	0,0096
2,8793	0,0018	0,0013	6,0280	0,0025	0,0087
2,8002	0,0017	0,0012	5,9190	0,0024	0,0079
2,1972	0,0010	0,0004	5,0598	0,0015	0,0035
2,1508	0,0010	0,0004	4,9914	0,0014	0,0033
1,5129	0,0004	0,0001	4,0039	0,0007	0,0010
1,4908	0,0004	0,0001	3,9677	0,0007	0,0010
0,9921	0,0002	0,0000	3,1010	0,0003	0,0003
0,9362	0,0001	0,0000	2,9962	0,0002	0,0002
0,5236	0,0000	0,0000	2,1380	0,0001	0,0000



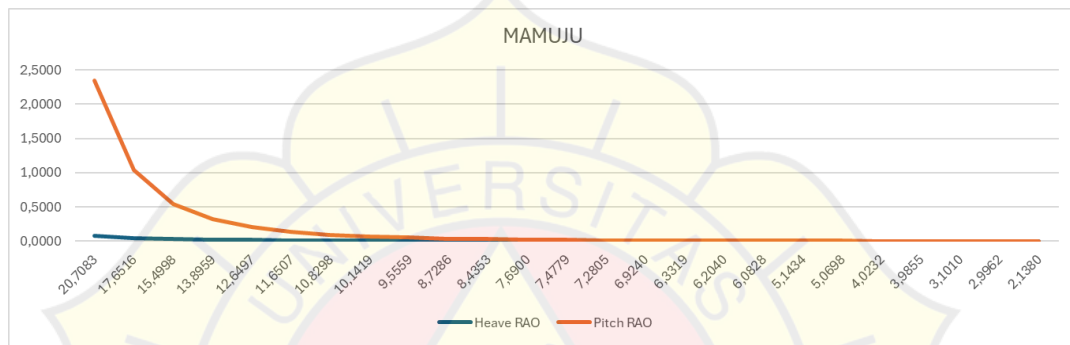
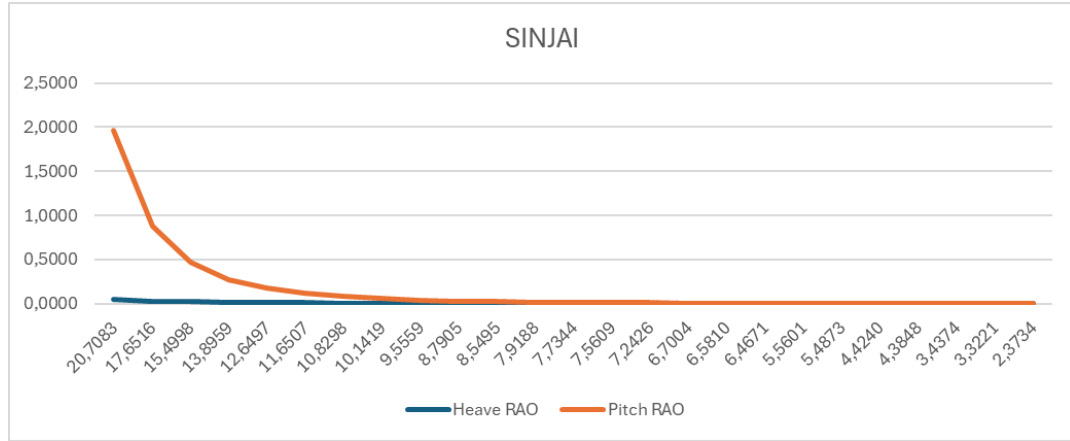


SINJAI

Speed 20 kn	180°	
Period (s)	Heave RAO	Pitch RAO
20,7083	0,0510	1,9676
17,6516	0,0314	0,8819
15,4998	0,0214	0,4657
13,8959	0,0156	0,2736
12,6497	0,0119	0,1734
11,6507	0,0094	0,1162
10,8298	0,0076	0,0814
10,1419	0,0063	0,0590
9,5559	0,0053	0,0441
8,7905	0,0041	0,0292
8,5495	0,0038	0,0254
7,9188	0,0030	0,0174
7,7344	0,0028	0,0154
7,5609	0,0026	0,0138
7,2426	0,0023	0,0111
6,7004	0,0018	0,0075
6,5810	0,0017	0,0068
6,4671	0,0016	0,0063
5,5601	0,0010	0,0029
5,4873	0,0010	0,0027
4,4240	0,0005	0,0009
4,3848	0,0005	0,0008
3,4374	0,0002	0,0002
3,3221	0,0002	0,0002
2,3734	0,0001	0,0000

MAMUJU

Speed 20 kn	180°	
Period (s)	Heave RAO	Pitch RAO
20,7083	0,0721	2,3417
17,6516	0,0438	1,0367
15,4998	0,0297	0,5441
13,8959	0,0216	0,3186
12,6497	0,0164	0,2014
11,6507	0,0129	0,1348
10,8298	0,0105	0,0943
10,1419	0,0086	0,0683
9,5559	0,0072	0,0510
8,7286	0,0055	0,0326
8,4353	0,0050	0,0275
7,6900	0,0038	0,0173
7,4779	0,0035	0,0151
7,2805	0,0032	0,0132
6,9240	0,0028	0,0102
6,3319	0,0021	0,0065
6,2040	0,0020	0,0058
6,0828	0,0018	0,0053
5,1434	0,0011	0,0022
5,0698	0,0010	0,0021
4,0232	0,0005	0,0006
3,9855	0,0005	0,0006
3,1010	0,0002	0,0001
2,9962	0,0002	0,0001
2,1380	0,0000	0,0000

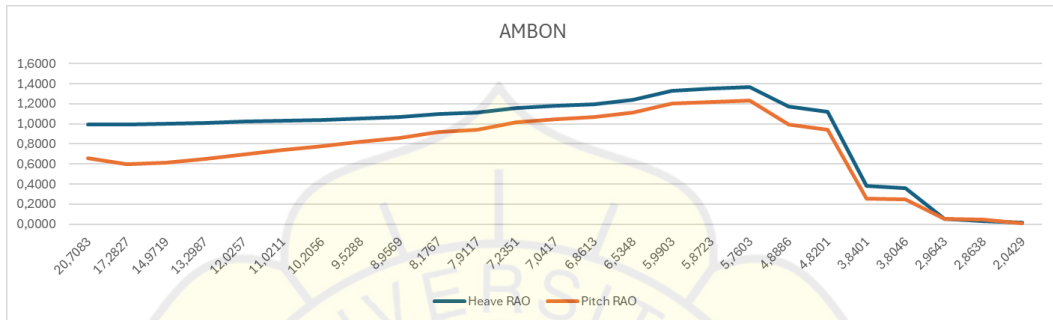
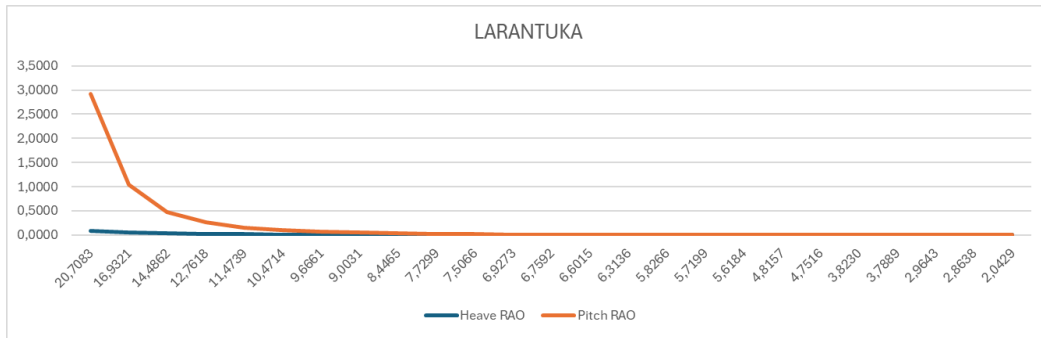


LARANTUKA

Speed 20 kn	180°	
Period (s)	Heave RAO	Pitch RAO
20,7083	0,0886	2,9239
16,9321	0,0467	1,0354
14,4862	0,0293	0,4770
12,7618	0,0202	0,2560
11,4739	0,0148	0,1520
10,4714	0,0113	0,0971
9,6661	0,0089	0,0654
9,0031	0,0072	0,0461
8,4465	0,0060	0,0335
7,7299	0,0046	0,0215
7,5066	0,0042	0,0186
6,9273	0,0033	0,0124
6,7592	0,0030	0,0110
6,6015	0,0028	0,0097
6,3136	0,0025	0,0077
5,8266	0,0019	0,0051
5,7199	0,0018	0,0047
5,6184	0,0017	0,0043
4,8157	0,0010	0,0019
4,7516	0,0010	0,0018
3,8230	0,0005	0,0006
3,7889	0,0005	0,0005
2,9643	0,0002	0,0001
2,8638	0,0002	0,0001
2,0429	0,0000	0,0000

AMBON

Speed 20 kn	180°	
Period (s)	Heave RAO	Pitch RAO
20,7083	0,9902	0,6602
17,2827	0,9968	0,5967
14,9719	1,0041	0,6145
13,2987	1,0119	0,6493
12,0257	1,0206	0,6915
11,0211	1,0303	0,7364
10,2056	1,0415	0,7800
9,5288	1,0543	0,8208
8,9569	1,0691	0,8590
8,1767	1,0984	0,9201
7,9117	1,1118	0,9445
7,2351	1,1590	1,0181
7,0417	1,1772	1,0428
6,8613	1,1968	1,0672
6,5348	1,2394	1,1158
5,9903	1,3293	1,2023
5,8723	1,3492	1,2185
5,7603	1,3662	1,2310
4,8886	1,1754	0,9917
4,8201	1,1226	0,9380
3,8401	0,3795	0,2578
3,8046	0,3611	0,2436
2,9643	0,0519	0,0550
2,8638	0,0301	0,0430
2,0429	0,0187	0,0050

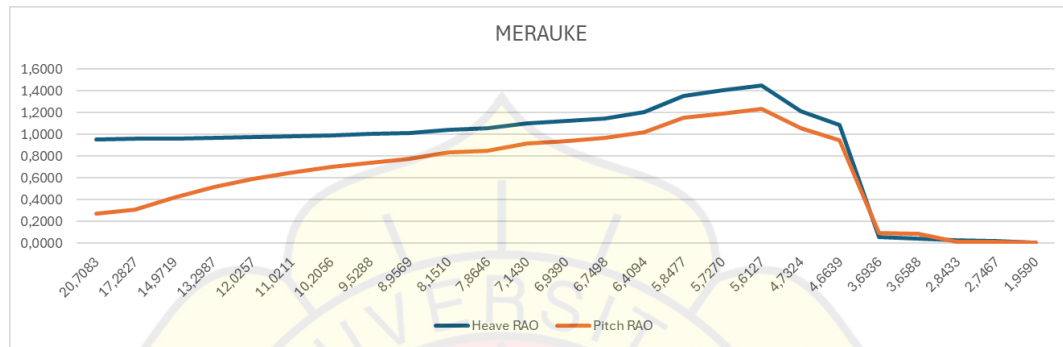
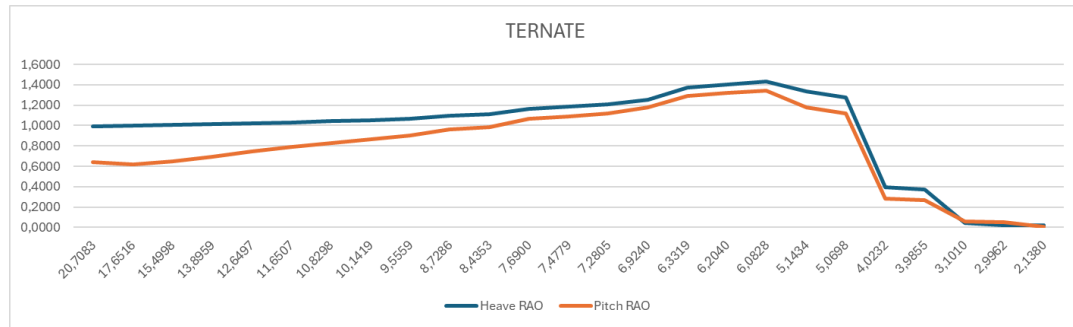


TERNATE

Speed 20 kn	180°	
Period (s)	Heave RAO	Pitch RAO
20,7083	0,9917	0,6417
17,6516	0,9978	0,6213
15,4998	1,0046	0,6508
13,8959	1,0120	0,6964
12,6497	1,0205	0,7447
11,6507	1,0301	0,7895
10,8298	1,0412	0,8299
10,1419	1,0539	0,8669
9,5559	1,0684	0,9019
8,7286	1,0979	0,9612
8,4353	1,1121	0,9865
7,6900	1,1632	1,0647
7,4779	1,1833	1,0918
7,2805	1,2052	1,1195
6,9240	1,2544	1,1765
6,3319	1,3704	1,2926
6,2040	1,4007	1,3196
6,0828	1,4298	1,3443
5,1434	1,3378	1,1798
5,0698	1,2789	1,1168
4,0232	0,3950	0,2804
3,9855	0,3743	0,2640
3,1010	0,0437	0,0599
2,9962	0,0247	0,0477
2,1380	0,0216	0,0079

MERAUKE

Speed 20 kn	180°	
Period (s)	Heave RAO	Pitch RAO
20,7083	0,9536	0,2738
17,2827	0,9583	0,3053
14,9719	0,9635	0,4183
13,2987	0,9694	0,5139
12,0257	0,9761	0,5889
11,0211	0,9837	0,6485
10,2056	0,9925	0,6973
9,5288	1,0026	0,7385
8,9569	1,0145	0,7749
8,1510	1,0401	0,8305
7,8646	1,0532	0,8524
7,1430	1,1029	0,9181
6,9390	1,1236	0,9410
6,7498	1,1469	0,9651
6,4094	1,2021	1,0176
5,8477	1,3541	1,1494
5,7270	1,4012	1,1888
5,6127	1,4509	1,2303
4,7324	1,2146	1,0529
4,6639	1,0823	0,9456
3,6936	0,0543	0,0947
3,6588	0,0443	0,0848
2,8433	0,0231	0,0103
2,7467	0,0180	0,0092
1,9590	0,0051	0,0017

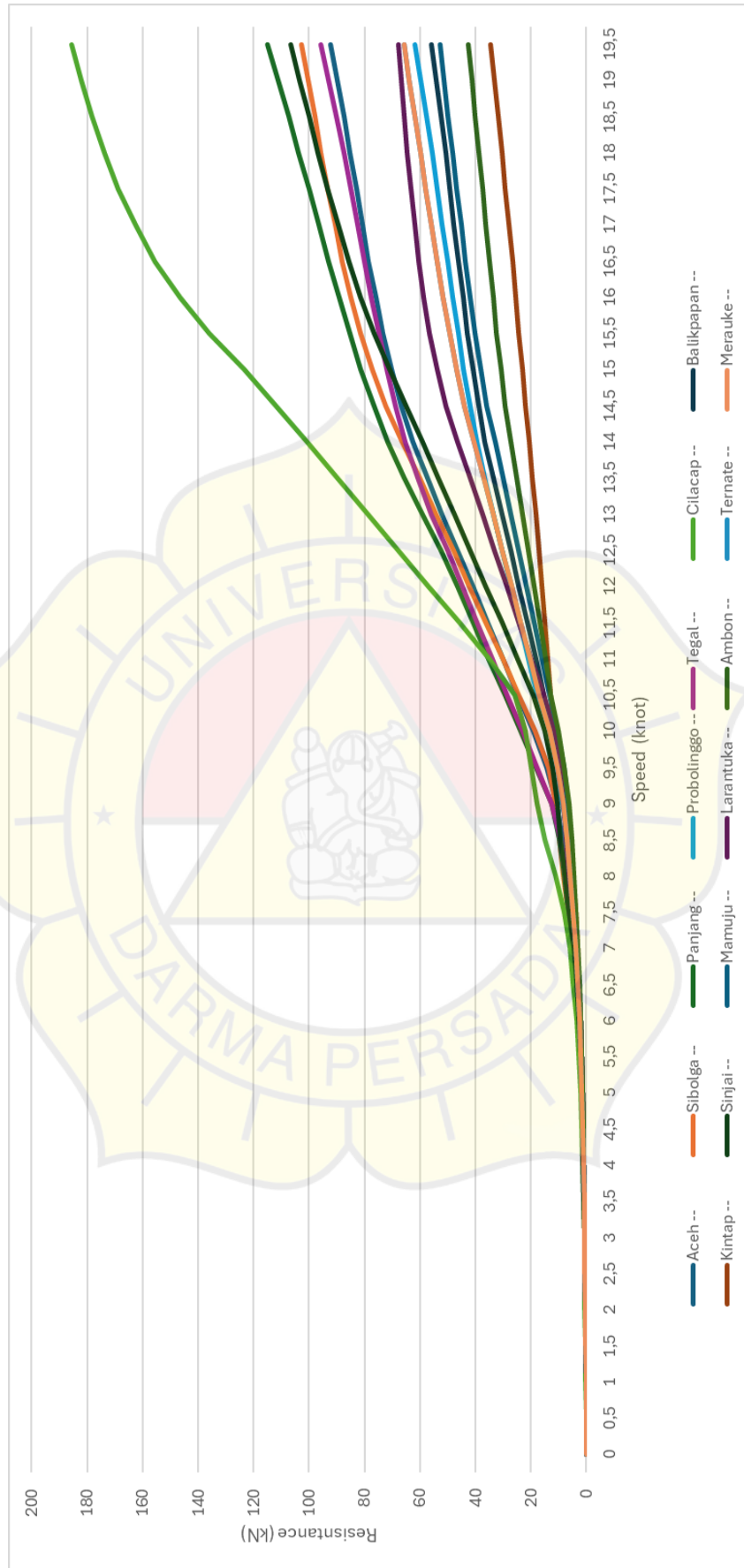


5.4.2. Hambatan Kapal

Hubungan antara kecepatan kapal dan gaya hambatan total yang harus diatasi, di mana nilai hambatan (dalam KiloNewton) meningkat secara eksponensial seiring dengan penambahan kecepatan kapal (dalam meter per detik). Pada kecepatan rendah, khususnya di bawah sekitar 6 m/s, kenaikan hambatan relatif landai, menunjukkan efisiensi hidrodinamis yang baik. Namun, ketika kecepatan melampaui ambang batas tersebut, kurva hambatan menunjukkan peningkatan yang sangat drastis dan curam, mencapai puncaknya sekitar 350 kN pada kecepatan 8 m/s. Fenomena ini mengindikasikan bahwa untuk setiap penambahan kecil kecepatan pada rentang tinggi, diperlukan peningkatan daya dorong yang substansial, yang secara langsung akan berdampak pada peningkatan signifikan konsumsi bahan bakar. Oleh karena itu, grafik ini menjadi instrumen krusial dalam menentukan kecepatan operasional kapal yang paling efisien, serta dalam proses optimasi desain lambung kapal untuk meminimalkan hambatan, terutama hambatan gelombang yang cenderung dominan pada kecepatan tinggi.

Speed (Kn)	Aceh	Sibolga	Panjang	Probolinggo	Tegal	Cilacap	Balikipan
0	--	--	--	--	--	--	--
0,5	0	0	0	0	0	0	0
1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
1,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1
2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2
2,5	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,5	0,3
3	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,6	0,4
3,5	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6	0,8	0,5
4	0,8	0,9	0,8	0,7	0,8	1,1	0,7
4,5	1	1,1	1	0,9	1	1,4	0,9
5	1,3	1,4	1,3	1,2	1,2	1,7	1,1
5,5	1,6	1,7	1,6	1,4	1,5	2,2	1,3
6	2	2,2	2,1	1,8	2	2,8	1,7
6,5	2,6	2,8	2,7	2,2	2,6	3,6	2,1
7	3,4	3,6	3,8	2,9	3,6	4,7	2,6
7,5	4,6	4,8	5,3	3,8	5	6	3,4
8	6	6,7	6,7	4,6	6,2	7,9	4,2
8,5	7,3	8,4	8	5,5	7,5	11	4,9
9	8,7	9,7	9,7	6,7	9,3	14,9	5,8
9,5	10,8	11,2	12,7	8,6	12,6	17,9	7,2
10	14,2	13,7	18,1	11,5	17,9	19,9	9,3
10,5	19,3	18,5	23,8	14,6	23,2	22,1	12,3
11	24,7	24,4	29,5	17,7	28,6	26	15,3
11,5	30,1	30,2	35,2	20,8	33,9	35	18,3
12	35,5	36,2	40,9	24	39,3	45,9	21,3
12,5	40,9	42,1	46,6	27,1	44,7	56,8	24,4
13	46,4	48	52,4	30,3	50,1	67,7	27,4
13,5	51,9	54	59,2	33,5	55,9	78,7	30,5
14	57,3	60	65,8	36,6	60,9	89,7	33,6
14,5	62,5	66,5	71,6	39,4	65,2	100,7	36,6
15	66,7	72,2	76,7	41,9	68,8	111,7	38,9
15,5	70,2	77,1	81,3	44,2	72	123,5	40,9
16	73,3	81,3	85,4	46,2	74,8	135,9	42,8
16,5	76	84,8	89,2	48,2	77,5	146,5	44,5
17	78,5	87,9	92,9	50,1	80	155,4	46,1
17,5	80,8	90,6	96,5	52	82,5	162,7	47,7
18	83	93,2	100,1	53,8	85	168,8	49,3
18,5	85,3	95,6	103,7	55,7	87,5	173,9	50,8
19	87,5	98	107,4	57,7	90,1	178,3	52,4
19,5	89,8	100,4	111,2	59,6	92,8	182,1	54,1
20	92,1	102,9	115,1	61,7	95,6	185,7	55,8

Speed (Kn)	Kintap	Sinjai	Mamuju	Larantuka	Ambon	Ternate	Merauke
0	--	--	--	--	--	--	--
0,5	0	0	0	0	0	0	0
1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
1,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
2,5	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
3	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5
3,5	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
4	0,8	0,9	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8
4,5	1	1,2	0,9	0,9	0,9	1	1
5	1,2	1,4	1,1	1,1	1,1	1,3	1,3
5,5	1,5	1,8	1,4	1,4	1,4	1,6	1,6
6	1,8	2,2	1,7	1,8	1,7	2	2
6,5	2,2	2,8	2,1	2,2	2,1	2,4	2,4
7	2,7	3,6	2,6	2,8	2,5	3	3
7,5	3,2	4,6	3,3	3,6	3,2	3,9	3,9
8	3,8	6,1	4	4,9	3,8	5	5
8,5	4,7	7,8	4,8	6,3	4,5	6	6
9	5,8	9,3	5,6	7,3	5,3	7	7
9,5	7,3	10,6	6,6	8,3	6,4	8,3	8,3
10	9,4	12,3	8,1	9,6	8	10,3	10,3
10,5	11,9	15	10,3	11,8	10,2	13,2	13,2
11	12,9	19,3	13,3	15,5	12,8	17	17
11,5	13,9	24,9	16	19,9	14,8	20,3	20,3
12	15	30,5	18,8	24,3	16,9	23,6	23,6
12,5	16,1	36,2	21,6	28,7	18,9	26,9	26,9
13	17,2	41,9	24,5	33,1	21	30,3	30,3
13,5	18,3	47,6	27,3	37,5	23,1	33,7	33,7
14	19,5	53,3	30,1	42	25,2	37,1	37,1
14,5	20,7	59,1	33	46,4	27,3	40,5	40,5
15	21,9	64,9	35,9	50,6	29,3	43,9	43,9
15,5	23,1	70,9	38,2	53,9	30,9	46,8	46,8
16	24,3	76,4	40,2	56,6	32,4	49,4	49,4
16,5	25,5	81,3	42	58,7	33,7	51,8	51,8
17	26,7	85,7	43,6	60,5	35	53,9	53,9
17,5	27,9	89,6	45,2	62	36,2	56	56
18	29,2	93,3	46,7	63,3	37,5	58	58
18,5	30,5	96,8	48,2	64,5	38,7	59,9	59,9
19	31,8	100,1	49,8	65,6	40	61,8	61,8
19,5	33,2	103,4	51,3	66,7	41,2	63,8	63,8
	34,6	106,6	52,9	67,8	42,6	65,7	65,7



5.4. Comparasi

Untuk memperoleh gambaran menyeluruh mengenai performa kapal tradisional di berbagai wilayah Indonesia, dilakukan penilaian kuantitatif terhadap 16 kapal berdasarkan enam aspek utama: stabilitas, *deck wetness*, *sea keeping*, hambatan gerak, efisiensi bentuk lambung, dan kesesuaian fungsi pelayaran. Setiap aspek diberikan skor evaluasi dalam skala 1 hingga 5, di mana nilai 5 menunjukkan performa sangat baik. Penilaian ini didasarkan pada hasil analisis teknis yang telah dilakukan sebelumnya, seperti nilai maksimum GZ, luas area stabilitas awal, besar *pitch* dan percepatan vertikal pada *sea keeping*, serta nilai hambatan kapal pada kecepatan tertentu.

Selain parameter teknis, penilaian juga memperhitungkan karakteristik bentuk lambung kapal seperti koefisien blok (C_b), koefisien prismatic (C_p), serta rasio panjang terhadap lebar (L/B) dan lebar terhadap draft (B/T). Evaluasi ini kemudian dikaitkan dengan fungsi utama kapal tradisional, apakah untuk penangkapan ikan, angkutan barang, transportasi lokal, atau pelayaran cepat. Hasil skor menunjukkan variasi performa yang erat kaitannya dengan desain asli kapal dan adaptasinya terhadap kondisi geografis dan kebutuhan fungsional masing-masing daerah. Pendekatan ini memberikan dasar untuk membandingkan efektivitas kapal tradisional secara objektif sekaligus menjadi acuan dalam upaya pelestarian dan pengembangan desain kapal berbasis lokal.

Tabel 5.16. Skala Evaluasi

Skor	Interpretasi
5	Sangat baik / optimal
4	Baik dan sesuai fungsi
3	Cukup / aman digunakan
2	Kurang / perlu perbaikan
1	Tidak layak / tidak efisien

Berikut adalah Tabel Skor Performa 16 Kapal Tradisional berdasarkan 6 aspek utama, menggunakan skala evaluasi 1–5 (5 = sangat baik).

Tabel 5.17. Skor Performa 16 Kapal Tradisional

No	Kode	Nama Kapal	Stabilitas	Deck Wetness	Sea Keeping	Hambatan	Efisiensi Lambung	Kesesuaian Fungsi	Total Skor	Catatan Ringkas
1	ACE	Perahu Aceh	5	5	4	4	4	5	27	Sangat stabil, cocok laut lepas
2	SIB	Bagan	4	4	3	4	3	4	22	Stabil, pas untuk posisi diam
3	PAN	Perahu Muatan Lampung	5	5	3	3	3	5	24	Stabil berat, cocok muatan besar
4	PRO	Perahu Lako	4	5	5	4	4	5	27	Seimbang, cocok pelayaran aktif
5	TEG	Mayang	4	4	4	4	4	4	24	Baik untuk pukot pantai
6	CIL	Jukung	3	3	3	2	2	3	16	Kurang efisien, cocok muatan lokal
7	BAL	Jukung Besar	3	3	3	3	2	4	18	Stabilitas cukup, boros
8	KIN	Perahu Angkut	4	4	4	5	5	5	27	Ramping, efisien untuk logistik

9	SIN	Pajala	4	4	3	3	3	4	21	Kapal tradisional nelayan
10	MAM	Sandeq	3	4	5	5	5	5	27	Ramping, sangat cepat & tangkas
11	LAR	Padawaa	4	4	4	4	4	5	25	Seimbang dan adaptif
12	LEM	Kapal Lembata	4	4	4	4	4	4	24	Multiguna, ringan
13	AMB	Kole-Kole	4	4	4	3	3	5	23	Tradisional perdagangan
14	TER	Korakora	3	4	4	4	3	5	23	Simbolik, cocok untuk parade laut
15	MER	Semang	4	5	3	5	5	5	27	Sangat efisien di sungai dan estuari
16	FAK	Perahu Papua	4	4	3	4	3	4	22	Serbaguna, penangkapan ringan

Skor ditentukan berdasarkan:

1. Hasil analisis kuantitatif (GZ max, area, pitch, hambatan, dll)
2. Karakteristik bentuk lambung (C_b , C_p , L/B, dll)
3. Kesesuaian fungsi kapal dengan desain lambung dan performanya

Tabel 5.18. Klasifikasi bentuk lambung

No	Wilayah	Nama Kapal	PGU (m)	Lebar (m)	Dalam (m)	L/B	B/T	Klasifikasi L/B
1	Fakfak	Embun Pagi 08	23,80	3,30	2,45	7,21	1,35	Ramping
2	Balikpapan	Otti Lolo	20,14	3,80	1,40	5,30	2,71	Ramping
3	Kintap	Tiga Putra 17	20,77	3,93	1,40	5,28	2,81	Ramping
4	Sinjai	Bunga Armada 03	20,79	4,00	1,89	5,20	2,12	Ramping
5	Mamuju	Ana 08	22,25	4,35	1,50	5,11	2,90	Ramping
6	Ternate	Putra Putri Prataya 02	20,50	4,20	1,65	4,88	2,55	Sedang
7	Laurentius Say	Nurlia Jaya 02	19,50	4,20	1,70	4,64	2,47	Sedang
8	Larantuka	Nabil Jaya 06	21,01	4,54	1,30	4,63	3,49	Sedang
9	Ambon	Idola 02	22,14	5,00	1,40	4,43	3,57	Sedang
10	Cilacap	Hilya 01	19,67	4,60	1,65	4,28	2,79	Sedang
11	Lhokseumawe	Tarzan Laut 2024	18,50	4,60	1,60	4,02	2,88	Sedang
12	Merauke	Fajar Risky 3	19,08	4,95	1,48	3,85	3,34	Sedang
13	Probolinggo	Anugrah Samudra 03	18,55	4,95	1,72	3,75	2,88	Sedang
14	Panjang	Hasil Tenaga 13	16,50	4,55	1,90	3,63	2,39	Sedang
15	Tegal	Jeepvon	16,20	5,17	1,60	3,13	3,23	Penuh
16	Sibolga	Hasil Laut V	18,50	6,00	1,60	3,08	3,75	Penuh

Klasifikasi Bentuk Lambung Berdasarkan L/B:

- Ramping: $L/B \geq 5$: Lebih cepat, efisien di kecepatan tinggi (mis. Fakfak, Mamuju)
- Sedang: $L/B 3,5-5$: Seimbang antara kecepatan dan stabilitas (mis. Aceh, Ambon)
- Penuh: $L/B < 3,5$: Stabil dan kuat, tapi boros energi (mis. Tegal, Sibolga)

Keterkaitan dengan Performa:

Bentuk Lambung	Ciri Umum	Dampak ke Performa
Ramping	Panjang & sempit, L/B tinggi	Hambatan rendah, efisiensi, stabilitas rendah
Sedang	Seimbang panjang & lebar	Stabilitas & manuver, cocok untuk multipurpose
Penuh	Lebar dan pendek, L/B rendah	Stabilitas tinggi, hambatan tinggi, boros

Terdapat korelasi negatif moderat: semakin besar rasio L/B, umumnya hambatan kapal semakin rendah. Kapal dengan L/B > 5 (misalnya Fakfak, Mamuju, Kintap) memiliki hambatan < 10 kN, menandakan desain ramping yang efisien. Sebaliknya, kapal dengan L/B < 3,5 seperti Tegal, Panjang, dan Cilacap menunjukkan hambatan tinggi, akibat bentuk penuh dan lebar.

Ini menguatkan bahwa rasio L/B merupakan indikator penting dalam menilai efisiensi bentuk lambung tradisional.