



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Perencanaan *Safety Plan* dan Modifikasi Pada Kapal Pinisi Pariwisata Labuan Bajo Berdasarkan Klasifikasi Kapal Kayu BKI

Agustine Christy Hapsari¹⁾, Deddy Chrismianto²⁾, Ahmad Firdhaus³⁾

¹⁾ Laboratorium Desain dan Digitalisasi Kapal

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

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

Abstrak

Labuan Bajo yang terkenal akan keindahan alam baharinya, meyuguhkan daya tarik utama bagi wisatawan yaitu memanfaatkan kapal pinisi sebagai tempat penginapan sekaligus sarana transportasi sehingga wisatawan dapat menikmati keindahan alam Labuan Bajo secara eksklusif. Kapal pinisi merupakan salah satu jenis kapal tradisional yang proses pembangunannya menggunakan metode konvensional, tanpa perhitungan yang pasti seperti kapal modern pada umumnya. Dalam penelitian ini dilakukan modifikasi layout untuk efisiensi ruangan yang lebih optimal serta mengintegrasikan aspek tradisional dan regulatif terhadap salah satu kapal pinisi yang beroperasi dalam sektor pariwisata Labuan Bajo, yaitu KLM Leyla. Hasil dari penelitian ini adalah didapatkan modifikasi layout kapal dengan penambahan *safety plan* berdasarkan SOLAS, analisis hambatan kapal sesudah modifikasi yang memiliki hasil kebutuhan power lebih kecil yaitu 454,05 kW dibanding kebutuhan power sebelum modifikasi yaitu sebesar 454,06 kW, analisis stabilitas yang telah memenuhi syarat berdasarkan IMO, hasil analisis olah gerak yang telah memenuhi standar berdasarkan kriteria olah gerak U.S. Coast Guard Cutter Certification Plan, serta perhitungan profil konstruksi yang telah disesuaikan dengan regulasi Peraturan Kapal Kayu BKI untuk referensi pembangunan kapal selanjutnya.

Kata Kunci : Kapal Pinisi, *Safety Plan*, Evaluasi Desain

1. PENDAHULUAN

Labuan Bajo merupakan salah satu destinasi wisata yang terkenal dengan keindahan alamnya. Daerah ini secara geografis terletak pada posisi 8°30'S 119°53'E, dengan wilayah wisata bahari yang menjadi kekuatan utama daerah ini dalam menarik wisatawan [1]. Daya tarik utama Labuan Bajo adalah wisatanya yang menggunakan kapal pinisi sebagai tempat penginapan serta sarana transportasi wisatawan untuk mengelilingi pulau-pulau yang ada di Labuan Bajo sehingga wisatawan dapat menikmati keindahan alam Labuan Bajo secara eksklusif.

Kapal pinisi merupakan kapal tradisional yang dibangun menggunakan teknik yang diwariskan secara turun-temurun, dengan keunggulannya yang memanfaatkan efisiensi dalam penggunaan tenaga angin sebagai sumber penggerak utama [2]. Dengan kekuatan dan kokohnya kapal pinisi yang sudah terkenal, kapal ini mampu melakukan

pelayaran dalam jarak yang luas [3]. Meskipun demikian, kapal ini masih memiliki kekurangan dikarenakan pada umumnya kapal kayu di Indonesia dibangun oleh galangan kapal tradisional yang proses pembangunannya berdasarkan pengalaman dan tanpa memperhatikan syarat-syarat umum yang ditentukan, serta tidak dilengkapi dengan perhitungan-perhitungan hidrostatik, stabilitas, dan sebagainya dimana hal ini dapat mengakibatkan adanya potensi terjadi kecelakaan pelayaran karena faktor teknis [4].

Berkenaan dengan hal tersebut, Biro Klasifikasi Indonesia sebagai regulator bagi pembangunan kapal di Indonesia telah mengeluarkan peraturan sebagai acuan dalam pencegahan kecelakaan dan pengoptimalan fungsi kapal untuk kapal kayu [3]. Peraturan ini terdapat dalam Peraturan Kapal Kayu Bagian 3 Volume VI yang membahas mengenai material, ukuran bagian konstruksi, ruang mesin, hingga perlengkapan-perengkapan pada kapal kayu [4].

Dengan kontribusi kapal pinisi yang cukup besar dalam sektor pariwisata di Labuan Bajo, penting untuk dilakukan penyesuaian terhadap desain kapal pinisi yang masih kurang memenuhi standar keselamatan yang dapat berpotensi membahayakan kru kapal dan penumpang. Untuk itu, selain mengoptimalkan bangunan kapal kayu, kapal perlu juga dilengkapi dengan *safety plan* untuk efektivitas proses evakuasi penyelamatan penumpang yang mengacu pada SOLAS *chapter II-2* [5].

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk melakukan evaluasi desain terhadap salah satu kapal pinisi yang beroperasi di Labuan Bajo untuk menilai kinerja dan memberikan rekomendasi terhadap keberlanjutan kapal di masa mendatang dengan melakukan modifikasi layout untuk efisiensi ruangan yang lebih optimal dengan penambahan *safety plan*, analisis terhadap lambung kapal yang meliputi stabilitas, hambatan, dan olah gerak pada kapal, serta melakukan perhitungan profil

konstruksi yang disesuaikan klasifikasi kapal kayu BKI yang dapat digunakan sebagai referensi atau acuan untuk pembangunan kapal selanjutnya.

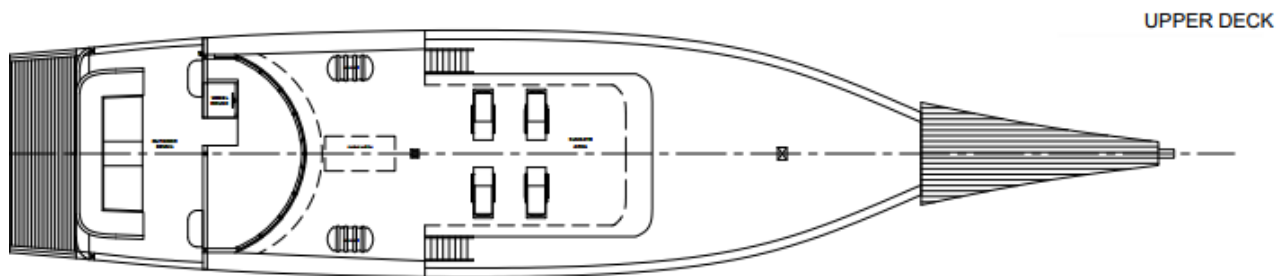
2. METODE

2.1. Objek Penelitian

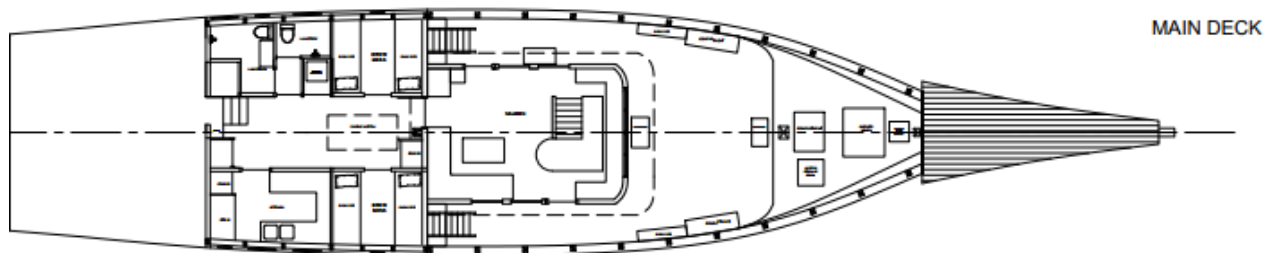
Objek yang digunakan dalam penelitian ini merupakan salah satu kapal pinisi yang beroperasi pada sektor pariwisata di Labuan Bajo, yaitu KLM Leyla, dengan ukuran utama dan gambar *general arrangement* sebagai berikut:

Tabel 1. Ukuran Utama KLM Leyla

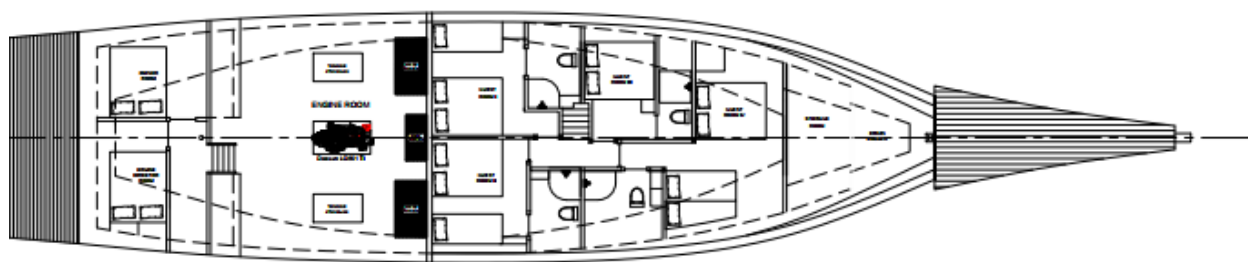
No	Dimension	Value	Unit
1	Length Overall	33,6	m
2	Length of Waterline	20,4	m
3	Length B. Perpendicular	19,4	m
4	Length of Deck	25	m
5	Breadth	7	m
6	Depth	4	m
7	Draft	2,4	m
8	Guest	8 – 12	orang
9	Crew	9	orang



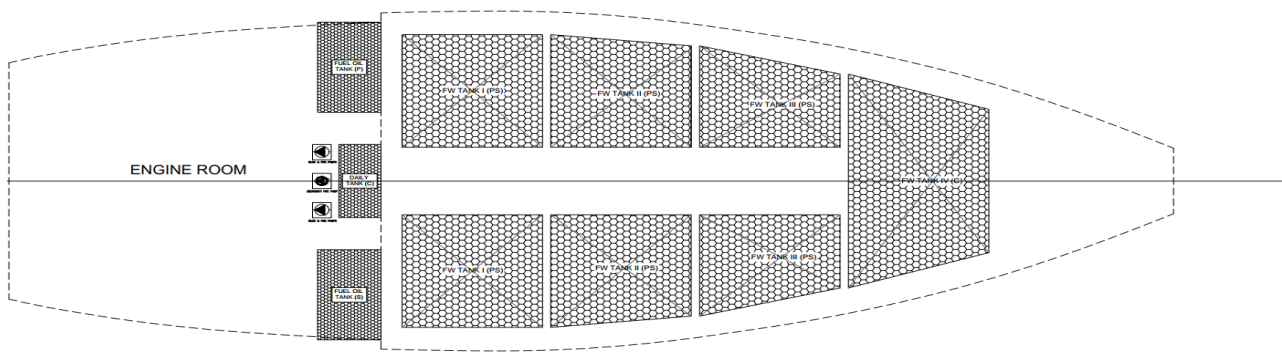
Gambar 1. Upper Deck KLM Leyla



Gambar 2. Main Deck KLM Leyla



Gambar 3. Lower Deck KLM Leyla



Gambar 4. Tank Layout KLM Leyla

2.2. Variabel Penelitian

Penelitian ini memiliki fokus untuk mendapatkan *redrawing lines plan*, modifikasi *general arrangement* dengan penambahan *safety plan*, analisis hambatan, stabilitas, dan olah gerak kapal setelah modifikasi, serta perhitungan konstruksi yang telah disesuaikan dengan peraturan kapal kayu BKI. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

- 1) Variabel tetap yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Length Overall* (LOA), *Length B. Perpendicular* (LBP), *Length of Deck* (LOD), *Depth* (H), *Breadth* (B), *Draft* (T), serta jumlah penumpang dan kru kapal.
- 2) Penelitian ini memiliki variabel peubah yaitu *general arrangement* yang dimodifikasi, perhitungan konstruksi dan profil, serta analisis hambatan, stabilitas, dan olah gerak.

2.3. Langkah Penelitian

Setelah memperoleh data-data yang diperlukan, proses selanjutnya adalah melakukan pengolahan data dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Membuat *redrawing lines plan* dari 3D KLM Leyla dengan bantuan *software*.
- 2) Melakukan evaluasi desain pada *layout* kapal untuk mengidentifikasi perubahan yang diperlukan agar dihasilkan *layout* baru dengan efisiensi ruang yang lebih optimal bagi penumpang, serta menambahkan *safety plan* berdasarkan SOLAS.
- 3) Melakukan analisis pada lambung kapal berupa analisis hambatan, stabilitas, dan olah gerak kapal.
- 4) Melakukan perhitungan terhadap profil konstruksi kapal sesuai Peraturan Klasifikasi dan Konstruksi BKI Bagian 3 Kapal Khusus, Peraturan Kapal Kayu, Vol. VI, edisi 2023.
- 5) Diambil kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Redrawing Lines Plan Kapal

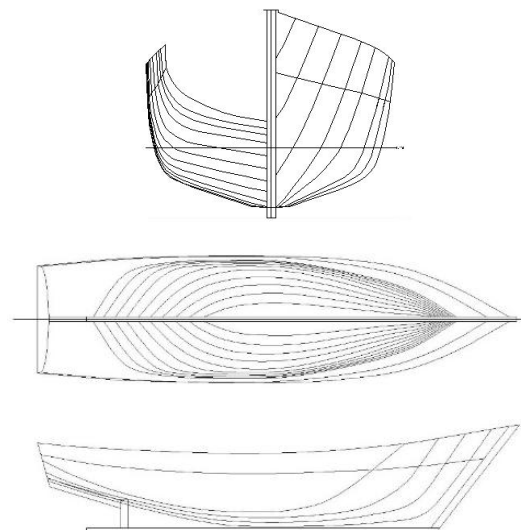
Karena kapal pinisi merupakan salah satu jenis kapal tradisional, proses pembangunannya tidak menggunakan *lines plan* seperti kapal modern pada umumnya [6]. Maka dari itu, perlu dilakukan *redrawing lines plan* yang pembuatannya menggunakan data-data yang telah diperoleh.

Dalam pembuatan *redrawing lines plan* ini penulis menggunakan bantuan *software modeler* dengan memasukkan data 3D kapal untuk memperoleh *hull form*.



Gambar 5. 3D Kapal

Setelah itu, dilakukan *export* gambar *lines plan* ke dalam bentuk CAD untuk mendapatkan gambar *lines plan* yang sesuai dengan pemodelan.

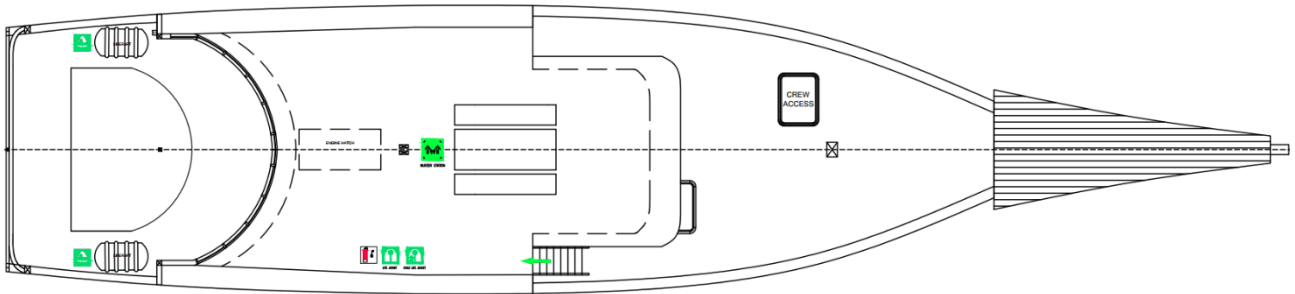


Gambar 6. Redrawing Lines Plan KLM Leyla

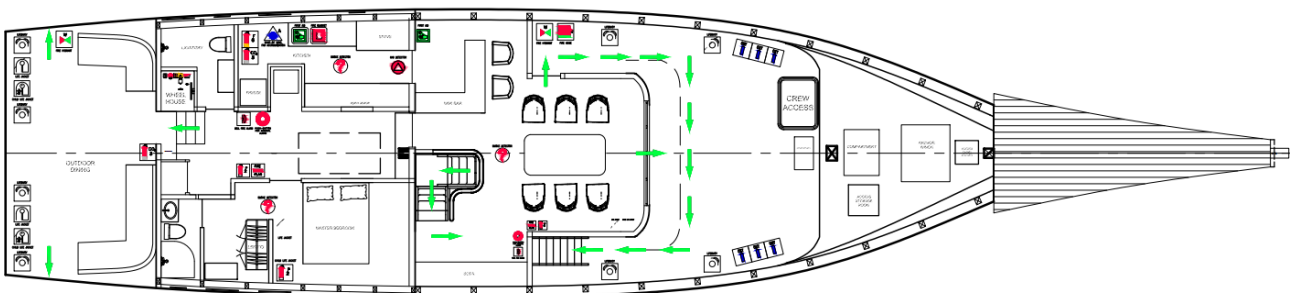
3.2. Modifikasi General Arrangement dan Perencanaan Safety Plan

Modifikasi *general arrangement* dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* berdasarkan hasil *redrawing lines plan* yang telah didapatkan. Modifikasi dilakukan untuk meningkatkan efisiensi ruangan yang ada dengan memindahkan ruangan-ruangan yang menjadi aktivitas utama penumpang pada *main deck*.

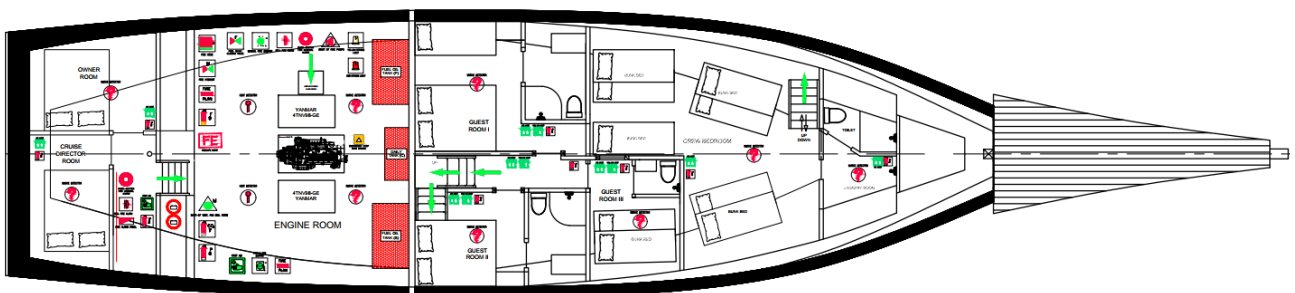
Selain melakukan modifikasi layout, dilakukan penambahan *safety plan* pada kapal dikarenakan sebelumnya KLM Leyla tidak dilengkapi dengan *safety plan*. Penambahan *safety plan* dilakukan berdasarkan SOLAS *chapter II-2 Regulation 7* mengenai *fire protection, fire detection, and fire extinction* serta SOLAS *chapter III Regulation 7* mengenai *Personal Life-saving Appliances* [7]. Berikut hasil dari modifikasi dan penambahan *safety plan* pada kapal:



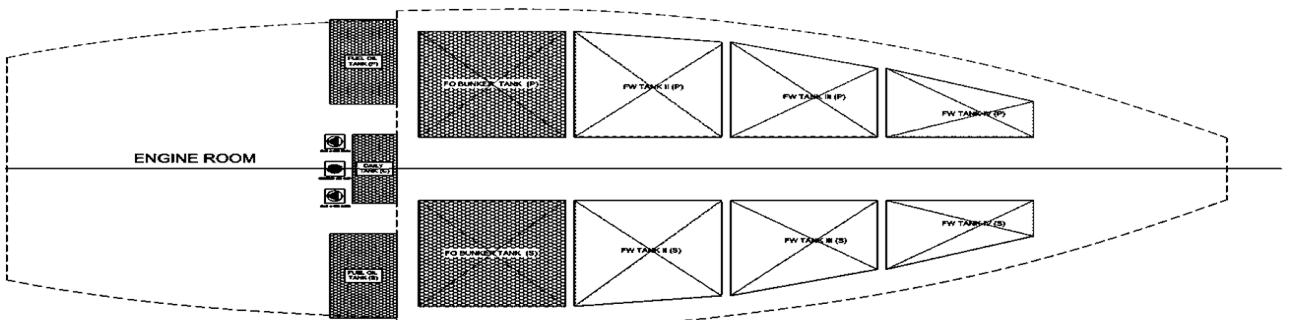
Gambar 7. Modifikasi dan Penambahan *Safety Plan* Pada *Upper Deck* KLM Leyla



Gambar 8. Modifikasi dan Penambahan *Safety Plan* Pada *Main Deck* KLM Leyla



Gambar 9. Modifikasi dan Penambahan *Safety Plan* Pada *Lower Deck* KLM Leyla



Gambar 10. Modifikasi dan Penambahan *Safety Plan* Pada *Tank Layout* KLM Leyla

Pada gambar 7 area *upper deck* KLM Leyla, terdapat 1 tanda *muster station* sebagai titik berkumpul apabila terjadi keadaan darurat, 1 *powder extinguisher* 6 kg, *life jacket* orang dewasa, dan 2 *liferaft* di sisi kanan dan kiri. Apabila dalam keadaan darurat dan penumpang sedang berada di *muster station* dapat mengenakan *life jacket* kemudian mengevakuasi diri menggunakan *liferaft*.

Pada gambar 8 area *main deck* dilengkapi dengan 8 *lifebuoy*, 2 *fire hydrant*, 2 *CO₂ extinguisher*, 2 *powder extinguisher* 2 kg, 1 *powder extinguisher* 6 kg, 1 *foam b. extinguisher* 6 liter, *smoke detector* pada masing-masing ruangan, *safety plan location* pada koridor utama, 3 *bell fire alarm*, 3 *push-button for general alarm*, 1 *gas detector*, 1 *fire blanket*, 2 kotak P3K, serta *life jacket* untuk orang dewasa dan anak-anak pada masing-masing area. Apabila dalam keadaan darurat penumpang sedang berada di area *kitchen*, *master bedroom*, dan *lavatory* maka dapat mengenakan *life jacket* kemudian mengevakuasi diri menuju area buritan kapal. Apabila penumpang sedang berada di area *mini bar* dan *indoor dining* maka dapat mengevakuasi diri ke area geladak haluan menuju tangga yang mengarah pada *muster station*.

Pada gambar 9 area *lower deck* terdapat *smoke detector*, *adult life jacket*, *child life jacket*, dan *powder extinguisher* 2 kg pada masing-masing ruangan. Selain itu dilengkapi juga dengan 2 kotak P3K, 2 *safety plan location*, 1 *fire alarm panel*, 2 *bell fire alarm*, 2 *push-button for general alarm*, 1 *powder extinguisher* 6 kg, 1 *CO₂ extinguisher* 7 kg, 1 *foam b. extinguisher* 9 liter, 2 *heat detector*, 2 *manual fire damper*, 1 *fire hydrant & fire hose*, 1 *yellow strobe light & red strobe light*, *fireman's suite*, *emergency stop main engine*, dan *start of fire pumps*. Apabila dalam keadaan darurat penumpang berada di *guest room* maka dapat mengenakan *life jacket* dan mengevakuasi diri dengan menaiki tangga menuju *indoor dining*. Apabila kru kapal sedang berada di *crew bedroom* maka dapat mengevakuasi diri dengan menaiki tangga *crew access* menuju *outdoor main deck*. Dan apabila kru kapal berada di *owner room*, *cruise director room*, dan *engine room* maka dapat mengevakuasi diri melalui akses menuju *main deck* yang terdapat pada *engine room*.

Pada gambar 10 area tangki kapal terdapat *emergency fire pump* serta *bilge and fire pumps* sebagai sumber air untuk sistem pemadam kebakaran apabila terjadi keadaan darurat.

Dengan lengkapnya peralatan keselamatan yang tersebar di seluruh kapal, keselamatan penumpang dan kru kapal dapat terjaga dalam berbagai situasi darurat.

Tabel 2. Keterangan Alat Keselamatan

Nama Alat Keselamatan	Jml	E/R	Lokasi		
			1 st Deck	2 nd Deck	Top Deck
<i>Safety Plan Location</i>	5	2	2	1	
<i>Muster Station</i>	1				1
<i>General Alarm</i>	5	1	3	1	
<i>Fire Alarm Panel</i>	1		1		
<i>Smoke Detector</i>	12	2	3	7	
<i>Heat Detector</i>	2	2			
<i>Inflatable Life Raft</i>	2				2
<i>Adult Life Jacket</i>	40	6	12	18	4
<i>Child Life Jacket</i>	10		5	5	
<i>Lifebuoy</i>	4		4		
<i>Lifebuoy Tali</i>	2		2		
<i>Lifebuoy Smoke Signal Radar Transponder</i>	2		2		
<i>EPIRB</i>	1			1	
<i>Parachute Signal</i>	4			4	
<i>Fireman's Equipment</i>	1	1			
<i>Fire Hydrant</i>	3	1		2	
<i>Powder Extinguisher CO₂</i>	13	1	3	8	1
<i>Extinguisher Foam B</i>	3	1	2		
<i>Extinguisher Oxygen Cylinders</i>	2	1	1		
	6		6		
<i>Fire Hose</i>	2	1	1		
<i>Fire Blanket</i>	1		1		
<i>First Aid Equipment</i>	4	1	2	1	

3.3. Analisis Hambatan Kapal

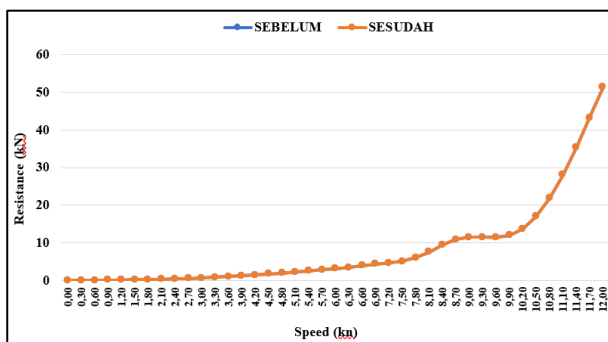
Hambatan kapal merupakan peranan penting yang dialami kapal pada waktu beroperasi. Semakin kecil hambatan kapal maka pemakaian tenaga dan bahan bakar kapal dapat lebih hemat serta mesin penggerak menjadi lebih ringan [8]. Dilakukan analisis hambatan pada kondisi sebelum dan sesudah modifikasi untuk mengetahui

perubahan hambatan dan kebutuhan *power* pada kapal. Pada penelitian ini, analisis hambatan dilakukan menggunakan metode *van oortmerssen* karena metode ini dikenal memiliki tingkat akurasi yang cukup tinggi dalam memberikan estimasi terhadap hambatan kapal [9]. Selain itu, metode ini juga sering diterapkan pada kapal-kapal kecil, dimana batasan untuk penggunaan metode *van oortmerssen* tertera pada Tabel 3.

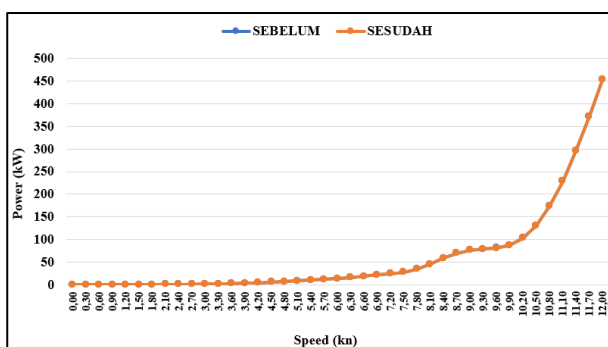
Tabel 3. Batasan Metode Van Oortmerssen

Criteria	Limitations	Value	Status
L_{WL}	8 – 80	20,4	Pass
V	5 – 3000	105,14	Pass
L/B	3 – 6,2	3,6	Pass
B/T	1,9 – 4,0	2,92	Pass
Cp	0,5 – 0,73	0,603	Pass
Cm	0,7 – 0,97	0,533	Pass
LCG/L	-7% – 2,8%	0,439	Pass
$V_s/L^{0,5}$	0 – 1,79	0,692	Pass
Fn	0 – 0,50	0,43	Pass

Setelah mengetahui batasan atau kriteria untuk penggunaan metode *van oortmerssen*, dilakukan olah data menggunakan *software resistance*. Dengan melakukan analisis menggunakan metode berbasis *software*, penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan evaluasi yang lebih menyeluruh terkait hambatan pada kapal [9].



Gambar 11. Grafik Analisis Resistance Sebelum dan Sesudah Modifikasi



Gambar 12. Grafik Analisis Power Sebelum dan Sesudah Modifikasi

Tabel 4. Nilai Analisis *Resistance* dan *Power* Sebelum dan Sesudah Modifikasi

Speed	Resistance		Power	
	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
Half	3,10	3,10	13,71	13,66
Full	51,40	51,40	453,66	453,46

Gambar 11 merupakan hasil dari analisis *resistance* kapal sebelum dan sesudah modifikasi. Berdasarkan hasil analisis, tidak terdapat perubahan terhadap hambatan kapal pada kondisi sebelum dan sesudah modifikasi, yaitu sebesar 51,5 kN. Hal ini dapat terjadi karena tidak ada perubahan terhadap ukuran lambung kapal pada kondisi sebelum dan sesudah modifikasi.

Gambar 12 merupakan hasil analisis *power* kapal sebelum dan sesudah modifikasi. Terdapat perubahan sebesar 0,002% dimana pada hasil sesudah modifikasi didapatkan kebutuhan *power* yang lebih kecil yaitu 454,05 kW dibanding kebutuhan *power* sebelum modifikasi yaitu 454,06 kW. Meskipun perubahan kebutuhan *power* yang kurang dari 1% tidak memberikan dampak yang signifikan secara teknis, namun hasil numerik yang ditunjukkan masih dalam batas normal untuk kebutuhan *power* KLM Leyla.

3.4. Analisis Stabilitas

Stabilitas kapal merupakan kondisi ketika kapal mampu kembali ke posisi semula setelah mendapat gaya baik dari faktor internal maupun faktor eksternal lambung kapal [11]. Analisis stabilitas yang dilakukan pada penelitian ini berdasarkan kriteria IMO *Intact Stability (IS Code)* 2008 yaitu *Code A. 749 (19) Ch 3-design criteria applicable to all ships* [12]. Dalam penelitian ini terdapat 2 analisis stabilitas yang dilakukan yaitu analisis stabilitas pada kondisi sebelum dan sesudah modifikasi serta analisis stabilitas pada kondisi kapal saat terjadi keadaan darurat.

3.4.1. Analisis Stabilitas Sebelum dan Sesudah Modifikasi

Analisis dilakukan menggunakan 3 *load condition* yang tertera pada Tabel 5 dan 6, dimana terdapat perubahan pada bagian sebelum modifikasi yang semula FW (*fresh water*) Tank 1 menjadi FO (*fuel oil*) Bunker Tank 1 pada tabel sesudah modifikasi. *Load condition* dalam analisis ini merupakan perencanaan kondisi muatan yang secara rinci dijelaskan sebagai berikut:

- *Load Condition* (LC) 1, merupakan keadaan kapal baru berangkat dimana kondisi muatan dan bahan bakar kapal dalam keadaan penuh.

- *Load Condition* (LC) 2, merupakan keadaan kapal dalam 50% perjalanan dengan muatan kapal penuh dan bahan bakar 50%.
- *Load Condition* (LC) 3, merupakan keadaan kapal dalam 75% perjalanan dengan bahan bakar 25%.

Tabel 5. *Loading Condition* Sebelum Modifikasi

Item	LC 1	LC 2	LC 3
<i>Passenger & Crew</i>	100%	100%	100%
<i>Passenger Luggage</i>	100%	100%	100%
<i>Consumable Food</i>	100%	50%	25%
FO Tank (P)	100%	50%	25%
FO Tank (S)	100%	50%	25%
FW Tank 1 (P)	100%	50%	25%
FW Tank 1 (S)	100%	50%	25%
FW Tank 2 (S)	100%	50%	25%
FW Tank 2 (P)	100%	50%	25%
FW Tank 3 (S)	100%	50%	25%
FW Tank 3 (P)	100%	50%	25%
FW Tank 4 (S)	100%	50%	25%
FW Tank 4 (P)	100%	50%	25%
<i>Fuel Oil Tank</i> (C)	100%	50%	25%

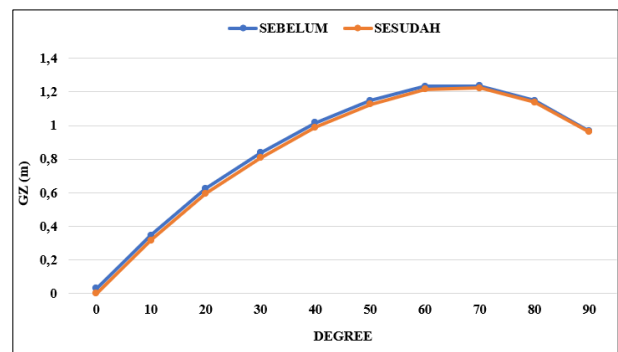
Tabel 6. *Loading Condition* Sesudah Modifikasi

Item	LC 1	LC 2	LC 3
<i>Passenger & Crew</i>	100%	100%	100%
<i>Passenger Luggage</i>	100%	100%	100%
<i>Consumable Food</i>	100%	50%	25%
FO Tank (P)	100%	50%	25%
FO Tank (S)	100%	50%	25%
FO Bunker Tank 1 (P)	100%	50%	25%
FO Bunker Tank 1 (S)	100%	50%	25%
FW Tank 2 (S)	100%	50%	25%
FW Tank 2 (P)	100%	50%	25%
FW Tank 3 (S)	100%	50%	25%
FW Tank 3 (P)	100%	50%	25%
FW Tank 4 (S)	100%	50%	25%
FW Tank 4 (P)	100%	50%	25%
<i>Fuel Oil Tank</i> (C)	100%	50%	25%

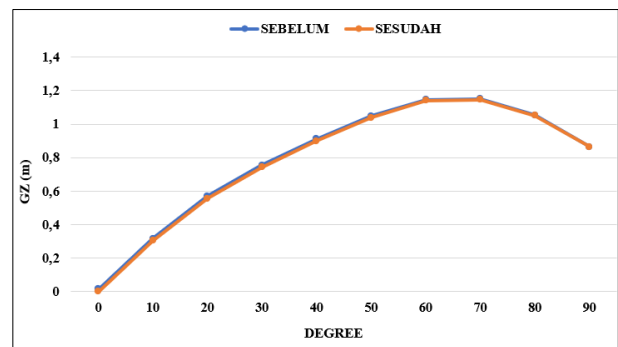
Hasil dari *loading condition* dijadikan sebagai acuan untuk mengetahui performa stabilitasnya, sehingga didapatkan hasil analisis stabilitas pada kondisi sebelum dan sesudah modifikasi.

Tabel 7. Nilai GZ Pada Setiap Kondisi

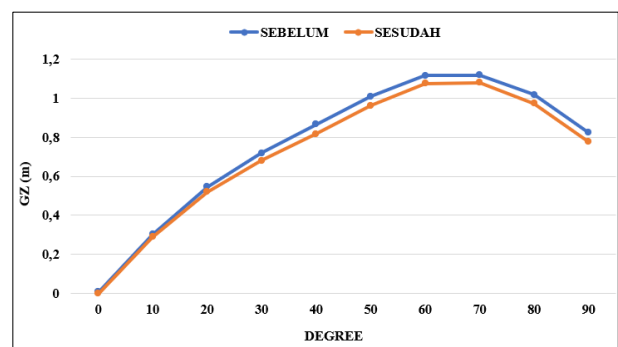
Kondisi	Sudut Kemiringan	Nilai	
		Sebelum	Sesudah
<i>Loading Condition 1</i>	0	0,029	0
	50	1,149	0,125
	90	0,966	0,961
<i>Loading Condition 2</i>	0	0,014	0
	50	1,049	1,040
	90	0,863	0,864
<i>Loading Condition 3</i>	0	0,007	0
	50	1,009	0,962
	90	0,825	0,778



Gambar 13. Grafik GZ Pada *Loading Condition 1*



Gambar 14. Grafik GZ Pada *Loading Condition 2*



Gambar 15. Grafik GZ Pada *Loading Condition 3*

Gambar 13 merupakan hasil analisis stabilitas pada *loading condition 1* kondisi sebelum dan sesudah modifikasi, dimana terdapat perbedaan sebesar 2,5% dengan nilai pada kondisi sesudah modifikasi yang lebih kecil pada tiap derajat.

Gambar 14 merupakan hasil analisis stabilitas pada *loading condition 2* kondisi sebelum dan sesudah modifikasi, dimana terdapat perbedaan yang tidak terlalu jauh yaitu sebesar 1,07% dengan nilai pada kondisi sesudah modifikasi yang lebih kecil pada tiap derajat.

Gambar 15 merupakan hasil analisis stabilitas pada *loading condition 3* kondisi sebelum dan sesudah modifikasi, dimana terdapat perbedaan sebesar 4,6% dengan nilai pada kondisi sesudah modifikasi yang lebih kecil pada tiap derajat.

Hasil analisis stabilitas yang tertera dalam grafik *loading condition 1*, *loading condition 2*, dan *loading condition 3* pada kondisi sebelum dan sesudah modifikasi telah memenuhi syarat yang

diacu pada setiap kondisi yang direncanakan. Hasil dari angka yang didapat antara kedua kondisi juga tidak terlalu jauh sehingga dapat dikatakan perubahan pada kapal tidak terlalu memberikan pengaruh besar terhadap stabilitas kapal.

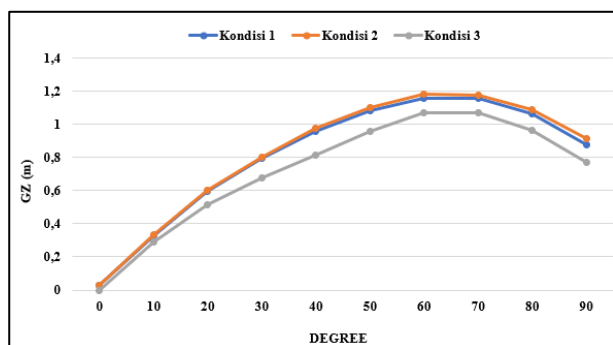
3.4.2. Analisis Stabilitas Pada Kondisi Kapal Dalam Keadaan Darurat

Analisis stabilitas ini dilakukan untuk mengetahui stabilitas kapal ketika penumpang berkumpul di beberapa titik tertentu sesuai dengan *safety plan* yang telah ditambahkan pada kapal saat terjadi keadaan darurat. Dalam analisis ini terdapat 3 kondisi dengan rincian sebagai berikut:

- Kondisi 1, merupakan keadaan ketika seluruh penumpang berkumpul di *muster station* yang terletak di *upper deck*.
- Kondisi 2, merupakan keadaan ketika seluruh penumpang berkumpul di geladak kapal.
- Kondisi 3, merupakan keadaan ketika 60% penumpang berkumpul di *muster station*, 20% penumpang berkumpul di geladak buritan, serta 20% penumpang berkumpul di geladak haluan pada saat yang bersamaan.

Tabel 8. Nilai GZ Pada Setiap Kondisi

Degree	LC 1	LC 2	LC 3
0	0,029	0,029	0
50	1,081	1,101	0,956
90	0,879	0,911	0,768



Gambar 16. Grafik GZ Pada Setiap Kondisi

Tabel 7 merupakan keterangan numerik dari Gambar 16 yang merupakan grafik lengan pengembali (GZ) pada setiap kondisi, dimana dari analisis yang dilakukan didapatkan data bahwa setiap kondisi telah memenuhi syarat yang diacu.

3.5. Analisis Olah Gerak

Analisis olah gerak digunakan untuk mendapatkan nilai pergerakan kapal yang efisien mungkin selama perjalanan. Dalam penelitian ini, acuan yang digunakan adalah kriteria olah gerak *U.S. Coast Guard Cutter Certification Plan*.

Analisis olah gerak yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan 4 sudut *heading*, yaitu 45° pada *stern sea*, 90° pada *beam sea*, 135° pada *bow quarter sea*, dan 180° pada *head sea*. Sudut *heading* ini kemudian dianalisis menggunakan karakteristik gelombang *slight*, *moderate*, dan *rough* yang telah disesuaikan dengan kondisi perairan Labuan Bajo yang tertera pada Tabel 9.

Tabel 9. Karakteristik Gelombang

Range of Wave Height (m)	Wave Height	Wave Period	Description
0,5 – 1,25	1,2	7,5	Slight
1,25 – 2,5	1,85	9	Moderate
2,5 – 4,0	2,85	9,7	Rough

Tabel 10. Hasil Analisis Olah Gerak

Before Modification						
Criteria	Wave Heading	1,2	1,85	2,85	Max Value	Status
Heaving (M)	45	0,26	0,43	0,67		Pass
	90	0,28	0,45	0,7		
	135	0,31	0,48	0,73		
	180	0,33	0,49	0,75		
Rolling (degree)	45	2,22	1,92	2,48	8 Deg	Pass
	90	4,63	5,17	6,94		
	135	2,6	3,04	4,15		
	180	0	0	0		
Pitching (degree)	45	1,25	1,48	2,04	3 Deg	Pass
	90	0,73	0,81	1,09		
	135	1,18	1,38	1,88		
	180	1,46	1,73	2,39		
After Modification						
Criteria	Wave Heading	1,2	1,85	2,85	Max Value	Status
Heaving (M)	45	0,26	0,43	0,67		Pass
	90	0,28	0,45	0,7		
	135	0,31	0,48	0,73		
	180	0,33	0,49	0,75		
Rolling (degree)	45	2,22	1,92	2,48	8 Deg	Pass
	90	4,64	5,18	6,95		
	135	2,6	3,05	4,15		
	180	0	0	0		
Pitching (degree)	45	1,25	1,48	2,04	3 Deg	Pass
	90	0,73	0,81	1,09		
	135	1,18	1,38	1,88		
	180	1,46	1,73	2,39		

Pada hasil analisis yang tertera pada Tabel 10, didapatkan nilai *rolling* tertinggi pada tinggi gelombang 2,85 meter di derajat 90 yaitu sebesar 6,95 derajat. Kemudian untuk nilai *heaving* tertinggi terjadi pada derajat ke 180 yaitu sebesar 0,751 meter dengan ketinggian gelombang 2,85 meter, dan untuk nilai *pitching* tertinggi terdapat pada derajat ke 180 yaitu sebesar 2,39 derajat pada ketinggian gelombang 2,85 meter.

Berdasarkan hasil, analisis olah gerak kapal pada kondisi sebelum dan sesudah modifikasi telah memenuhi kriteria dimana kondisi perpindahan

vertikal kapal (*heaving*) akibat gelombang masih dalam batas aman, sudut oleng kapal (*rolling*) tidak melebihi batas, dan gerakan mengguncak kapal (*pitching*) tetap terkendali sehingga tidak menyebabkan benturan keras di haluan atau buritan. Hal ini berarti gerakan kapal masih dalam batas kenyamanan dan keselamatan yang dapat diterima untuk penumpang, kru kapal, maupun muatan.

3.6. Perhitungan Konstruksi Sesuai Klasifikasi Kapal Kayu Bagian 3 Vol. VI BKI

Hingga saat ini, memang tidak ada peraturan pemerintah yang mengatur kewajiban klasifikasi untuk kapal tradisional. Namun alangkah lebih baik jika di masa sekarang pembangunan kapal yang sesuai standar klasifikasi mulai diterapkan pada galangan kapal tradisional supaya kapal yang dihasilkan memiliki segi keamanan layar yang lebih baik [13].

Kapal pinisi tidak secara khusus tertuang dalam peraturan BKI. Penulis menggunakan aturan BKI Volume VI Peraturan Kapal Kayu Bagian 3, dengan dasar pada bagian A butir A “Peraturan ini berlaku untuk kapal dengan panjang hingga 36 m yang konstruksi lambungnya terbuat dari material kayu” [14].

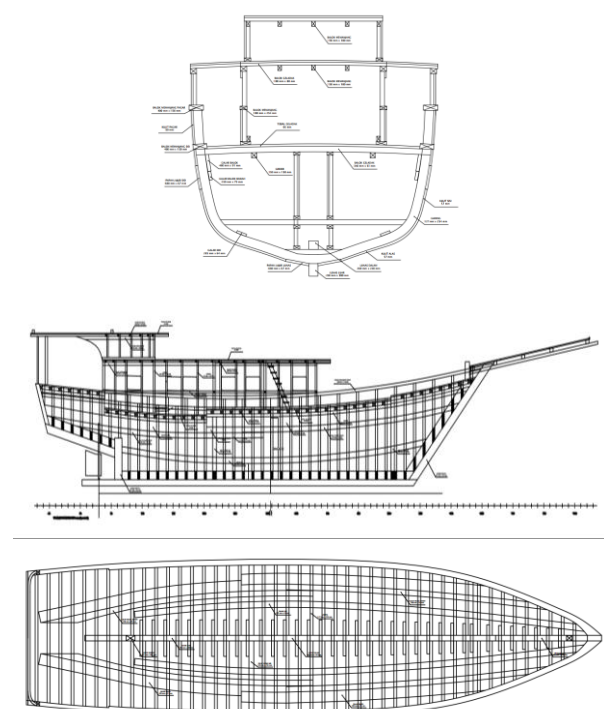
Pada perhitungan konstruksi kapal ini menggunakan acuan pelayaran samudera terbatas Biro Klasifikasi Indonesia, dimana ini sesuai dengan musim puncak wisatawan pada daerah yang disinggahi. Pada pertengahan tahun kapal pinisi akan cenderung berkumpul di daerah Labuan Bajo dan sekitarnya sedangkan pada akhir dan awal tahun akan berpindah menuju Raja Ampat.

Adapun hasil dari perhitungan dengan menggunakan tabel-tabel pada Peraturan Konstruksi Kapal Kayu BKI adalah sebagai berikut:

- 1) Penambahan Luas Penampang
Pada perhitungan ini berlaku untuk kapal-kapal dengan perbandingan $L/H > 8$. Angka perbandingan L/H yang didapat pada kapal ini adalah 5,55 dan tidak lebih dari 8 sehingga tidak perlu adanya penambahan luas penampang.
- 2) Lunas Kayu Balok
 - Penampang = 1570 cm^2
 - Lunas luar = $270 \times 320 \text{ mm}$
 - Lunas dalam = $280 \times 255 \text{ mm}$
 - Jml. potongan = 2 potongan
- 3) Linggi Haluan dan Linggi Buritan
 - Linggi haluan = $275 \times 415 \text{ mm}$
 - Linggi buritan = $275 \times 435,75 \text{ mm}$

- 4) Konstruksi Gading
 - Jarak gading berganda = 570 mm
 - Tebal kulit sisi dan alas = 61 mm
 - Papan lajur atas & lunas = $760 \times 72 \text{ mm}$
- 5) Wrang
 - Lebar wrang = 2800 mm
 - Tinggi wrang = 6300 mm
 - Lunas luar dan dalam = 345 mm
- 6) Galar Kim dan Galar Balok
 - Penampang galar balok = 630 cm^2
 - Galar balok = $450 \times 93 \text{ mm}$
 - Galar balok sisi = $145 \times 145 \text{ mm}$
 - Galar balok bawah = $255 \times 82 \text{ mm}$
 - Galar balok kim = $290 \times 65 \text{ mm}$
- 7) Konstruksi Balok Geladak dan Braketnya
 - Jarak balok geladak = 780 mm
 - Tebal geladak = 66 mm
 - Tutup sisi geladak = $340 \times 61 \text{ mm}$
 - Jml. braket horizontal = 9
 - Tebal pagar = 50 mm

Berdasarkan hasil dari perhitungan konstruksi yang telah disesuaikan dengan regulasi BKI, didapatkan hasil gambar konstruksi seperti pada Gambar 17, yang dapat digunakan sebagai referensi atau acuan untuk pembangunan kapal pinisi selanjutnya.



Gambar 17. Profil Konstruksi

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan hasil *redrawing lines plan* kapal dan modifikasi *general arrangement* yang disertai

penambahan *safety plan* berdasarkan SOLAS *chapter II-2* pada KLM Leyla yang dapat digunakan sebagai pedoman dalam pembangunan kapal pinisi yang lebih optimal dari segi kenyamanan dan keselamatan penumpang serta kru kapal.

Dari segi analisis hambatan, kapal sesudah modifikasi memiliki kebutuhan *power* yang 0,002% lebih kecil yaitu 454,05 kW dibanding kebutuhan *power* sebelum modifikasi yaitu 454,06 kW. Meskipun perubahan kebutuhan *power* yang kurang dari 1% tidak memberikan dampak yang signifikan secara teknis, namun hasil numerik yang ditunjukkan masih dalam batas normal untuk kebutuhan *power* KLM Leyla. Sedangkan dari segi analisis stabilitas dan olah gerak, kapal sebelum dan sesudah modifikasi memiliki nilai yang tidak terlalu jauh untuk analisis stabilitas dan memiliki nilai yang sama untuk analisis olah gerak. Baik dari segi analisis stabilitas maupun olah gerak pada kondisi sebelum dan sesudah modifikasi telah memenuhi syarat yang dirujuk serta masih dalam batas kenyamanan dan keselamatan yang dapat diterima untuk penumpang, kru kapal, maupun muatan.

Dengan adanya perhitungan konstruksi sesuai regulasi, didapatkan hasil konstruksi profil yang dapat digunakan sebagai referensi atau acuan untuk pembangunan kapal pinisi selanjutnya yang lebih terstruktur.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Antonius, M. I Gusti Agung Oka, "Kendala Pengembangan Pariwisata di Destinasi Pariwisata Labuan Bajo Nusa Tenggara Timur," *Jurnal Destinasi Pariwisata*, vol. 8, no. 1, 2020.
- [2] A. Rachman, M. N. Misbah, and M. Wartono, "Kesesuaian Ukuran Konstruksi Kapal Kayu Nelayan di Pelabuhan Nelayan (PN) Gresik Menggunakan Aturan Biro Klasifikasi Indonesia (BKI)," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 1, no. 1, pp. 84-87, 2012.
- [3] S. Rahmi, S. A. Kamaruddin, A. Adam, and A. Usman, "Pengembangan Desain Bentuk Dan Makna Pembuatan Kapal Pinisi Berbasis Kearifan Lokal," *Journal on Education*, vol. 6, no. 4, pp. 18406–18416, 2024, doi: 10.31004/joe.v6i4.5795.
- [4] Baharuddin, S. Andi Husni, W. Wahyu, "Redesain *Escape Route* dan Perlengkapan Keselamatan pada Kapal Pinisi Sesuai Standar NCVS (*Non-Convention Vessel Standard*) Studi Kasus KLM Elysian," *Jurnal Riset Teknologi Perkapalan*, vol. 2, no. 1, pp. 27-37, 2024.
- [5] A. Nugraha and D. Hardianto, "Desain Fire and Safety Plan untuk Kapal Ro-Ro (Studi Kasus Kapal KMP. SMS Swakarya)." pp. 117–126, 2019.
- [6] K. Anam, E. S. Hadi, P. Manik, D. T. Perkapalan, F. Teknik, and U. Diponegoro, "Pembuatan Aplikasi Perancang Lines Plan Dengan Metode Diagram Nsp (*Nederlandsch Scheepbouwkundig Proefstation*) Berbasis Macro Vba Ms. Office Excel Dan Pendekatan B-Spline Untuk Mempermudah Proses Perancangan Kapal," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 4, no. 4, pp. 811–820, 2017.
- [7] International Maritime Organization, International Convention For The Safety Of Life At Sea (SOLAS), Consolidated Edition 2004: Chapter II-2, Construction-Fire Protection, Fire Detection, and Fire Extinction. London: IMO Publishing, 2004.
- [8] F. Fernando Yuliansyah, D. Chrismianto, and S. Ari Wibawa Budi, "Analisa Hambatan Total dan Lift Force pada Kapal Crew Boat," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 02, no. 04, pp. 49–57, 2014.
- [9] S. Suardi *et al.*, "Analisis Perbandingan Hambatan Kapal Ikan 28 Gt Berdasarkan Variasi Metode Perhitungan Hambatan," *INOVTEK Polbeng*, vol. 14, no. 02, pp. 140–151, 2024, doi: 10.35314/7s496782.
- [10] V. M. Ngoc, N. T. Hai Ha, P. M. Ngoc, D. Van Tung, N. H. Hao, and T. N. Tu, "Numerical Investigation on the Influence of Ship Hull Form Modification on Resistance of the 4600DWT Cargo Ship Using RANSE Method," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 1278, no. 1, 2023, doi: 10.1088/1755-1315/1278/1/012023.
- [11] E. Audhi Rachman Pradana, U. Budiarto, O. Mursid, "Studi Perancangan dan Kelaik Lautan Kapal *Offshore Patrol Vessel* (OPV) untuk Menjaga Kedaulatan Wilayah Laut Natuna Utara", *Jurnal Teknik Perkapalan*, 2023.
- [12] J. Hasil Karya Ilmiah, A. Pengaruh Kedalaman, S. Tinggi Gelombang Perairan Terhadap Olah Gerak Kapal Hafidh Ivandri, and I. Pujo Mulyatno, "Jurnal Teknik Perkapalan," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 5, no. 4, p. 785, 2017, [Online]. Available: <http://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval>.
- [13] S. Jokosisworo, A. Wibawa, and B. Santosa, "Analisa Teknis Km Putra Bimantara Iii Menurut Peraturan Konstruksi Kapal Kayu Bki," *Kapal*, vol. 5, no. 1, pp. 6–14, 2012.
- [14] Biro Klasifikasi Indonesia, "Peraturan Klasifikasi dan Konstruksi : Kapal Kayu," vol.

VI. 2023, [Online]. Available: www.bki.co.id.