



ISSN 2338-0322

# JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

## Analisis Stabilitas Kendaraan Amfibi Pengangkut Artileri (KAPA) Berdasarkan Standar *Internasional Maritime Organization* (IMO)

David Nicholas Simanjuntak<sup>1)</sup>, Good Rindo<sup>2)</sup>, Wilma Amiruddin<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Laboratorium Desain dan Digitalisasi Kapal

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

\*e-mail :davidnicholas050@gmail.com

### Abstrak

Stabilitas merupakan salah satu faktor yang berperan penting dalam sifat-sifat light load kapal yang akan berpengaruh pada keselamatan kapal. Kendaraan Amfibi Pengangkut Artileri (KAPA) yang sesuai dengan standar sangat diperlukan ketika operasi berlangsung. Tujuan dari penelitian ini mengetahui stabilitas KAPA saat beroperasi mengacu pada standar *Internasional Maritime Organization* (IMO) dan mengetahui olah gerak KAPA pada saat beroperasi. Penelitian ini menggunakan software Rhinoceros untuk medesain bagian lambung kapal. Analisa stabilitas menggunakan software Maxsurf dengan muatan kapal kosong, muatan kapal yang ditambah dengan mobil jeep, muatan kapal yang ditambah dengan artileri, dan muatan kapal yang ditambah dengan 30 tentara marinir. Hasil Analisis setiap loadcase menggambarkan kondisi stabilitas kapal. Berdasarkan analisis GM terbesar terjadi pada kondisi kapal kosong, sedangkan nilai GM terkecil dimiliki oleh kondisi kapal yang terisi oleh 30 tentara marinir. Hasil penelitian menunjukkan bahwa KAPA memenuhi standar IMO dan analisis seakeeping menggunakan software Maxsurf dengan variasi kecepatan 0 dan 10 km/jam, pada analisis seakeeping didapatkan hasil heaving terbesar diantara kedua variasi terjadi pada saat variasi menggunakan kecepatan dengan sudut 180°, hasil rolling terbesar pada saat ke 2 variasi dengan sudut 90°, dan hasil pada pitching terbesar pada saat variasi menggunakan kecepatan dengan sudut 180°. Hasil penelitian olah gerak kapal menunjukkan sudah memenuhi kriteria Nordfosc.

Kata Kunci : KAPA, Stabilitas, Olah gerak kapal

### 1. PENDAHULUAN

Kapal Amfibi Pengangkut Artileri sudah banyak digunakan di berbagai negara biasanya untuk membantu pasukan tentara yang berada di darat melalui jalur perairan, selain itu kapal amfibi juga bisa membantu saat terjadinya bencana banjir. Kapal amfibi ini biasanya mengangkut artileri, hingga bisa mengangkut muatan truk. Oleh karena itu kapal ini harus stabil jika diberi beban yang berat atau sesuai payload kapal itu yang berkisar 14.000 kg. Beban yang ada diatas kapal akan berpengaruh terhadap performa stabilitas. Kapal harus mempunyai stabilitas dan olah gerak kapal yang bagus agar keselamatan pada saat berjalanya operasi dilakukan.

Muatan yang dibawa pada kapal juga berpengaruh pada stabilitas kapal. Ketika cuaca buruk kapal akan bergoyang menyebabkan gaya tumbukan yang dihasilkan lebih besar, sehingga mengakibatkan kapal oleng lebih besar dan bisa menyebabkan kapal terbalik. Penelitian pada stabilitas sebelumnya menyimpulkan bahwa hasil dari perbandingan analisa pada kapal monohull dan kapal modifikasi Trimaran memenuhi standar IMO (*Internasional Maritime Organization*) yang ditunjukan bahwa semakin lebar kapal akan menghasilkan performa terhadap stabilitas yang baik dan nilai GZ maksimal ada pada kapal modifikasi Trimaran dengan maksimal GZ 0,925 m

dan pada penelitian ini juga terdapat pembahasan tentang olah gerak kapal yang menyimpulkan bahwa hasil modifikasi kapal Trimaran membuat nilai olah gerak yang lebih kecil dari monohull sebelumnya.[1] Pada penelitian lainnya juga menyatakan hasil perbandingan stabilitas kapal sebelum dan sesudah dikonversi sudah memenuhi kriteria, dari hasil nilai GZ maksimum dari *Offshore Supply Vessel* lebih kecil dibandingkan dengan yang sudah dikonversi ke kapal *Passanger Ship* dan untuk olah gerak kapalnya pada perhitungan RMS nilai RMS sudah sesuai dengan kriteria *Nordfosk* yaitu gerakan rolling maksimum 4 *degree*, pada model tersebut terjadi perbedaan model sebesar 30%. [2]

Penelitian ini akan dibuat variasi dengan 4 kondisi pada stabilitas yaitu dengan kapal kosong ditambah 100% FOT, kapal dengan mobil jeep ditambah 100% FOT, kapal dengan artileri ditambah 100%, dan kapal dengan mengangkut tentara marinir ditambah 100% FOT. Untuk bagian olah gerak kapal terdapat 2 variasi kecepatan dan 3 sudut heading.

Tujuan pada penelitian ini untuk melihat pengaruh beban diatas kapal yang berbeda terhadap stabilitas dari 4 jenis variasi dan untuk mengetahui pengaruh kecepatan dari 3 sudut terhadap nilai olah gerak kapalnya.

## 2. METODE

Metode penelitian dalam melakukan perlakuan beban diatas kapal, kemudian dari perlakuan tersebut akan dilihat stabilitas dan olah gerak. Faktor stabilitas dalam kajian yang dipakai digunakan kriteria IMO, sedangkan untuk olah gerak memakai kriteria Nordfosk 1987.

### 2.1. Objek Penelitian

Penelitian ini merupakan data primer dan sekunder yang didapat dari jurnal dan literatur lainnya. Data primer yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

Tabel 1. Ukuran Utama Kapal

No.	Spesifikasi	
1	Panjang	9.15 m
2	Lebar	3.15 m
3	Tinggi	2.15 m
4	Displacement	9.550 kg
5	Kecepatan	10 km/jam= 5,39 kn
6	Lightship	5.111 ton

Tabel 2. Ukuran Utama Mobil Jeep

No.	Spesifikasi	
1	Panjang	3.35 m
2	Lebar	1.57
3	Tinggi	1.77
4	Berat	1.113 kg

Tabel 3. Ukuran Utama Artileri

No.	Spesifikasi	
1	Panjang	6.95 m
2	Lebar	1.96 m
3	Berat	1.520 kg

Tabel 4. Tentara Marinir

No.	Jumlah tentara	Berat
1	30	80 kg
	Total berat	2400 kg

### 2.2. Stabilitas

Stabilitas kapal didefinisikan sebagai kemampuan kapal untuk dapat kembali ke posisi semula pasca terjadinya miring karna gaya dari luar atau dari dalam kapal itu sendiri.[3] Stabilitas kapal secara umum adalah kemampuan kapal untuk menegak kembali sehabis kapal menyenget yang disebabkan oleh pengaruh dari luar kapal, contohnya angin, dan ombak.[4] Berdasarkan posisinya, stabilitas kapal dibagi menjadi 2 bagian, yang pertama stabilitas melintang dan stabilitas membujur, dengan pengertiannya:

1. Stabilitas melintang, yaitu kemampuan kapal agar bisa kembali menegak pada saat kapal oleng dari arah melintang disebabkan oleh gaya dari luar.
2. Stabilitas membujur, yaitu kemampuan kapal untuk bisa kembali ke posisi semula pada saat kapal oleng dari arah membujur disebabkan oleh gaya dari luar.

Titik – titik penting yang ada di stabilitas kapal, yaitu : [5]

1. Titik berat (G) adalah titik berat pada kapal, titik ini merupakan titik pusat dari gaya berat yang menekan ke arah bawah. Besarnya nilai KG didapat dari pengurangan nilai titik metasentra (KM) diatas lunas dengan tinggi metasentra (MG).
2. Titik apung (B) adalah titik apung apada kapal, titik ini merupakan titik tangkap resultan gaya yang menekan ke arah atas dari bagian kapal yang tercelup.
3. Titik metasentra (M) adalah titik semu dimana batas titik G tidak boleh melewati diatas titik M untuk kapal yang mempunyai stabilitas positif.

Stabilitas kapal terbagi menjadi 3 kondisi, yaitu stabilitas positif, stabilitas negatif, dan stabilitas netral, dengan pengertiannya:[6]

1. Stabilitas positif merupakan stabilitas pada kapal yang baik, dikarenakan stabilitasnya positif, maka titik G berada dibawah titik M. Kapal memiliki stabilitas yang bagus sewaktu

menyenget dan memiliki kemampuan untuk kembali ke posisi awal.

2. Stabilitas negatif merupakan stabilitas pada kapal yang tidak baik dikarenakan stabilitasnya negatif maka pada posisi ini titik G berada diatas titik M, sehingga kapal tidak memiliki kemampuan tegak kembali saat menyenget.
3. Stabilitas netral merupakan stabilitas pada kapal yang tetap, pada posisi ini titik G dan M saling berhimpit sehingga kapal tidak bisa mengembalikan posisinya ke posisi awal.

Kriteria stabilitas berdasarkan standar Internasional Maritime Organization (IMO) code A 749(18) Ch3- *design criteria applicable to all ships* [7]

Tabel 5. Kriteria Stabilitas

Kriteria	Limit	Unit
Area 0 to 30	3.151	m deg
Area 0 to 40	5.156	m deg
Area 30 to 40	1.718	m deg
Max Gz at 30 or greater	0.200	M
Angle of maximum gz	25.00	Deg
Initial GMt	0.150	M

Pada penelitian ini menggunakan paramareter tidak tetap untuk stabilitas adalah :

Tabel 6. Parameter tidak tetap stabilitas

Tipe kondisi	Bahan bakar	Loadcase
1	100	Kapal Kosong
2	100	Dengan Jeep
3	100	Dengan Artileri
4	100	30 Tentara Marinir

### 2.3. Olah Gerak Kapal

Gerakan kapal terdiri dari 6 jenis pergerakan di laut, yaitu tiga pergerakan translasi (surging, swaying, dan heaving) dan tiga pergerakan rotasi (rolling, pitching, yawing). Dalam studi gerakan kapal, fokusnya adalah pada pergerakan yang hanya dapat direspons oleh kapal. Yaitu rolling, heaving, dan pitching.[8]

#### 1. Heaving

Gerakan kapal yang sejajar dengan sumbu Z dan kapal mengalami gerakan vertikal, naik dan turun.

#### 2. Rolling

Gerakan kapal sekitar sumbu X, diman selama mengguling, sisi kanan kapal bergerak ke sisi kiri dan sebaliknya secara bergantian.

#### 3. Pitching

Gerakan kapal yang berputar sumbu Y, ketika terjadi pitching kapal mengalami perubahan trim bagian haluan dan buritan secara bergantian.

Kriteria olah gerak kapal berdasarkan standar kriteria *Nordfosk 1987* [9]

Tabel 7. Kriteria seakeeping

Descriptions	Navy Vessels
RMS of vertical acceleration at FP	0.275 g
RMS of vertical acceleration at Bridge	0.20 g
RMS of lateral acceleration at Bridge	0.10 g
RMS of Roll	4.0 deg
Probability of Slamming	0.03

Untuk itu parameter tidak tetap untuk seakeeping adalah :

Tabel 8. Parameter tidak tetap seakeeping

Tipe Kondisi	Kecepatan (km/jam)	Sudut Heading
Heaving	0 dan 10	90
		135
		180
Rolling	0 dan 10	90
		135
		180
Pitching	0 dan 10	90
		135
		180

### 2.4. Response Amplitude Operator

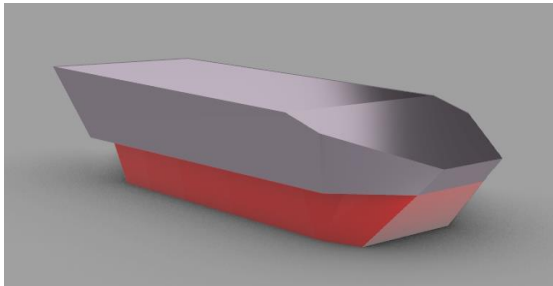
Respon gerakan kapal terhadap gelombang regular diungkapkan dalam RAO (Respon Amplitude Operator), dimana RAO adalah rasio antara amplitude gerakan kapal baik translasi (surging, swaying, dan heaving) maupun rotasi (rolling, pitching, dan yawing) terhadap amplitude gelombang pada frekuensi tertentu. Pada kenyataannya, gelombang di laut bersifat acak, sehingga respon kapal terhadap gelombang regular yang diungkapkan dalam RAO tidak dapat dengan akurat menggambarkan respon sebenarnya dari kapal dalam kondisi laut yang sesungguhnya. [10]

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian ini berdasarkan analisa stabilitas dan olah gerak kapal kapal. Untuk itu sebelum menganalisa, membuat 3d model kapal amfibi pengangkut artileri dengan acuan data kapal. Kapal amfibi pengangkut artileri akan dianalisa stabilitas dengan 4 kondisi dan untuk olah gerak kapal dengan 2 variasi dengan sudut yang berbeda, dari tiap perlakuan ini akan mengetahui performa kapal pada tiap variasi.

#### 3.1. Pemodelan

Pemodelan pada penelitian ini menggunakan bantuan software Rhinoceros dan penelitian ini hanya menganalisis bagian lambung kapal, tidak mengikutkan rantai pada kapal.



Gambar 1. Model Kapal

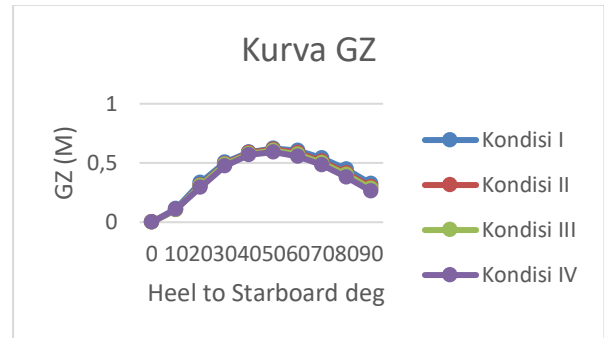
#### 3.2. Analisis Stabilitas

Berdasarkan penelitian ini analisa stabilitas menggunakan software Maxsurf dengan 4 kondisi muatan. Yaitu muatan kapal kosong, muatan kapal yang ditambah dengan mobil jeep, muatan kapal yang ditambah artileri dan muatan kapal yang ditambah 30 tentara marinir.

Tabel 9. Hasil Evaluasi Stabilitas

Criteria	Actual			
	I	II	III	IV
Area 0 to 30; >	6.948	6.564	6.484	6.356
Area 0 to 40; >	12.487	12.019	11.878	11.649
Area 30 to 40; >	5.538	5.455	5.393	5.292
Max GZ at 30 or greater;>	0.623	0.615	0.606	0.593
Maksimum GZ; >	50.9	50	49.1	48.2
Initial GMt; >	0.624	0.504	0.472	0.416

Tabel 9 merupakan data stabilitas pada setiap kondisi yang diasumsikan dan pada kondisi tersebut telah memenuhi aturan dari Internasional Maritime Organization (IMO).



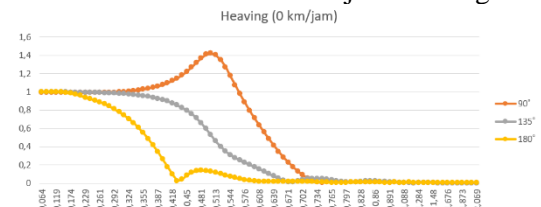
Gambar 2. Kurva GZ.

Berdasarkan gambar 2 merupakan kondisi GZ atau lengan pengembali pada setiap kondisi. Analisa yang telah dilakukan didapatkan data bahwa setiap kondisi loadcase menggambarkan kondisi stabilitas kapal.

#### 3.3. Analisis Seakeeping

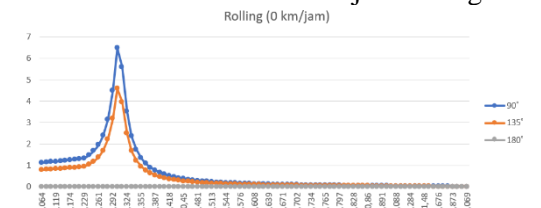
Berdasarkan penelitian ini untuk analisis seakeeping menggunakan software Ansys AQWA dengan variasi kecepatan 0 dan 10 km/jam. Berikut hasil analisis grafik nya :

Gambar 3. Variasi 0 km/jam heaving



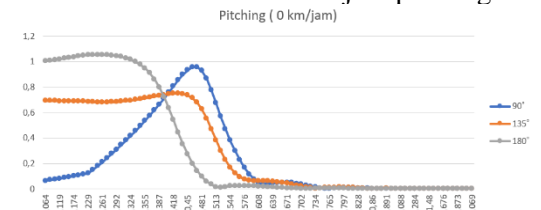
Terlihat pada grafik tersebut heaving paling besar terjadi pada saat sudut 90°.

Gambar 4. Variasi 0 km/jam rolling



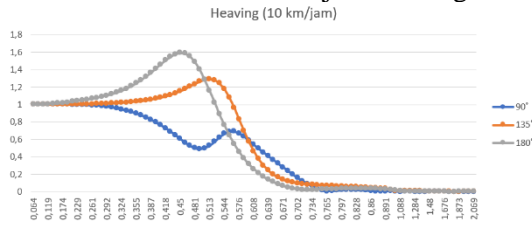
Terlihat pada grafik tersebut rolling paling besar terjadi pada sudut 90°.

Gambar 5. Variasi 0 km/jam pitching



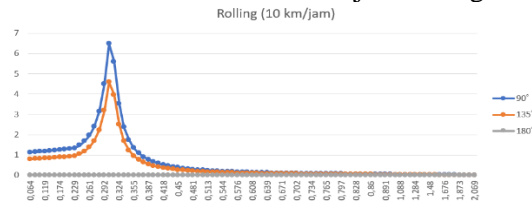
Terlihat pada grafik tersebut variasi pitching paling besar terjadi pada sudut 180°.

Gambar 6. Variasi 10 km/jam heaving



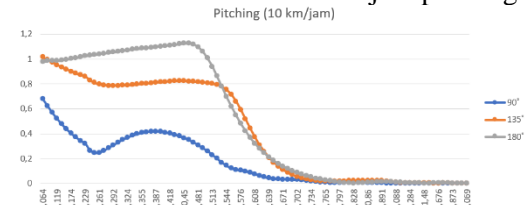
Terlihat pada grafik tersebut dengan memakai kecepatan heaving terbesar terjadi pada sudut 180°.

Gambar 7. Variasi 10 km/jam rolling



Terlihat pada grafik tersebut dengan memakai kecepatan rolling terbesar terjadi pada sudut 90°.

Gambar 8. Variasi 10 km/jam pitching



Terlihat pada grafik tersebut dengan memakai kecepatan pitching terbesar terjadi pada sudut 180°.

Tabel 10. Hasil evaluasi kriteria

RMS of Roll	0 km/ jam		10 km/jam		Max 4 Degree
	Sudut heading	RMS	Sudut heading	RMS	
	90°	3,05	90°	3,05	
	135°	2,16	135°	1,89	Pass
	180°	0	180°	0	

Tabel 10 menggambarkan bahwa hasil analisa seakeeping yang telah dilakukan sudah memenuhi kriteria Nordfosk yang telah ditetapkan yaitu RMS rolling maksimum 4°.

### 3.4. Pembahasan

Faktor-faktor pada saat analisa stabilitas yang bisa mempengaruhi hasil nilai stabilitas pada penelitian ini salah satunya adalah nilai GM dan GZ yang rendah dapat mengakibatkan momen untuk kapal kembali ke posisi semula semakin kecil. Selain itu faktor lainnya terdapat faktor internal. Faktor internal yang terdapat dalam penelitian ini pada saat penambahan beban karena pada saat penambahan beban itu tiap variasi berat

bebannya berbeda jadi akan menghasilkan nilai gz yang berbeda.

Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai olah gerak kapal pada penelitian ini yaitu pada variasi memakai kecepatan dan tidak memakai kecepatan akan mempengaruhi hasil dari nilai seakeepingnya.

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai bahwa hasil analisis stabilitas kapal pada kapal amfibi pengangkut artileri (KAPA) yang mengacu pada aturan *Internasional Maritime Organization* (IMO) didapatkan hasil bahwa pada di keempat kondisi memenuhi standar IMO. Dan nilai GM terbesar terjadi pada kondisi kapal kosong yang menyebabkan kapal memiliki waktu tercepat untuk kembali ke posisi tegak atau semula, sedangkan nilai GM terkecil dimiliki oleh kondisi kapal yang terisi oleh 30 tentara marinir yang menyebabkan kapal memiliki waktu paling lambat untuk kembali ke posisi tegak atau semula.

Berdasarkan hasil analisis seakeeping didapatkan hasil heaving paling besar diantara kedua variasi terjadi pada saat variasi menggunakan kecepatan dengan sudut 180°, hasil rolling terbesar pada saat ke 2 variasi dengan sudut 90°, dan hasil pada pitching terbesar pada saat variasi menggunakan kecepatan dengan sudut 180°. Hasil penelitian olah gerak kapal menunjukkan sudah memenuhi kriteria Nordfosk.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mutmainah, A. Wilma, and R. Good, "Analisa Pengaruh Modifikasi Kapal Monohull Menjadi Kapal Trimaran Terhadap Performa Stabilitas dan Olah Gerak Kapal, Studi Kasus Kapal Dongkrok di Jepara" *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 8, Jan 2020.
- [2] A. Andhyka Cakrabuana, H. Eko Sasmito, and J. Sarjito, "Analisa Stabilitas dan Olah Gerak (Seakeeping) Kapal MV. Pan Marine setelah Dikonversi Dari Kapal Kru Menjadi Kapal Wisata" *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 7, Jan 2019.
- [3] A. W. B. Santoso, Kiryanto, and H. Aglomerra, "Analisa Stabilitas dan Olah Gerak pada KM. Yellow Fin Setelah Penambahan Kapal Pancing," *Jurnal Teknik Perkapalan Undip*, vol. 2. 4, pp. 1-10, 2014.
- [4] P. Wakidjo, *Stabilitas Kapal Penuntun dalam Menyelesaikan Masalah*, II. London:

Thomas Reed Publications Limited  
Sunderland, 1972.

- [5] M. L. Yulianti, I. P. Mulyatno, and A. W. Budi S, “Analisa Stabilitas Kapal Perintis 500 DWT Setelah Penambahan Variasi Posisi Sudut dan Lebar Bilga Keel,” *Jurnal Teknik Perkapalan* , vol. 5, pp. 726–733, 2017.
- [6] M. M. Wahyu Zahputra, S. Khoirun Nisa, and A. N. Fauziyah Ramadina, “Uji Stabilitas Berdasarkan Standar IMO dari Kapal Admiral Moon Menggunakan Software Maxsurf,” Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya, 2022.
- [7] International Maritime Organization (IMO), “Code on Intact Stability For All Type of Ships Covered by IMO Instruments Resolution A.749 (18),” 1995.
- [8] P. Manik, “ANALISA GERAKAN SEAKEEPING KAPAL PADA GELOMBANG REGULER,” *KAPAL* , vol. 4, Feb. 2007.
- [9] Nordfosrk, “ Assessment of ship Perfomance In A Seaway: The Nordic Co-Operative Of Ship,” 1987.
- [10] A. Supriyonggo Nugroho, “Analisa Pengaruh Penambahan Hull Vane Tipe NACA 2415 Sudut 5 ° Pada Kapal Perintis 750 DWT, Variasi Jumlah Dan Posisi Foil Hull Vane Terhadap Hambatan Dan Seakeeping Kapal Dengan Menggunakan Metode CFD,” *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 6, pp. 1–10, Jan 2018.