

Analisa *Motion Sickness Incidence* (MSI) dan Potensi Mabuk Laut Penumpang Kapal Ro-Ro XYZ Pasca Redesain Lambung Kapal

Betty Ariani^{1*}, Ahmad Wildani², Rizky Chandra Ariesta³, M.Hanifuddin Hakim⁴, Marista Oktaviani⁵

^{1,2}Program Studi Teknik Perkapalan, Universitas Muhammadiyah Surabaya, Indonesia

²Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

³Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Surabaya, Indonesia

⁴Program Studi Manajemen, Universitas Muhammadiyah Surabaya, Indonesia

E-mail: ¹betty.ariani@gmail.com, ²ahmadwildani123@gmail.com, ³chandra@its.ac.id, ⁴hanifuddinhakim@ft.um-surabaya.ac.id, ⁵maristaoktaviani@fe.um-surabaya.ac.id

*penulis korespondensi

Abstrak – Peningkatan efisiensi energi di kapal, penurunan tingkat konsumsi bahan bakar dan emisi menjadi fokus utama implementasi teknologi hijau di kapal. Implementasi dan intervensi teknologi hijau dapat dilakukan sejak tahapan desain. Proses redesain yang dilakukan pada lambung kapal Roro XYZ bertujuan untuk menurunkan tahanan kapal dengan cara melakukan pengaturan sudut deadrise lambung kapal agar didapatkan penurunan tingkat konsumsi bahan bakar dan emisi. Perubahan yang dilakukan menimbulkan dampak pada olah gerak kapal (*seakeeping*) dan indeks kenyamanan (*motion sickness*) pada penumpang. Dalam penelitian ini dilakukan analisa terkait indeks kenyamanan dan potensi mabuk laut terhadap perubahan sudut deadrise yang dilakukan. Parameter gelombang datang 0, 45, 90, 135, and 180 pada variasi kecepatan 6 knot dan 12 knot. Didapatkan hasil bahwa semua variasi sudut deadrise memenuhi Criteria ISO 2631 dan sesuai digunakan berlayar dengan jarak jauh pada kondisi tinggi gelombang 0,5 dan 1 m, jika kapal melewati gelombang dengan tinggi 1,25 m disarankan kapal tidak melebihi kecepatan 6 knots

Kata kunci: redesain kapal, lambung kapal, indeks kenyamanan, olah gerak kapal, sudut deadrise

Abstract – Improving energy efficiency on board ships and reducing fuel consumption and emissions are the main goals of implementing green technology on ships. Green technology implementation and intervention can be done from the design stage. The redesign process carried out on the hull of the Roro XYZ ship aims to reduce the ship's resistance by adjusting the deadrise angle of the hull in order to obtain a reduction in the level of fuel consumption and emissions. The changes made have an impact on the seakeeping and motion sickness for passengers. In this research, an analysis of the comfort index is carried out on changes in the deadrise angle. The incoming wave parameters are 0, 45, 90, 135 and 180 at a speed variation of 6 knots and 12 knots. From the results of the MSI analysis, the 20° angle variation experiences the lowest vertical acceleration response compared to the other variations, but all variations meet ISO 2631 Criteria and are suitable for long-distance sailing at wave height conditions of 0.5 and 1 m, if the ship passes waves with a height of 1.25 m are recommended for ships not to exceed a speed of 6 knots.

Keywords: ship redesign, hull, motion sickness incidence, seakeeping, deadrise angle

1. PENDAHULUAN

Olah gerak kapal merupakan hal terpenting setelah performa dari sebuah kapal, karena olah gerak kapal dapat menentukan kapal tersebut dapat bertahan atau tidaknya pada saat kondisi ekstrim tertentu. Selain itu olah gerak kapal yang buruk juga dapat menyebabkan terjadinya *motion sickness* pada penumpang dan ABK kapal. *Motion sickness* yaitu rasa kurang nyaman disertai dengan sakit kepala atau rasa mabuk yang diakibatkan oleh gerakan kapal atau dalam istilah pelayaran disebut juga mabuk laut, hal ini bisa terjadi karena adanya ketidakcocokan respon antara mata dan indra perasalnya yang di terima oleh otak manusia. Orang yang terdampak mabuk laut biasanya di geladak tertutup dikarenakan tidak dapat melihat gerakan yang terjadi sedangkan indra

lainnya merespon adanya gerakan, sehingga ketidaksesuaian ini direspon oleh otak dengan cara rasa mual, pusing dan sesak napas. Riset yang dilakukan oleh [1][2][3] bagaimana MSI menjadi satu bagian penting yang perlu diperhatikan dalam perancangan sebuah kapal. Kenyamanan dan kesehatan penumpang di kapal merupakan faktor terpenting dalam mendesain suatu kapal dan dapat dianggap sebagai kriteria utama untuk mencapai kinerja seakeeping terbaik untuk kapal penumpang.

MSI (*Motion sickness incidence*) merupakan kriteria standar rasa tidak nyaman yang diakibatkan beragam respon gerakan seperti di dalam pesawat, dimobil dikapal, permainan adrenalin, diruang angkasa dan dielevator. [4] Griffin juga mengamati jenis gejala lain, seperti mual, pernapasan tidak teratur, mengantuk, sakit kepala, dan tidak kepedulian terhadap orang lain. Akhirnya, penumpukan dari gejala tersebut akan menyebabkan muntah. Studi onboard atau laboratorium dilakukan untuk mengklarifikasikan dampak dari respon gerakan kapal (roll, pitch dan heave), frekuensi Gerakan, akselerasi, dan periode insiden. Peneliti lain juga mempelajari hubungan antara frekuensi gerakan vertikal dan percepatan, dan kejadian mabuk perjalanan. [5][4].

Dalam beberapa penelitian yang dilakukan [6][7][8][9] dinyatakan bahwa Pergerakan kapal sangat dipengaruhi oleh energi gelombang dari perjalanan gelombang dan kekuatan eksitasi melalui response amplitude operator (RAO). C.C Fang et al [10] menyatakan bahwa Motion Sickness Incidences (MSI), didasarkan pada standar ISO 2631-1 (1997) dengan analisis hidrodinamika untuk menentukan tingkat akselerasi di lokasi yang berbeda pada tiga kapal dalam gelombang. Efek perpindahan kapal, tinggi gelombang signifikan, periode gelombang, kecepatan kapal, lokasi tempat duduk, arah gelombang dan durasi paparan gerakan pada mabuk laut.

Berikut ini adalah rumus yang digunakan untuk menghitung nilai kemungkinan mabuk laut pada penumpang. [11]

$$MSI = 100 \left[0,5 \pm \operatorname{erf} \left(\frac{\pm \log_{10} \frac{a_v}{g} \pm \mu MSI}{0,4} \right) \right] \quad (1)$$

Dimana ;

MSI : indek MSI

erf : kesalahan fungsi

a_v : akselerasi rata-rata pada titik yang di tentukan

μ MSI : $-0.819 + 2.32 (\log_{10} \omega e)^2$

Standar Internasional orgenation (ISO) telah menetapkan cara untuk menentukan proporsi orang yang terdampak mabuk perjalanan berdasarkan nilai dosis mabuk perjalanan (MSDV) [12]. MSDV dapat di kalkulasi dengan memilih dari dua metode yang ada, Metode ini dilandaskan pada waktu penumpang terkena getaran kapal. Jika dalam pengukuran di lakukan dengan periode yang singkat terhadap getaran, maka pada persamaan (2):

$$MSDV = \bar{a}_v T_0^{1/2} \quad (2)$$

Dimana:

\bar{a}_v : nilai rata – rata akselerasi vertical (m/s²)

T_0 : lama paparan (s)

Jika pengukuran dilakukan pada keseluruhan periode paparan getaran, maka persamaan (3):

$$MSDV = \sqrt{\int_0^T (a_v(t))^2 dt} \quad (3)$$

Dimana :

a_v : percepatan vertikal terhadap frekuensi tertentu.

T : periode paparan.

Setelah mendapat nilai dari MSDV, kemudian jumlah penumpang yang terdampak mabuk laut dihitung menggunakan rumus (4):

$$PP = K_m \cdot MSDV \quad (4)$$

Dimana :

PP ; total penumpang yang mengalami mabuk laut

K_m : nilai tetap yang dihitung berdasarkan total penumpang laki-laki dan perempuan.

Hasil dari riset J. M Riola, [13] Di indeks MSI, anomali gelombang laut dapat diidentifikasi dengan pemodelan gelombang. Fungsi transfer MSI gelombang laut tidak beraturan $Y_{MSI}(\omega_E)$ diperluas dan diubah menjadi spektrum energi gelombang $S_{\zeta\zeta}(\omega_E)$ sebagai berikut (Cauley, 1974) :

$$S_{MSI}(\omega_E) = |Y_{MSI}(\omega_E)|S_{\zeta\zeta}(\omega_E) \quad (5)$$

Kemudian nilai indeks MSI dapat dihitung dengan persamaan (6):

$$MSI = \int_0^{\infty} S_{MSI}(\omega_E) d\omega_E \quad (6)$$

Kenyamanan dan kesehatan penumpang di kapal merupakan faktor terpenting dalam mendesain suatu kapal dan dapat dianggap sebagai kriteria utama untuk mencapai kinerja seakeeping terbaik untuk kapal penumpang. [14][15].

Index nyaman pada kapal dibagi menjadi 2 yaitu MII (*Motion Induced Interruption*) dan MSI (*Motion Sickness Incidence*). Motion sickness indeks secara sederhana dapat diartikan sebagai persentase jumlah dari keseluruhan anggota/ABK dan penumpang yang teridentifikasi rasa tidak nyaman akibat mabuk laut sesudah kapal berlayar saat kondisi badai selama dua jam, seperti kapal hydrofoil dan surface effect ship (SES) sebesar 10% MSI. Untuk kriteria dari MSI sendiri di tunjukkan dalam Tabel 1. MII adalah situasi dimana awak kapal menghentikan semua aktivitas maupun pekerjaan dengan tujuan menjaga keseimbangan dengan cara berpegangan pada bagian mana pun yang terdapat dikapal. MII umumnya terkait efek gerak melintang dikapal, terutama akibat getaran roll. mengambil patokan gerakan roll dengan frekuensi alami sebesar 0.59 rad/det. Kriteria yang sesuai adalah 1x MII per menit. Beberapa petunjuk lain tentang kemampuan aktivitas personal yang dikaitkan dengan percepatan gerak vertical adalah seperti diberikan dalam Tabel 2.

Tabel 1. Kriteria Motion Sickness Index

Skala	Kategori MSI
0 - 5	sedang
5 - 10	Serius
10 - 15	Parah
15 - 20	Berbahaya
20 - 30	over

Tabel 2. Kriteria Motion Induced Interruption

Tingkat keparahan	MII tingkat resiko	MII Per jam	MII Per Menit
1	mungkin	6	0,1
2	kemungkinan	30	0,5
3	Serius	90	1,5
4	parah	180	3
5	Ekstrim	300	5

Dalam ISO 2631 dijelaskan metode bagaimana melihat berapa banyak penumpang merasakan gejala mabuk laut pada waktu tertentu. Selain itu ISO, 2631 juga melakukan estimasi presentase penumpang yang terdampak mabuk laut diberbagai kondisi dikapal. Adapun kriteria itu meliputi 10% MSI sesudah 8 jam pelayaran, 10% MSI sesudah 2 jam pelayaran dan 10% MSI sesudah 0,5 jam. Dikatakan bahwa penyebab utama ketidaknyamanan atau terjadinya mabuk laut disebabkan oleh percepatan vertical. Berikut pada Tabel 3 indeks tingkat kenyamanan terhadap percepatan vertical.

Tabel 3. Tingkat kenyamanan terhadap percepatan vertical

Indeks RMS (ms^{-2})	Respon
< 0,315	Tidak nyaman
0,315 – 0,63	Sedikit tidak nyaman
0,5 – 1,0	Cukup tidak nyaman
0,8 – 1,6	Tidak nyaman
2,5	Sangat tidak nyaman
>2	Sanagat-sangat tidak nyaman

2. METODE

Analisa dan simulasi MSI dilakukan pada kapl Ro-ro dengan data ukuran utama sebagai berikut:

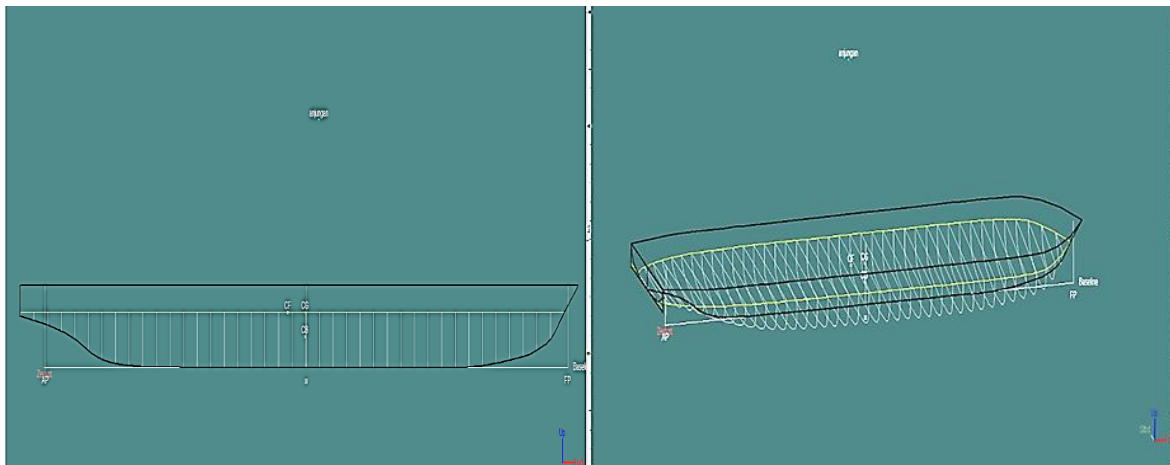
Length (L)	:44.8 m
Breadth (B)	:12 m
Depth (H)	: 3.50 m
Draft (T)	: 2,15 m
Displacement	: 843.0 ton
Koefisien block	: (CB) 0.731
Kecepatan	:12 knots

Untuk menganalisis pergerakan kapal dan melihat efeknya pada indeks MSI, perhitungan harus dilakukan di perangkat lunak Maxsurf Motions Advanced. Kapal dimodelkan dalam 3D dan nilai parameter yang diperlukan untuk menghitung indeks MSI dihitung menggunakan teori strip. Untuk menghitung indeks MSI di butuhkan input data. Data heading dan sprctra digunakan nilai yang paling tinggi yaitu *head sea* 180 dan jonswap 1,25 bisa dilihat pada tabel 5 dan 6. Berikut adalah data-data penunjang lainnya pada Tabel 4.

1) Remote location

Tabel 4. Lokasi Pengukuran (Remote Location)

Nama	longitudina l position	offset	heigth	long.pos. from cg	offset from cg	heigth from cg	MII side friction coefficient	MII fore/ Aft stance coefficient	MII fore/ side stance coefficient
Anjungan	22	11	9,7	1,1	11	7,55	0,7	0,17	0,25



Gambar 1. Gambar remote locations dari tampak samping (a) dan 3D (b)

2) Speed (kecepatan)

Tabel 5. Variasi Kecepatan

No	Nama	Speed knts
1	Sevice speed	6
2	Sevice speed	12

3) Headings (sudut)

Tabel 6. Sudut *Encountering*

No.	Nama	Heading (deg)
1	Stern sea	0
2	Quartering	45
3	Beam sea	90
4	Quartering	135
5	Head sea	180

4) *Spectra* (gelombang)

Tabel 7. Variasi gelombang

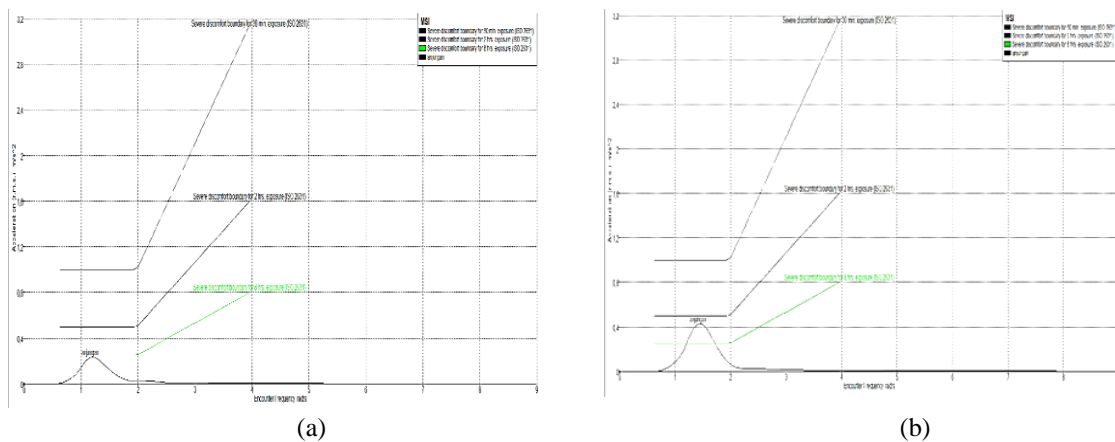
No.	Type	Tinggi gelombang
1	JONSWAP	0,5m
2	JONSWAP	1m
3	JONSWAP	1,25m

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Analisa *Motion sickness incidence*

Dalam penelitian ini terdapat 4 variasi lambung yang di uji yaitu kondisi existing, sudut deadrice 10, 15 dan 20, hasil analisa menggunakan maxsurf motion advanced di dapatkan output grafik dari tiap Variasi sebagai berikut:

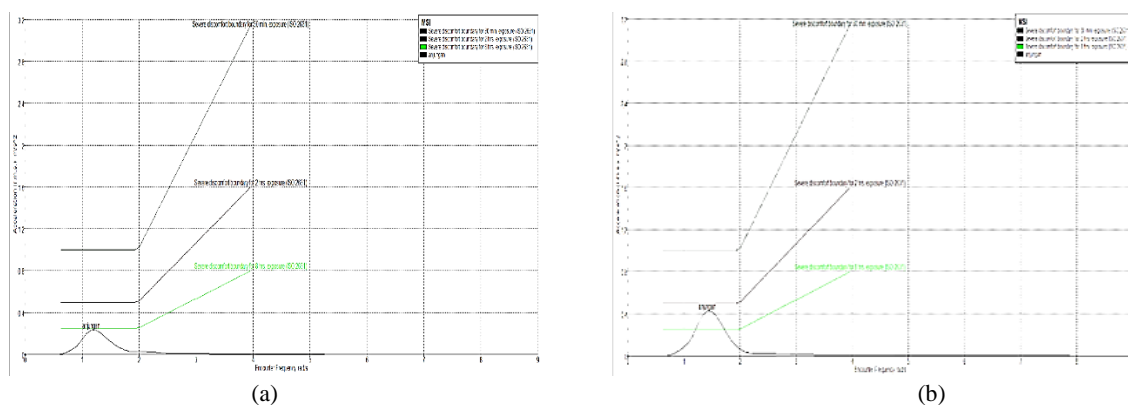
3.1.1 MSI kondisi eksisting



Gambar 2. Grafik MSI kondisi eksisting (a) kecepatan 6 knots dan 12 knots (b)

Dari hasil analisa kondisi eksisting gambar 2, kapal melawan arah gelombang dengan kecepatan 6 knots di area anjungan kapal dalam keadaan stabil di prediksi penumpang tidak akan mengalami mabuk laut, Sedangkan kecepatan 12 knot 10 % dari penumpang di area anjungan akan mengalami mabuk sesudah 8 jam berlayar.

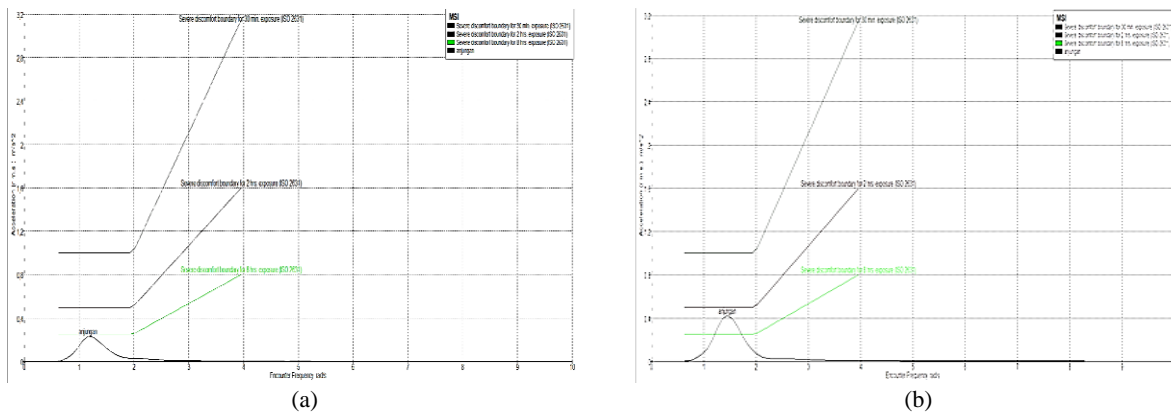
3.1.2 MSI Variasi sudut deadrise 10°



Gambar 3. Grafik MSI variasi sudut deadrise 10° (a) kecepatan 6 knots dan 12 knots (b)

Modifikasi kondisi deadrice 10° ditunjukkan pada Gambar 3, hasil dari grafik tersebut kapal melawan arah gelombang dengan kecepatan 6 knots mempunyai respon yang hampir sama dengan kondisi eksisting dimana penumpang di prediksi tidak akan mengalami mabuk laut pada area anjungan, sedangkan pada kecepatan 12 knots mempunyai respons yang sama dengan kondisi eksisting, dimana 10 % dari penumpang mengalami mabuk laut di area anjungan setelah 8 jam.

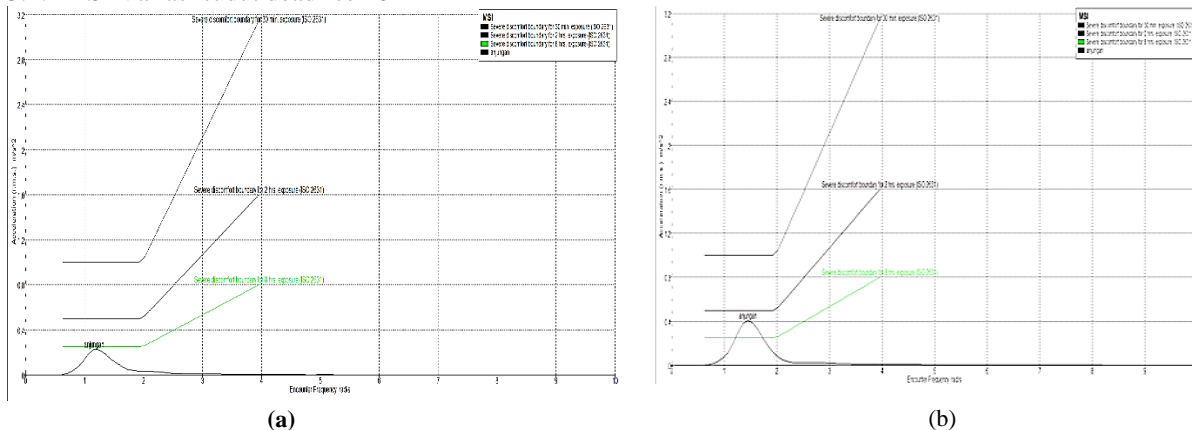
3.1.3 MSI Variasi sudut deadrise 15°



Gambar 4. Grafik MSI variasi sudut deadrise 15° (a) kecepatan 6 knots dan (b) 12 knots

Dapat disimpulkan dari analisa gambar 4 diatas variasi sudut deadrise 15° pada kecepatan 6 knot di area anjungan kapal dalam keadan stabil di prediksikan penumpang tidak akan mengalami mabuk laut, akan tetapi pada kecepatan 12 knots dimana 10 % dari penumpang mengalami mabuk laut di area anjungan setelah 8 jam. Dibandingkan dengan hasil sudut deadrice 10° pada gambar 2 nilai dari variasi 15° mengalami sedikit penurunan nilai respon *vertical accelerations*.

3.1.4 MSI Variasi sudut deadrice 20°



Gambar 4. Grafik MSI variasi sudut deadrice 15° (A) kecepatan 6 knots dan (B) 12 knots

Pada gambar 4 menunjukkan kapal melaju melawan arah gelombang 1,25 m dengan kecepatan 6 knot di area anjungan kapal dalam keadan stabil di prediksikan penumpang tidak akan mengalami mabuk laut, sedangkan kecepatan 12 knot akan ada kecenderungan 10% dari penumpang mengalami mabuk laut saat berlayar diatas 8 jam. Pada variasi 20 ini respon nilai vertical acceleration lebih renda dari variasi lainnya.

4. KESIMPULAN

Hasil dari analisa MSI kapal roro menurut criteria dari ISO 2631 didapatkan hasil. Pada saat kapal melaju melawan arah gelombang 1,25 m dengan kecepatan 6 knots di area anjungan kapal dalam keadan stabil di prediksikan penumpang tidak akan mengalami mabuk laut, sedangkan pada kecepatan kapal 8, 10 dan 12 knots maka dipredkdisikan 10% penumpang yang akan terdampak mabuk laut sesudah priode 8 jam berlayar. Dari hasil analisa MSI tersebut, variasi sudut 20° mengalami respon vertical acceleration yang paling rendah dibandingkan variasi lainnya, akan tetapi semua variasi memenuhi Criteria ISO 2631 dan sesuai digunakan berlayar dengan jarak jauh pada kondisi tinggi gelombang 0,5 dan 1 m, jika kapal melewati gelombang dengan tinggi 1,25 m disarankan kapal tidak melebihi kecepatan 6 knots.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada Kemendikbudristek dan LPDP atas pendanaan dalam hibah riset keilmuan 2021 dengan nomor kontrak 164/E4.1/AK.04.RA/2021.

Daftar Pustaka

- [1] T. A. Nguyen and T.-H. Le, "Study of motion sickness incidence in ship motion," *Sci. Technol. Dev. J.*, vol. 18, no. 4, 2015, doi: 10.32508/stdj.v18i4.992.
- [2] . M., I. K. A. P. Utama, and A. Jamaluddin, "AN INVESTIGATION INTO THE RESISTANCE/POWERING AND SEAKEEPING CHARACTERISTICS OF RIVER CATAMARAN AND TRIMARAN," *MAKARA Technol. Ser.*, vol. 15, no. 1, 2011, doi: 10.7454/mst.v15i1.853.
- [3] A. K. Leung and K. L. Hon, "Motion sickness: an overview," *Drugs Context*, vol. 8, 2019, doi: 10.7573/dic.2019-9-4.
- [4] A. Lawther and M. J. Griffin, "Prediction of the incidence of motion sickness from the magnitude, frequency, and duration of vertical oscillation," *J. Acoust. Soc. Am.*, vol. 82, no. 3, 1987, doi: 10.1121/1.395295.
- [5] J. F. O'Hanlon and M. E. McCauley, "Motion sickness incidence as a function of the frequency and acceleration of vertical sinusoidal motion," *Aerosp. MED.*, vol. 45, no. 4, 1974, doi: 10.1016/s0022-460x(75)80121-0.
- [6] B. Cheung and A. Nakashima, "A review on the effects of frequency of oscillation on motion sickness," *DRDC Toronto TR*, vol. 229, no. October, 2006.
- [7] B. E. Donohew and M. J. Griffin, "Motion sickness: Effect of the frequency of lateral oscillation," *Aviat. Sp. Environ. Med.*, vol. 75, no. 8, 2004.
- [8] P. M. Gahlinger, "Cabin location and the likelihood of motion sickness in cruise ship passengers," *J. Travel Med.*, vol. 7, no. 3, 2000, doi: 10.2310/7060.2000.00042.
- [9] O. Turan, C. Verveniotis, and H. Khalid, "Motion sickness onboard ships: Subjective vertical theory and its application to full-scale trials," *J. Mar. Sci. Technol.*, vol. 14, no. 4, 2009, doi: 10.1007/s00773-009-0064-3.
- [10] D. Hyup Youn, "A Study on the Motion Sickness Incidence According to the Position in the Ship," *Int. J. Eng. Technol.*, 2020, doi: 10.7763/ijet.2020.v12.1177.
- [11] J. M. Giron-Sierra *et al.*, "Model based analysis of seasickness effects in a fast ferry," in *IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)*, 2003, vol. 36, no. 21, doi: 10.1016/S1474-6670(17)37791-1.
- [12] T. Cepowski, "The prediction of the Motion Sickness Incidence index at the initial design stage," *Sci. Journals Marit. Univ. Szczecin*, vol. 31, no. 103, 2012.
- [13] J. M. Riola and R. Pérez, "The seasickness phenomenon," *J. Marit. Res.*, vol. 9, no. 2, 2013.
- [14] A. Scamardella and V. Piscopo, "Passenger ship seakeeping optimization by the Overall Motion Sickness Incidence," *Ocean Eng.*, vol. 76, 2014, doi: 10.1016/j.oceaneng.2013.12.005.
- [15] F. Belga, M. Ventura, and C. Guedes Soares, "Seakeeping optimization of a catamaran to operate as fast crew supplier at the alentejo basin," 2018, doi: 10.1201/9780429505294-66.