

Evaluasi Aspek Gerakan dan Tingkat Kenyamanan Kapal Latih KM. Airaha 02
Evaluation of Movement and Comfort Level Training Ship KM. Airaha 02

Yani Nurita Purnawanti*, Nurul Huda, Egbert Josua Sirait

Politeknik Kelautan dan Perikanan Sorong

*Correspondensi : nurita@polikpsorong.ac.id

Received : November 2021 Accepted : December 2021

ABSTRAK

Kapal Airaha 02 merupakan kapal latih yang dimiliki oleh Politeknik Kelautan dan Perikanan Sorong. Kapal ini merupakan jenis kapal ikan yang berukuran 169 GT, panjang 30,20 m dan lebar 6,30 m. KM. Airaha 02 mampu melaju dengan kecepatan 12,5 knot. KM. Airaha 02 dilengkapi dengan alat tangkap tuna long line dan squid jigging, Frozen fish hold, dan freezing room. Keselamatan dan kenyamanan crew dan penumpang diatas KM. Airaha 02 sangat perlu dipertimbangkan demi kelancaran proses operasi penangkapan ikan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui Olah Gerak Kapal Latih KM. Airaha 02 akibat gelombang acak, sehingga dapat mengetahui tingkat kenyamanan penumpang berdasarkan kriteria ISO 2631 melalui analisis Motion Sickness Incident (MSI). Analisis dilakukan dengan metode reverse engineering. Model 3D dibuat berdasarkan data general arrangement dari KM. Airaha 02, ukuran utama, dan hasil survey langsung. Olah gerak kapal akibat eksitasi gelombang didapatkan dari hasil analisis RAO, selanjutnya tingkat kenyamanan dilakukan dengan analisis MSI. Gerakan terbesar yang dialami oleh KM Airaha 02 yaitu gerakan surge sebesar 2,8 m/m dan roll sebesar 6,1 deg/m. Penumpang mulai merasakan ketidaknyamanan setelah 2 jam perjalanan ketika gelombang datang dari arah head seas. Jika arah datang gelombang dari samping, penumpang mulai merasakan ketidaknyamanan setelah 8 jam perjalanan.

Kata Kunci: KM. Airaha 02, MSI, RAO

ABSTRACT

KM. Airaha 02 is a training vessel owned by the Sorong Marine and Fisheries Polytechnic. This ship is a type of fishing vessel that has a weight of 169 GT, LOA 30.20 m and a width of 6.30 m. KM. Airaha 02 is capable of traveling at a speed of 12.5 knots. KM. Airaha 02 is equipped with long line tuna fishing gear and squid jigging, frozen fish hold, and freezing room. Safety and comfort of crew and passengers on KM. Airaha 02 really needs to be considered for the smooth operation of fishing operations. Therefore, it is necessary to analyze the evaluation of the ship's motion when traveling on random waves in order to calculate the comfort level of passengers based on ISO 2631 criteria. The analysis was carried out by reverse engineering. The 3D model is based on general arrangement data from KM. Airaha 02, the main measure, and direct survey results. The ship's motion due to wave excitation is obtained from the results of the RAO analysis, then the comfort level is carried out by the Motion Sickness Incident (MSI) analysis. The biggest movement experienced by KM Airaha 02 is surge of 2.8 m/m and roll of 6.1 deg/m. Passengers began to feel discomfort after 2 hours of travel when the waves came from the head seas direction. If the direction of the wave is coming from the side, passengers start to feel discomfort after 8 hours of travel.

Keywords: KM. Airaha 02, MSI, RAO

PENDAHULUAN

KM. Airaha 02 (Gambar 1) merupakan kapal latih milik Politeknik Kelautan dan Perikanan Sorong yang dibangun untuk taruna praktik dan survey ilmiah dalam mendukung kegiatan penelitian kelautan dan perikanan. Kapal ini dibangun pada tahun 2007 dan memiliki ukuran 169 GT, panjang 30,20 meter, dan lebar 6,30 meter. KM. Airaha 02 dapat berlayar dengan kecepatan tertinggi 12,5 knot. Kapal ini juga memiliki Radar M1942, pendeteksi ikan, dan GPS C-MAP Chartcard. Mesin utama kapal ini adalah CUMINS 354,35 HP. KM. Airaha 02 memiliki alat pancing tuna *long line* dan *squid jigging*, serta ruang penyimpanan ikan dan ruang pendingin.



Gambar 1. KM. Airaha 02

Keselamatan dan kenyamanan crew dan penumpang diatas KM. Airaha 02 sangat perlu dipertimbangkan demi kelancaran proses operasi penangkapan ikan ataupun survey ilmiah. Tingkat kenyamanan penumpang dapat dianalisa melalui olah gerak kapal ketika melalui gelombang acak (*seakeeping analysis*) dan *Motion Sickness Incident* (MSI) (Qowima, 2018).

Di kapal, *motion sickness*, yang sering disebut mabuk laut, adalah tanda penyakit yang ditimbulkan oleh pergerakan kapal, sehingga menimbulkan gejala fisik yang tidak menyenangkan seperti kesulitan bernapas, pusing, mual, pucat, dan muntah. (McCauley, et.al., 1976) memberikan perkiraan kuantitatif jumlah orang yang akan mabuk laut. Menurut penelitian, percepatan kapal vertikal adalah

penyebab paling umum dari mabuk laut. Selain itu, menurut referensi ISO 2631 (Tabel 1), tingkat kenyamanan atau penyebab utama MSI adalah akselerasi vertikal (ISO, 1997).

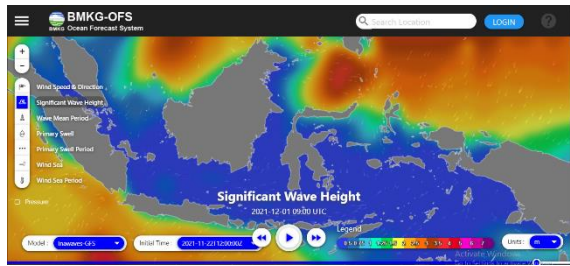
Tabel 1. Tingkat Kenyamanan Berdasarkan Percepatan Vertikal

<i>Standar Percepatan Vertikal (RMS)</i>	
< 0,315 ms ²	Nyaman
0,315 – 0,63	Sedikit tidak nyaman
0,63 – 1,0	Cukup tidak nyaman
1,0 – 1,6	Tidak nyaman
1,6 – 2,5	Sangat tidak nyaman

Sumber: ISO (1997)

Kajian tentang tingkat kenyamanan kapal menggunakan MSI telah dilakukan pada beberapa bentuk lambung dan ukuran kapal. (Piscopo, et. al, 2015) dan (Santoso, 2015) telah melakukan kajian MSI pada lambung katamaran. Dari hasil penelitiannya, lambung katamaran memiliki tingkat kenyamanan lebih baik daripada *monohull*. Tingkat MSI pada perubahan bentuk lambung (*hullform*) juga telah dikaji oleh (Setyawan, et.al, 2017) bahwa nilai MSI semakin kecil ketika Cb diperkecil. (Soeroso, et.al., 2019) dan (Dewi, et.al, 2019) juga telah melakukan kajian tentang tingkat kenyamanan kapal pada kapal penumpang menggunakan MSI index.

KM. Airaha 02 dirancang untuk rute pelayaran ALKI III. ALKI III dibagi menjadi ALKI IIIA Samudera Pasifik - Laut Maluku - Laut Seram - Laut Banda - Selat Ombai - Laut Sawu - Samudera Hindia dan ALKI IIIB dari Samudera Pasifik - Laut Maluku - Laut Seram - Laut Banda - Selat Leti - Laut Timor dan ALKI IIIC dari Samudera Pasifik - Laut Maluku - Laut Seram - Laut Banda – Laut Arafuru. Pada ALKI III, harus memberikan perhatian pada gelombang tinggi di Samudra Pasifik di Bulan Desember, Januari, dan Februari (Kurniawan, et.al., 2016).



Gambar 2. Peta Maritim BMKG
(Sumber: petamaritim.bmkg.go.id)

Menurut data dari BMKG-OFS (Gambar 2), pada Bulan Desember tinggi gelombang signifikan (H_s) di sekitar perairan timur Papua mencapai 2,35-3m dengan periode (T_s) 8,39s. (BMKG, 2021) Soeroso, et.al. (2019) telah melakukan penelitian bahwa data tinggi gelombang tahunan untuk alur pelayaran Indonesia Timur sebesar 1,57m, sedangkan untuk kondisi ekstrim mencapai 3m.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui Olah Gerak Kapal Latih KM. Airaha 02 akibat gelombang acak, sehingga dapat mengetahui tingkat kenyamanan penumpang melalui analisis MSI.

METODE PENELITIAN

Analisis dilakukan dengan *reverse engineering* yaitu membuat model dari suatu object yang sudah ada untuk selanjutnya dilakukan rekayasa. Model 3D dibuat berdasarkan data general arrangement dari KM. Airaha 02, ukuran utama, dan hasil survey langsung. Olah gerak kapal akibat eksitasi gelombang didapatkan dari hasil analisis RAO (*seakeeping analysis*), selanjutnya tingkat kenyamanan dilakukan dengan analisis MSI.

Perhitungan *seakeeping* didasarkan pada kenyataan bahwa kapal yang melaju di suatu perairan akan mengalami *motion*/gerakan berdasarkan kondisi gelombang di perairan tersebut (Muhajir, et.al., 2020). Karakteristik perairan dapat dilihat sebagai spektrum gelombang dimana perairan tersebut memiliki parameter stokastik (Djarmiko, 2012).

Gerakan translasional kapal (*surge, sway, dan heave*) dan gerakan rotasional

kapal (*roll, pitch, dan yaw*) mempengaruhi seakeeping kapal (Bhattacharyya, 1978). Gerakan ini menggambarkan kemampuan kapal untuk merespon spektrum gelombang.

RAO adalah fungsi transfer yang menggambarkan bagaimana respon kapal berubah dengan frekuensi gelombang. RAO merupakan rasio amplitudo gerakan struktur dengan amplitudo gelombang reguler yang digambarkan dalam grafik non-dimensi. Persamaan RAO diformulasikan sebagai persamaan fungsi transfer pada masing-masing gerakan. Menurut (Chakrabarti, 1987) RAO sendiri dapat diformulasikan sebagai persamaan:

$$RAO = \frac{\zeta_{ko}}{\zeta_0} (m/m)$$

dengan :

$X_p(\omega)$ = amplitudo gerakan kapal

$\eta(\omega)$ = amplitudo gelombang reguler

dengan fungsi frekuensi papasan sebagai berikut:

$$\omega_e = \omega \left[1 - \frac{\omega V_s}{g} \cos \mu \right]$$

Dimana:

ω_e : Frekuensi papasan

ω : Frekuensi gelombang

V_s : Kecepatan kapal

μ : Sudut hadap

Pada penelitian ini analisis seakeeping dilakukan dengan bantuan *Maxsurf Motion* menggunakan *panel method*. Data yang diinputkan yaitu model kapal, data titik berat kapal, dan data gelombang. Spektrum gelombang yang digunakan adalah spektrum gelombang JONSWAP karena perairan Indonesia sesuai diterapkan sebagai perairan tertutup (Djarmiko, 2012).

Tingkat kenyamanan penumpang dapat dianalisis melalui *Motion Sickness Incident* (MSI). Terjadinya kemungkinan mabuk laut atau MSI dapat dinilai dari MSI index. Dari hasil penelitian (Riola, et.al., 2004), MSI pada mode gelombang acak dapat dihitung dengan cara membuat model gelombang laut (spektrum gelombang). Transfer fungsi indeks MSI pada gelombang acak $Y =$ konstanta yang diperhitungkan berdasarkan jumlah penumpang.

$MSI(\omega, E)$ dikembangkan dan mengalikannya dengan spektrum energi gelombang $S_{\zeta\zeta}(\omega, E)$ maka didapatkan densitas spektrum indeks MSI $S_{MSI}(\omega, E)$:

$$S_{MSI}(\omega, E) = |Y_{MSI}(\omega, E)| S_{\zeta\zeta}(\omega, E)$$

nilai index MSI dapat dihitung dengan:

$$MSI = \int_0^{\infty} S_{MSI}(\omega, E) d\omega$$

Mengacu pada persamaan diatas perlu perhitungan energi pada spektra respon struktur kapal. Spektra respon dihitung melalui persamaan:

dengan: $S_R = [RAO(\omega)]^2 S(\omega)$

S_R : spektra respons (m^2 -sec)

$S(\omega)$: spektra gelombang (m^2 -sec)

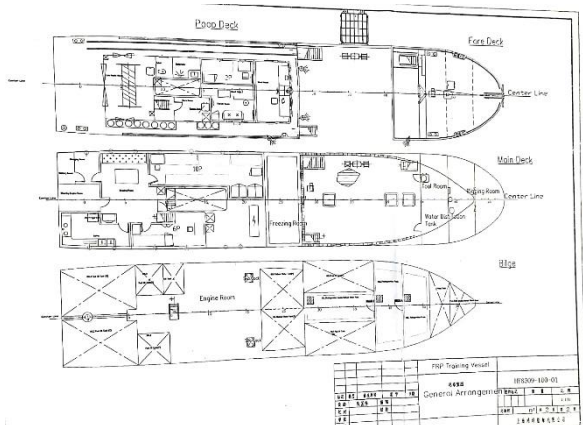
$RAO(\omega)$: fungsi transfer

ω : frekuensi gelombang (rad/sec)

HASIL DAN BAHASAN

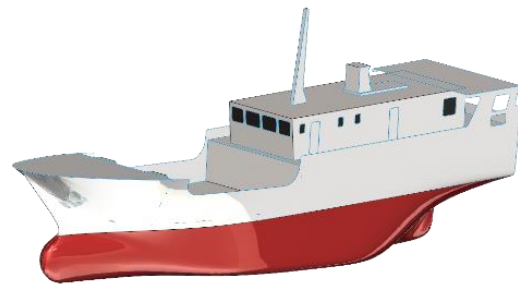
Model KM. Airaha 02

Berdasarkan *General Arrangement* pada Gambar 3, KM. Airaha 02 memiliki dua deck, deck atas terdiri dari 2 kamar (3 tempat tidur), sedangkan deck bawah terdapat 2 kamar (16 tempat tidur). Geladak operasi penangkapan ikan terdapat pada main deck. Pada geladak tersebut terdapat *freezing room* dan alat sistem penangkapan, yaitu *tempt fish lamp hanger, tempt fish lamp, net bracket, squid angling machine, houler manual control lever, buoy rock, line thrower, houler-single rocket, guide single sheave, hydraulic winch, hook*.

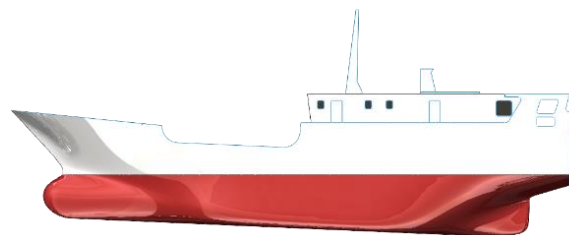


Gambar 3. General Arrangement KM. Airaha 02

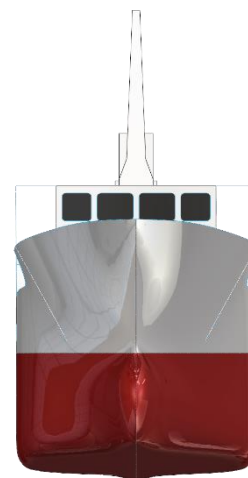
Gambar 4 merupakan model 3D dari KM. Airaha 02 yang digambar berdasarkan informasi ukuran utama pada Tabel 2, General Arrangement pada Gambar 3, dan hasil survey secara langsung. KM. Airaha 02 tampak samping dapat dilihat pada Gambar 5, dan tampak depan dapat dilihat dari Gambar 6. Gambar 3D diperlukan untuk melakukan analisa respon gerak dan MSI.



Gambar 4. Model 3D KM Airaha 02 Tampak Isometri



Gambar 5. Model 3D KM Airaha 02 Tampak Samping



Gambar 6. Model 3D KM Airaha 02 Tampak Depan

Tabel 2. Ukuran Utama KM. Airaha 02

Dimensi Utama	Ukuran
LOA	30,2 m
LWL	27,21 m
B	6,3 m
H	2,7 m
T	2,4 m
Vs	12,5 knot

Analisis Olah Gerak Kapal

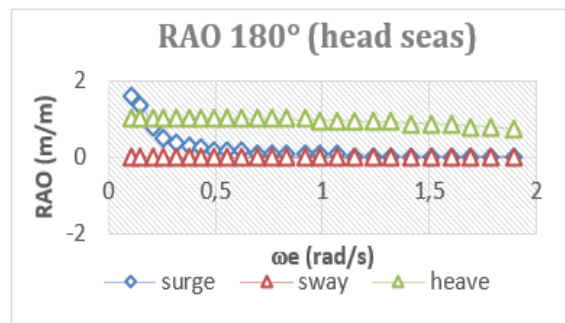
Kemampuan sebuah kapal untuk bertahan di laut dalam berbagai situasi dikenal dengan istilah olah gerak kapal (*Seakeeping*). Dalam hal desain kapal, kemampuan ini sangat penting. Kualitas bentuk lambung adalah bagian yang paling berpengaruh pada kapal yang akan mengalami kehilangan keseimbangan atau tenggelam (*Ultimate Loss of Performance*), sehingga harus dipastikan dalam kondisi ekstrim saat merencanakan bentuk lambung kapal.

Analisis RAO pada KM. Airaha 02 dilakukan untuk mengetahui respon gerak translasi dan rotasinya dengan empat *heading*, yaitu *following seas*, *head seas*, *beam seas*, dan *quarter seas*. Menurut (Soares, et.al, 2011) dan (N Nurhasanah , et.al., 2020) gerakan paling besar pada kapal perikanan akibat gelombang acak didominasi oleh gerakan *roll* dan *pitch*.

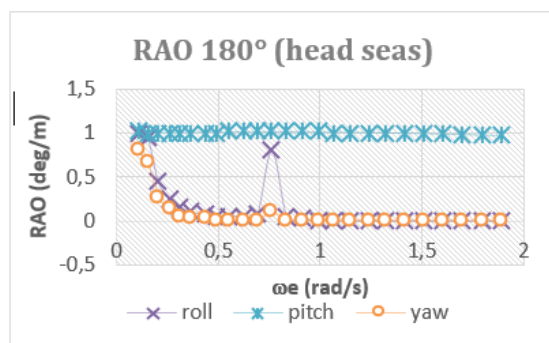
RAO gerakan translasi paling besar adalah gerakan surge dari arah 180° mencapai 2,8 m/m pada frekuensi papasan 0,2 rad/s (Gambar 7). Hal ini terjadi karena gelombang langsung menghantam bagaian depan kapal. Sedangkan gerakan translasi terbesar pada heading 90° dapat dilihat pada Gambar 9 terjadi pada frekuensi papasan 0,5rad/s adalah gerakan sway sebesar 1,9 m/m.

RAO gerakan rotasi paling besar terjadi ketika kapal mendapat hantaman gelombang dari arah 90° (Gambar 10). Gerakan roll sebesar 6,1 deg/m terjadi ketika frekuensi papasan 0,6 rad/s. Sedangkan pada saat gelombang 180° gerakan rotasi paling besar adalah gerakan pitch sebesar 1 deg/m dapat dilihat pada Gambar 8. Hasil ini mendekati dengan penelitian yang telah dilakukan oleh (Soares, et.al, 2011) bahwa pada kapal perikanan didominasi oleh gerakan *roll*

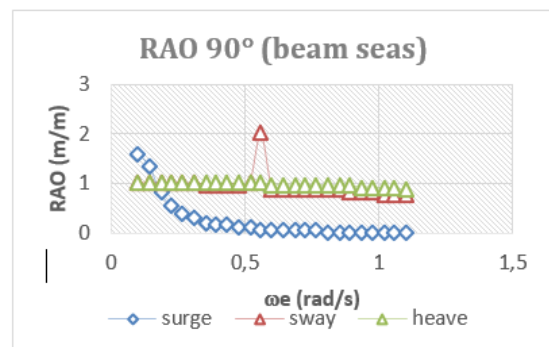
dengan rata-rata sebesar 6 deg/m dan gerakan *pitch* dengan rata-rata sebesar 3 deg/m.



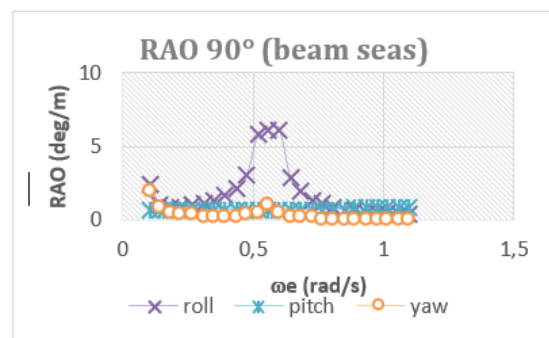
Gambar 7. RAO Gerakan Translasi 180°



Gambar 8. RAO Gerakan Rotasi 180°



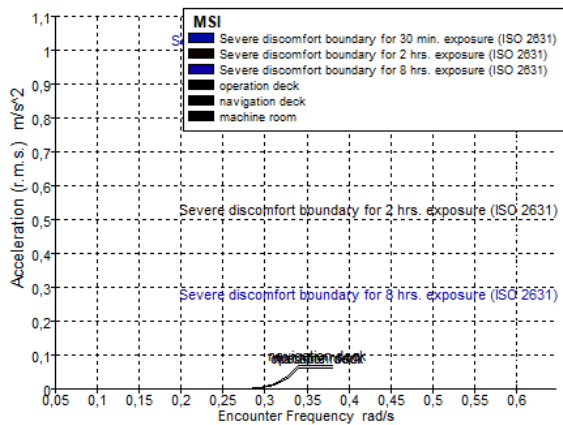
Gambar 9. RAO Gerakan Translasi 90°



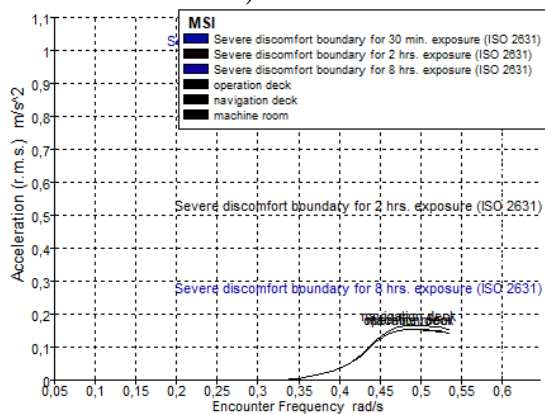
Gambar 10. RAO Gerakan Rotasi 90°

Analisis Tingkat Kenyamanan

Perhitungan dalam analisa MSI dilakukan dengan bantuan software *maxsurf motion* dengan input data Spektra Jonswap dan RAO.



Gambar 11. MSI dari Arah 0° (*following seas*)

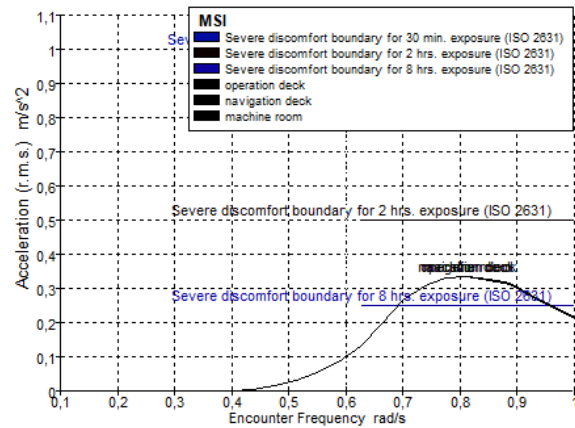


Gambar 12. MSI dari Arah 45° (*Quarter Seas*)

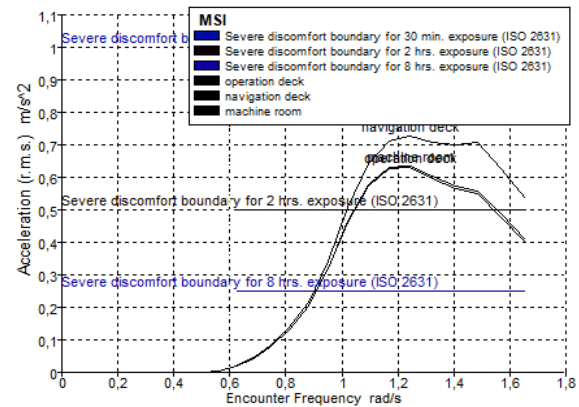
Pada kondisi kapal terkena gelombang dari arah belakang (0°) dan 45°, MSI tidak terjadi. Hal ini dapat dilihat pada kurva Gambar 11 dan Gambar 12, bahwa pada lokasi *operation deck*, *navigation deck*, dan *machine deck* nilai MSI nya tidak ada yang melampaui standar kenyamanan dari ISO 2631.

Pada kondisi kapal mendapat beban gelombang dari samping (*beam seas*) (Gambar 13), 10% penumpang mulai merasakan MSI setelah 8 jam, pada lokasi *operation deck*, *navigation deck*, dan *machine deck*. Pada saat itu besaran frekuensi papasan adalah 0,8 rad/s, dan nilai *vertical acceleration* adalah 0,35 m/s². Angka percepatan vertikal ini menurut standar ISO 2631 masuk dalam kategori sedikit tidak nyaman. MSI juga terjadi ketika kapal melawan gelombang (*head seas*) (Gambar 14). Setelah 2 jam perjalanan, MSI terjadi pada geladak navigasi dengan percepatan vertikal sebesar 0,73 m/s², geladak operasi

dan ruang mesin mengalami percepatan vertikal sebesar 0,65 m/s² pada saat frekuensi papasan 1,2 rad/s. Menurut standar kenyamanan ISO 2631 angka ini menunjukkan kriteria cukup tidak nyaman.



Gambar 13. MSI dari Arah 90° (*Beam Seas*)



Gambar 14. MSI dari Arah 180° (*Head Seas*)

SIMPULAN

KM Airaha 02 mengalami gerakan translasi paling besar ketika mendapatkan hantaman gelombang dari arah 180° (*head seas*) atau dengan kata lain melawan gelombang. Gerakan translasi paling besar adalah surge sebesar 2,8m/m. Sedangkan gerakan rotasi paling besar adalah gerakan roll sebesar 6,1 deg/m ketika mendapat hantaman gelombang dari arah 90° (*beam seas*).

Dari hasil analisa MSI, penumpang mulai merasakan ketidaknyamanan setelah 2 jam perjalanan ketika gelombang datang dari arah berlawanan dengan arah kapal. Jika arah datang gelombang didominasi dari arah samping kapal (*beam seas*) penumpang mulai merasakan ketidaknyamanan setelah 8 jam

perjalanan. Hasil ini linier dengan penelitian yang dilakukan oleh Soeroso et.al. (2019) pada lambung kapal sejenis yang berlayar di rute pelayaran Indonesia Timur dengan tinggi gelombang rata-rata 3m. Menurut standar kenyamanan dari ISO 2631, angka percepatan vertikal pada KM. Airaha 02 menunjukkan kriteria sedikit tidak nyaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Bhattacharyya, R. (1978). *Dynamics of marine vehicles*. John Wiley & Sons Incorporated.
- BMKG. (2021). BMKG OFS - Interactive Maps. Retrieved December 1, 2021, from <https://peta-maritim.bmkg.go.id/ofs/>
- Budi Setyawan, Deddy Chrismianto, S. J. (2017). Analisa Pengaruh Perubahan Hullform Terhadap Motion Sickness Incidence (MSI) Pada Kapal Ro – Ro 500 GT. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 5(4), 800–809.
- Chakrabarti, S. K. (1987). *Hydrodynamics of offshore structures*. WIT press.
- Dewi, I. K., Chrismianto, D., & Aditya, B. A. (2019). Analisa Stabilitas, Olah Gerak, Motion Sickness Incidence s(MSI) dan Motion Induced Interruptions(MII) Kapal Feri Ro-Ro500 GT, 1100 GT dan 1300 GT di Perairan Aceh. *Teknik Perkapalan*, 7(4), 236–247.
- Djarmiko, E. B. (2012). Perilaku dan Operabilitas Bangunan Laut di Atas Gelombang Acak. *ITS-Press. Surabaya. Inonesia*.
- ISO, I. S. O. (1997). 2631-1: Mechanical vibration and shock-evaluation of human exposure to whole-body vibration-Part 1: General requirements. *Geneva, Switzerland: ISO*.
- Kurniawan, R., & Khotimah, M. K. (2016). Ocean wave characteristics in Indonesian Waters for sea transportation safety and planning. *IPTEK The Journal for Technology and Science*, 26(1).
- McCauley, M. E., Royal, J. W., Wylie, C. D., O’Hanlon, J. F., & Mackie, R. R. (1976). *Motion sickness incidence: Exploratory studies of habituation, pitch and roll, and the refinement of a mathematical model*.
- Muhajir, A., Prayitno, M. M. E., & Husodo, A. W. (2020). Analisa Pengaruh Penambahan Fin Stabilizer Terhadap Gerakan Rolling Dan Motion Sickness Incidence (Msi) Pada KM. Sabuk Nusantara 71. *Proceedings Conference on Marine Engineering and Its Application*, 3(1), 22–26.
- N Nurhasanah , B. Santoso, R. Romadhoni, P. N. (2020). Seakeeping Analysis of Hull Rounded Design With Multi-Chine Model on Fishing Vessel Seakeeping Analysis of Hull Rounded Design With Multi- Chine Model on Fishing Vessel. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 0–10. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/430/1/012041>
- Piscopo, V., & Scamardella, A. (2015). The overall motion sickness incidence applied to catamarans. *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, 7(4), 655–669. <https://doi.org/10.1515/ijnaoe-2015-0046>
- Qowima, B. D. (2018). *Analisis Olah Gerak (Seakeeping) Kapal Penumpang Untuk Mengetahui Tingkat Operabilitas Dan Seaworthness*. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- Riola, J. M., Esteban, S., Giron-Sierra, J. M., & Aranda, J. (2004). *Motion and seasickness of fast warships*.
- Santoso, M. (2015). Analisis Prediksi Motion Sickness Incidence (Msi) Pada Kapal Catamaran 1000 Gt Dalam Tahap Desain Awal (Initial Design). *Kapal*, 12(1), 42–49. <https://doi.org/10.12777/kpl.12.1.42-49>
- Soares, C. G., & Ribeiro, S. (2011). Seakeeping performance of fishing vessels in irregular waves. *Ocean Engineering*, 38, 763–733. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2010.12.020>
- Soeroso, H., & Putranto, W. A. (2019). Tinjauan Indeks Kenyamanan (Motion-based Sickness) Kapal Perintis dalam Program Tol Laut di Perairan Indonesia Timur. *Journal PPNS*, 155–160.