



Studi *Motion Sickness Incidence* (Msi) Pada Kapal Patroli (Kal-28) Katamaran

¹Muhammad Thareq Maulana, ²Bagyo Suwasono, ¹Didik Harianto, ¹Sutiyo, dan ^{1*}Ali Munazid

¹Program Studi Sarjana Teknik Perkapalan, Universitas Hang Tuah, Surabaya.

²Program Studi Magister Teknik Kelautan, Universitas Hang Tuah, Surabaya.

*Email: ali.munazid@hangtuah.ac.id

Abstrak

Di kapal mabuk laut (motion sickness) adalah gejala sakit yang diakibatkan oleh gerakan kapal yang menyebabkan pusing, mual, dan muntah. Pada Studi Motion Sickness Incidence (MSI) Pada Kapal Patroli Katamaran (KAL-28) bertujuan untuk mengevaluasi tingkat kenyamanan penumpang dan keselamatan awak kapal selama beroperasi yang mengacu pada standar ISO 2631/1997. Evaluasi dilakukan terhadap respons percepatan vertikal kapal dalam berbagai kondisi gelombang, kecepatan, dan arah gelombang. Pemetaan dilakukan di berbagai area kapal, termasuk deck, ruang navigasi, dan ruang mesin, dengan mempertimbangkan ketinggian gelombang 0,875 meter dan 2 meter pada kecepatan 15 knot, 22,5 knot, dan 30 knot. Hasil penelitian menunjukkan bahwasannya pada kecepatan 15 knot, daerah deck, ruang navigasi, dan ruang mesin memiliki kriteria nyaman hingga cukup tidak nyaman, sedangkan pada kecepatan 22,5 knot serta kecepatan 30 knot, daerah deck, ruang navigasi, dan ruang mesin memiliki kriteria cukup tidak nyaman hingga sangat tidak nyaman. Pada penelitian ini perlunya dilakukan perancangan kapal yang mempertimbangkan aspek kenyamanan dan keselamatan penumpang, terutama pada kapal patroli katamaran.

Kata Kunci: Motion Sickness Incidence, MSI indeks, kapal patroli, katamaran

Abstract

On a Ship seasickness (motion sickness) is a condition caused by the movement of a ship that results in dizziness, nausea, and vomiting. The Motion Sickness Incidence (MSI) Study on the Patrol Catamaran (KAL-28) aims to evaluate the comfort level of passengers and the safety of the ship's crew during operations, following the ISO 2631/1997 standards. The evaluation is conducted on the vertical acceleration response of the ship under various wave conditions, speeds, and wave directions. Mapping is performed in various areas of the ship, including the deck, navigation room, and engine room, considering wave heights of 0.875 meters and 2 meters at speeds of 15 knots, 22.5 knots, and 30 knots. The research results indicate that at a speed of 15 knots, the deck area, navigation room, and engine room meet the criteria from comfortable to somewhat uncomfortable. However, at speeds of 22.5 knots and 30 knots, these areas are rated as somewhat uncomfortable to very uncomfortable. This study emphasizes the need for ship design that considers both passenger comfort and safety, especially for patrol catamarans.

Keyword: Motion Sickness Incidence, MSI index, patrol vessel, catamaran.

1. PENDAHULUAN

Dalam bidang transportasi, pertahanan, dan perekonomian laut, Kapal adalah salah satu infrastruktur yang sangat penting. Dalam perancangan kapal tersebut perlu mempertimbangkan kenyamanan dan keselamatan pada saat kapal beroperasi di laut. Salah satu faktor yang mempengaruhi aspek kenyamanan dan keselamatan kapal adalah bentuk badan kapal, dimana tipe bentuk badan kapal berdasarkan banyaknya badan akapl ada dua: *monohull* dan *multihull*. Menurut Budiman et al. (2022) katamaran adalah salah satu bentuk *multihull* yang memiliki tingkat kenyamanan yang lebih baik dibandingkan dengan bentuk badan kapal monohull [1]. Gerakan di kapal yang disebabkan faktor dari dalam dan luar, tetapi faktor yang dominan yaitu faktor dari



luar yang sangat mempengaruhi, salah satunya adalah gelombang yang besar [2]. Maka kenyamanan dan keselamatan kapal pada saat beroperasi terhadap gaya dari luar (gelombang & angin) dipengaruhi oleh bentuk badan kapal. Besarnya gelombang membuat gerakan pada kapal yang mengakibatkan gejala sakit dan rasa tidak nyaman seperti mual, pusing, pucat, dan muntah [3]. Bagi awak kapal pada gerakan tersebut dikenal dengan istilah *motion sickness*. Gerakan kapal yang vertikal menyebabkan *motion sickness* yang tinggi dibanding dengan gerakan *rolling* dan *pitching* [4].

Menurut Molland et al. (2011) Kapal patroli adalah kapal yang berfungsi mengamankan serta menjaga wilayah perairan Indonesia [5]. Mengingat Indonesia merupakan negara maritim yang terdiri dari banyak pulau dengan luas daratan 1.913.578,68 km² dan luas perairannya sebesar 6.653.341,439 km². Dengan luas laut yang lebih luas dari pada daratannya maka, untuk menjaga wilayahnya, diperlukan kapal patroli yang di fungsikan sebagai fasilitas patrol di perairan, dengan kecepatan yang tinggi, manuver dan olah gerak yang baik agar awak kapal dapat bekerja dengan optimal dan sesuai dengan ungsinya yaitu menjaga wilayah laut. Menurut Piscopo et al. (2015) kapal tipe Katamaran adalah kapal jenis *multi-hull* (lambung ganda) yang baik untuk berpatroli di perairan Indonesia, selain itu merupakan tipe kapal yang memiliki olah gerak yang baik untuk beroperasi dimana, memiliki kecepatan dan manuver yang baik [6]. Untuk mendapatkan gambaran bagaimana kenyamanan kapal patrol tersebut maka dilakukan studi *motion sickness* pada kapal patrol tersebut.

Menurut standar MSI (*Motion Sickness Incidence*), penentuan percepatan gerak vertikal tergantung pada posisi, maka dengan kondisi tersebut tentu setiap posisi/ daerah di kapal itu memiliki index MSI yang berbeda-beda. Untuk mengetahui hal tersebut maka dilakukan pemetaan disetiap area kapal dalam mencari posisi ideal untuk awak kapal, yang bertujuan untuk mengetahui daerah yang memiliki tingkat MSI tertinggi maupun terendah. Pemetaan dilakukan dengan menghitung index MSI pada area deck utama, ruang navigasi, dan ruang mesin, dengan arah datang gelombang *Head seas* (180°), *bow seas* (135°), *Beam Seas* (90°), *Quarter Seas* (45°), *Following Seas* (0°), pada kecepatan 15, 22,5 , dan 30 knot.

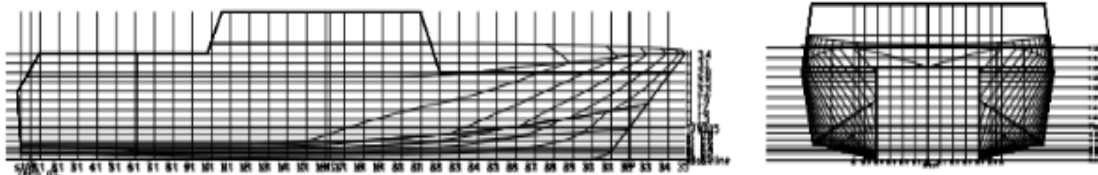
2. METODE PENELITIAN

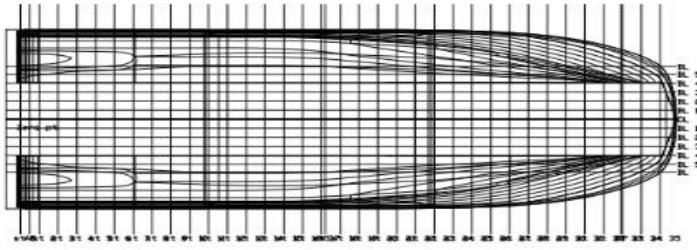
2.1. Kapal KAL – 28

Objek penelitian pada studi *Motion Sickness Incidence* adalah kapal patroli KAL-28 yang dimiliki oleh Tentara Nasional Indonesia (TNI) dalam hal ini adalah Angkatan Laut (AL) yang akan dioperasikan oleh Pangkalan TNI-Angkatan Laut (Lanal) Banyuwangi, Nias dan Pangkalan Utama TNI AL- II (Lantamal-II) Padang. Kapal Patroli KAL-28 memiliki ukuran utama pada tabel 1. dan bentuk badan kapal sebagaimana digambarkan pada gambar 1.

Tabel 1. Ukuran Utama Kapal Patroli KAL-28

Ukuran Utama	Satuan
LWL	30 m
Tinggi (H)	2.65 m
Sarat (T)	1.5 m
Kecepatan(Vs)	30 kn
Volume Displacement	74.673 m ³





Gambar 1. Lines Plan Katamaran KAL-28

2.2. Motion Sickness Incidence

Menurut Griffin (1990) *Motion sickness incidence* adalah istilah standar rasa tidak nyaman dan rasa muntah yang disebabkan oleh berbagai kondisi gerakan seperti di kapal, pesawat, mobil, dan di elevator/lift, dalam stui gejala tipe lain seperti menguap, sulit bernapas, mengantuk, sakit kepala, dari akumulasi gejala tersebut menghasilkan rasa muntah [7]. Penelitian telah dilakukan Mc Caunley dan O' Hanlon (1974) di kapal dan dilaboratorium dilakukan untuk menentukan pengaruh gerakan kapal (*roll, heave, pitch*). meneliti hubungan frekuensi gerakan percepatan vertikal dengan motion sickness incidence [8]. MSI index pada umumnya digunakan untuk menilai kemungkinan terjadinya mabuk laut. Indek MSI dihitung menggunakan persamaan (1) sedangkan Parameter MSI dihitung dari persamaan (2) berikut ini;

$$MSI(\omega_e \text{ centre}) = \int_{\omega_{e1}}^{\omega_{e2}} S_{vert \text{ accel}}(\omega_e) d\omega_e \quad (1)$$

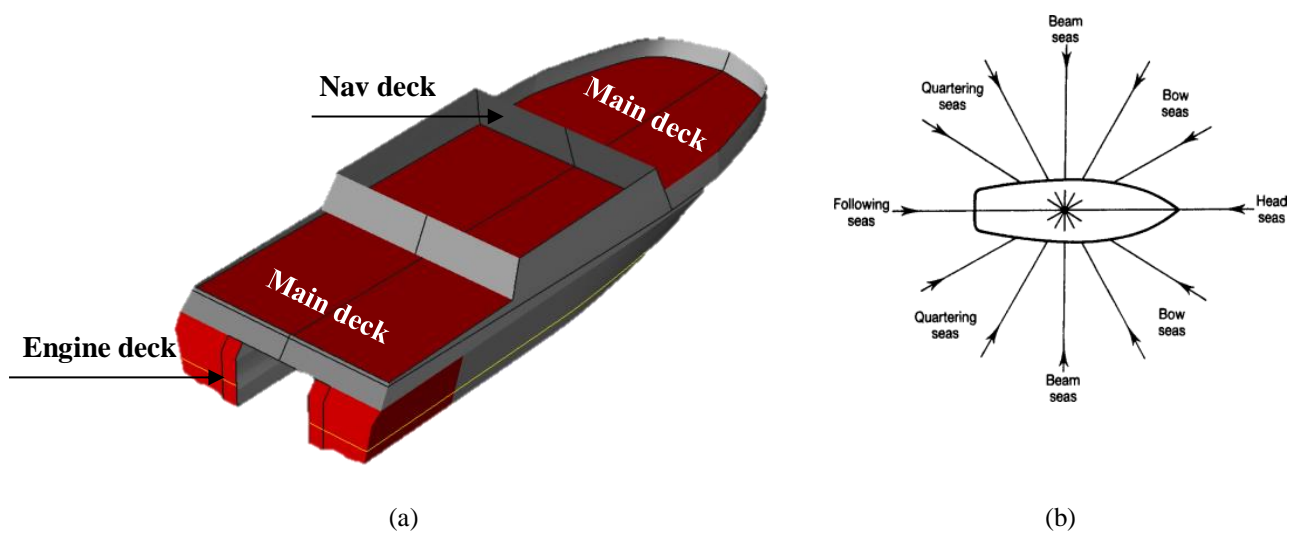
$$\mu MSI = -0,819 + 2,32 (\log_{10} \omega_e)^2 \quad (2)$$

Dimana MSI adalah Indeks MSI, sedangkan $S_{vert \text{ accel}}$ adalah Percepatan vertikal rata – rata pada suatu titik atau lokasi yang telah ditentukan, lalu $\int_{\omega_{e1}}^{\omega_{e2}}$ adalah frekuensi interval, dan ω_e adalah Frekuensi gelombang papasan (rad/det). Pada penelitian ini menggunakan software maxsurf untuk menganalisa dan menentukan posisi suatu lokasi. Posisi ini dikenal sebagai remote location yang menjadi titik pengukuran terhadap tingkat mabuk laut atau motion sickness yang mengacu pada parameter *vertical acceleration* pada tabel 2.

Tabel 2. Tingkat kenyamanan

Habitability acceleration (RMS)	Kriteria	Warna
$< 0.315 \text{ ms}^{-2}$	Nyaman	Green
$0.315 - 0.63 \text{ ms}^{-2}$	Sedikit tidak nyaman	Light Green
$0.63 - 1.0 \text{ ms}^{-2}$	Cukup tidak nyaman	Yellow
$1.0 - 1.6 \text{ ms}^{-2}$	Tidak nyaman	Orange
$1.6 - 2.5 \text{ ms}^{-2}$	Sangat tidak nyaman	Red
$> 2.5 \text{ ms}^{-2}$	Tidak aman	Dark Red

Simulasi pada maxsurf motion untuk mengetahui index MSI, dilakukan penginputan lokasi pengukuran atau remote location. Kapal patrol KAL 28 memiliki 3 deck dimana, pada penelitian ini ditentukan 3 tempat, yaitu di deck utama, ruang navigasi, dan ruang mesin sebagaimana pada gambar 2 (a). Selanjutnya menentukan kecepatan kapal, dan sudut arah datangnya gelombang. Pada penelitian ini menggunakan kecepatan 15 , 22,5, dan 30 knot dan sudut arah gelombang *Head seas* (180°), *bow seas* (135°), *Beam Seas* (90°), *Quarter Seas* (45°), dan *Following Seas* (0°) sebagaimana pada gambar 2 (b). Menggunakan spektrum gelombang *JONSWAP SPECTRUM*.

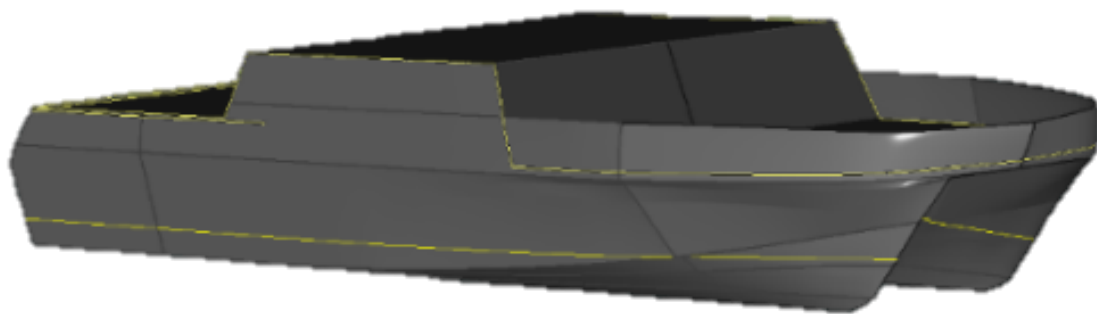


Gambar 2. Titik remote location

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Permodelan Kapal Patroli Katamaran KAL-28

Dari data yang ada, maka dilakukan pembuatan linesplan di autocad setelah itu di import ke *maxsurf modeler advance* untuk dilakukan pemodelan badan kapal katamaran KAL-28. Untuk hasil pemodelan sebagaimana pada gambar 3.



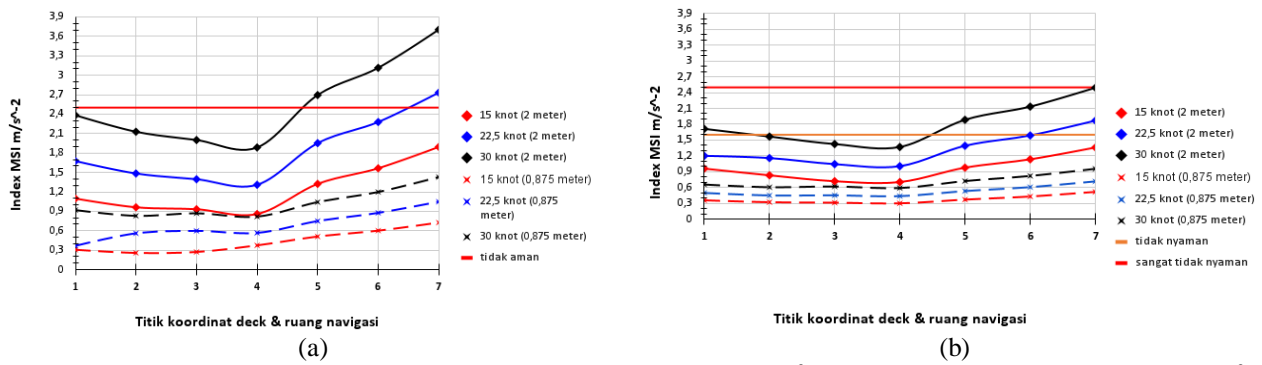
Gambar 3. Permodelan kapal katamaran KAL-28

3.2 Hasil simulasi Motion Sickness Incidence

Pada tahapan ini, dilakukan analisis dengan mensimulasikan model menggunakan *maxsurf motion* pada daerah main deck, ruang navigasi dan ruang mesin dengan kecepatan kapal 15, 22,5, dan 30 knot dan sudut arah gelombang *Head seas* (180°), *bow seas* (135°), *Beam Seas* (90°), *Quarter Seas* (45°), dan *Following Seas* (0°) dan tinggi gelombang 0,875 meter (ditandai dengan garis putus – putus) dan 2 meter (ditandai dengan garis sambung).

3.2.1 Main deck & ruang navigasi *Head Seas* (180°)

Pada gambar 4 (a) dapat dilihat grafik motion sickness incidence dengan arah datang gelombang head seas (180°) dimana nilai motion sickness incidence mengalami peningkatan pada saat bertambahnya kecepatan kapal serta terjadi peningkatan yang signifikan pada saat ketinggian gelombang 2 meter. Dimana nilai MSI tertinggi pada ketinggian gelombang 0,875 meter yaitu $1,429 \text{ m/s}^2$ terjadi pada saat kecepatan kapal 30 knot dimana masuk dalam kriteria tidak nyaman, sedangkan pada ketinggian gelombang 2 meter nilai MSI tertinggi yaitu $3,706 \text{ m/s}^2$ pada kecepatan 30 knot dan dapat dilihat pada grafik pada koordinat 5, 6, dan 7 telah melewati garis batas tidak aman bagi ABK.



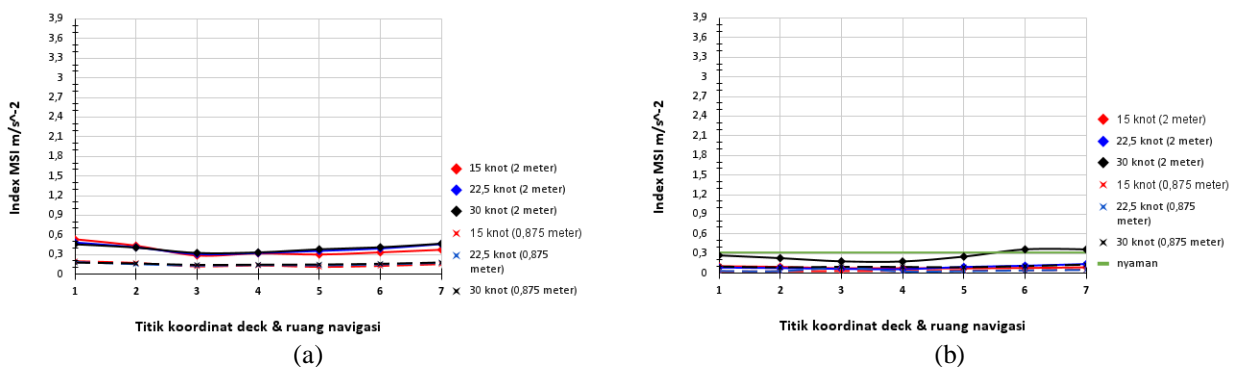
Gambar 4. Grafik nilai MSI ((a) arah gelombang head seas (180°), (b) arah gelombang bow seas (135°))

3.2.2 Main deck & ruang navigasi Bow Seas (135°)

Pada gambar 4 (b) dapat dilihat grafik motion sickness incidence dengan arah datang gelombang bow seas (135°) dimana nilai motion sickness incidence mengalami peningkatan pada saat bertambahnya kecepatan kapal serta terjadi peningkatan yang signifikan pada saat ketinggian gelombang 2 meter. Dimana nilai MSI tertinggi pada ketinggian gelombang 0,875 meter yaitu $0,955 \text{ m/s}^2$ terjadi pada saat kecepatan kapal 30 knot dimana masuk dalam kriteria cukup tidak nyaman, sedangkan pada ketinggian gelombang 2 meter nilai MSI tertinggi yaitu $2,498 \text{ m/s}^2$ pada kecepatan 30 knot dan dapat dilihat pada grafik pada koordinat 5, 6, dan 7 telah melewati garis batas tidak nyaman bagi ABK.

3.2.3 Main deck & ruang navigasi Beam Seas (90°)

Pada gambar 5 (a) dapat dilihat grafik motion sickness incidence dengan arah datang gelombang beam seas (90°) pada ketinggian gelombang 0,875 meter stabil dimana nilai MSI rata - rata yaitu dibawah $0,315 \text{ m/s}^2$ dikriteriakan sebagai daerah nyaman bagi ABK, dan pada saat ketinggian gelombang 2 meter terjadi peningkatan dimana rata - rata nilai MSI melewati batas garis nyaman sehingga masuk dalam kriteria sedikit tidak nyaman bagi ABK.



Gambar 5. Grafik nilai MSI (a) arah gelombang beam seas (90°); (b) arah gelombang quarter seas (45°)

3.2.4 Main deck & ruang navigasi Quarter seas (45°)

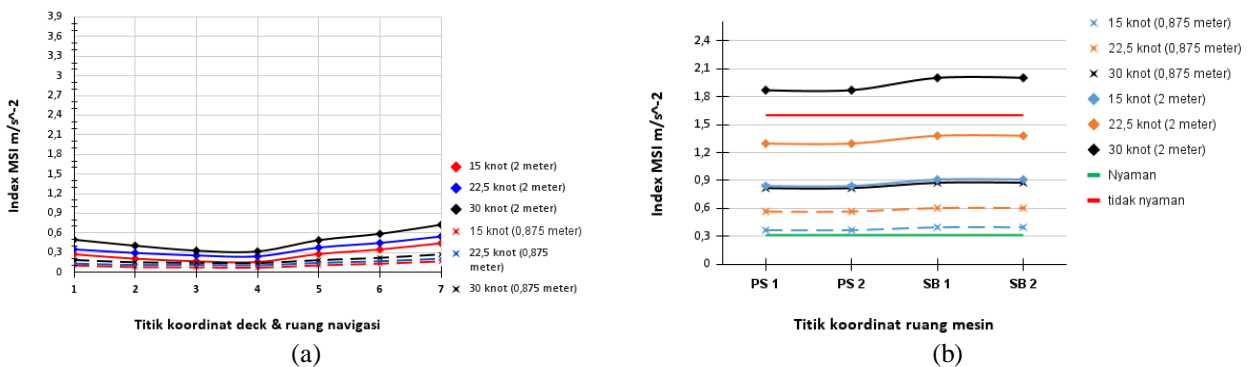
Pada gambar 5 (a) dapat dilihat grafik motion sickness incidence dengan arah datang gelombang quarter seas (45°) pada ketinggian gelombang 0,875 meter stabil dimana nilai MSI rata - rata yaitu dibawah $0,315 \text{ m/s}^2$ dikriteriakan sebagai daerah nyaman bagi ABK, dan pada saat ketinggian gelombang 2 meter terjadi peningkatan pada koordinat 5, 6, dan 7 dimana melewati batas garis nyaman sehingga masuk dalam kriteria sedikit tidak nyaman bagi ABK.

3.2.5 Main deck & ruang navigasi Follow seas (0°)

Pada gambar 6 (a) dapat dilihat grafik motion sickness incidence dengan arah datang gelombang follow seas (0°) pada ketinggian gelombang 0,875 meter stabil dimana nilai MSI rata - rata yaitu dibawah $0,315 \text{ m/s}^2$ dikriteriakan sebagai daerah nyaman bagi ABK, dan pada saat ketinggian gelombang 2 meter terjadi



peningkatan pada koordinat 5, 6, dan 7 dimana melewati batas garis nyaman sehingga masuk dalam kriteria sedikit tidak nyaman bagi ABK.



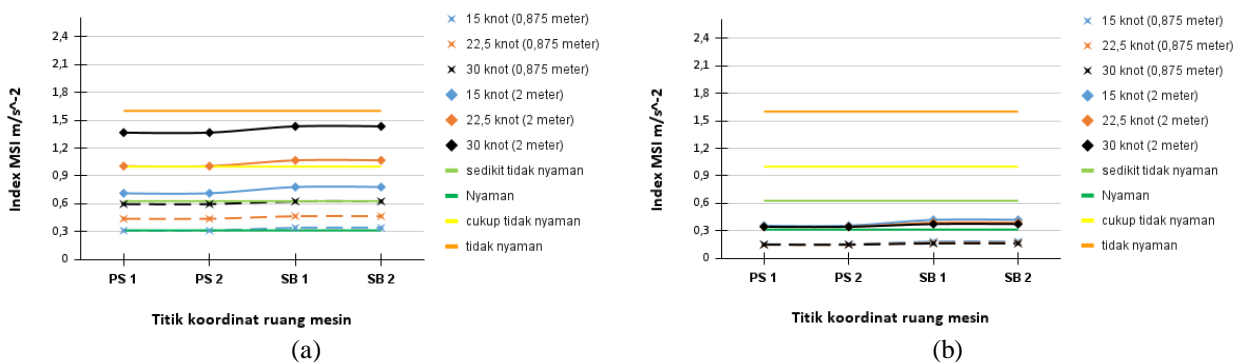
Gambar 6. Grafik nilai MSI (a) arah gelombang follow seas (0°), (b) arah gelombang head seas (180°)

3.2.6 Ruang mesin sudut head seas (180°)

Dapat dilihat grafik motion sickness incidence pada arah datang gelombang head seas (180°) Gambar 6 (b) dimana nilai motion sickness incidence mengalami peningkatan pada saat bertambahnya kecepatan kapal serta terjadi peningkatan yang signifikan pada saat ketinggian gelombang 2 meter. Dimana nilai MSI tertinggi pada ketinggian gelombang 0,875 meter yaitu $0,876 m/s^2$ terjadi pada saat kecepatan kapal 30 knot dimana masuk dalam kriteria cukup tidak nyaman, sedangkan pada ketinggian gelombang 2 meter nilai MSI tertinggi yaitu $2 m/s^2$ pada kecepatan 30 knot dan dapat dilihat pada grafik berada diatas garis sangat tidak nyaman.

3.2.7 Ruang mesin sudut bow seas (135°)

Dapat dilihat grafik motion sickness incidence pada arah datang gelombang bow seas (135°) Gambar 7 (a) dimana nilai motion sickness incidence mengalami peningkatan pada saat bertambahnya kecepatan kapal serta terjadi peningkatan yang signifikan pada saat ketinggian gelombang 2 meter. Dimana nilai MSI tertinggi pada ketinggian gelombang 0,875 meter yaitu $0,627 m/s^2$ terjadi pada saat kecepatan kapal 30 knot dimana masuk dalam kriteria cukup tidak nyaman, sedangkan pada ketinggian gelombang 2 meter nilai MSI tertinggi yaitu $1,433 m/s^2$ pada kecepatan 30 knot dan dapat dilihat berada dibawah garis tidak nyaman bagi ABK.



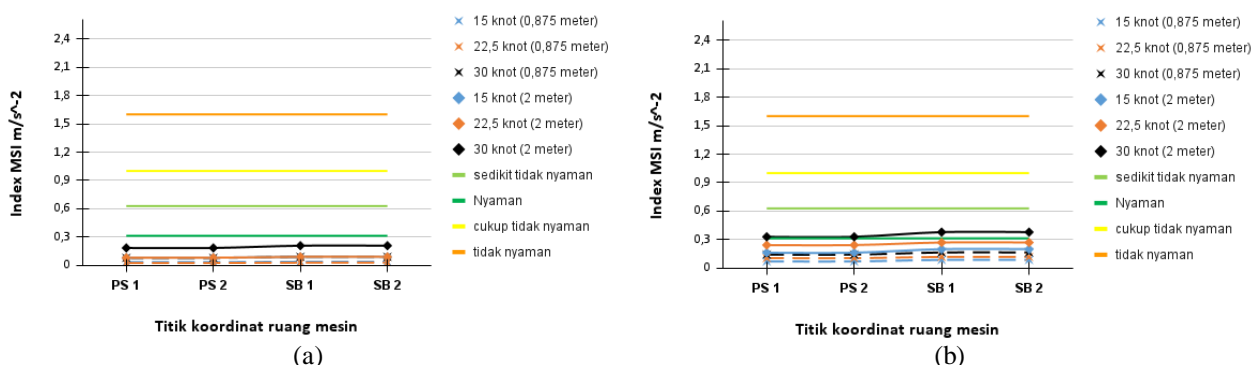
Gambar 7. Grafik nilai MSI (a) arah gelombang bow seas (135°), (b) arah gelombang beam seas (90°)

3.2.8 Ruang mesin sudut beam seas (90°)

Dapat dilihat grafik pada gambar 7 (b) terlihat bahwa pada gelombang 0,875 meter stabil dimana nilai MSI rata - rata yaitu dibawah $0,315 m/s^2$ dikriteriakan sebagai daerah nyaman bagi ABK, dan pada saat ketinggian gelombang 2 meter terjadi peningkatan dimana rata – rata nilai MSI melewati batas garis nyaman sehingga masuk dalam kriteria sedikit tidak nyaman bagi ABK.

3.2.9 Ruang mesin sudut quarter seas (45°)

Dapat dilihat grafik pada gambar 8 (a) terlihat bahwa pada gelombang 0,875 meter dan 2 meter stabil dibawah garis nyaman dimana nilai MSI rata - rata yaitu dibawah $0,315 \text{ m/s}^{-2}$ dikriteriakan sebagai daerah nyaman bagi ABK



Gambar 8. Grafik nilai MSI (a) arah gelombang quarter seas (45°), (b) arah gelombang follow seas (0°)

3.2.10 Ruang mesin sudut follow seas (0°)

Dapat dilihat grafik pada gambar 8 (b) terlihat bahwa pada gelombang 0,875 meter stabil dibawah garis nyaman dimana nilai MSI rata - rata yaitu dibawah $0,315 \text{ m/s}^{-2}$ dikriteriakan sebagai daerah nyaman bagi ABK, sedangkan pada saat gelombang 2 meter nilai MSI melewati garis nyaman, dimana dikriteriakan sedikit tidak nyaman untuk ABK.

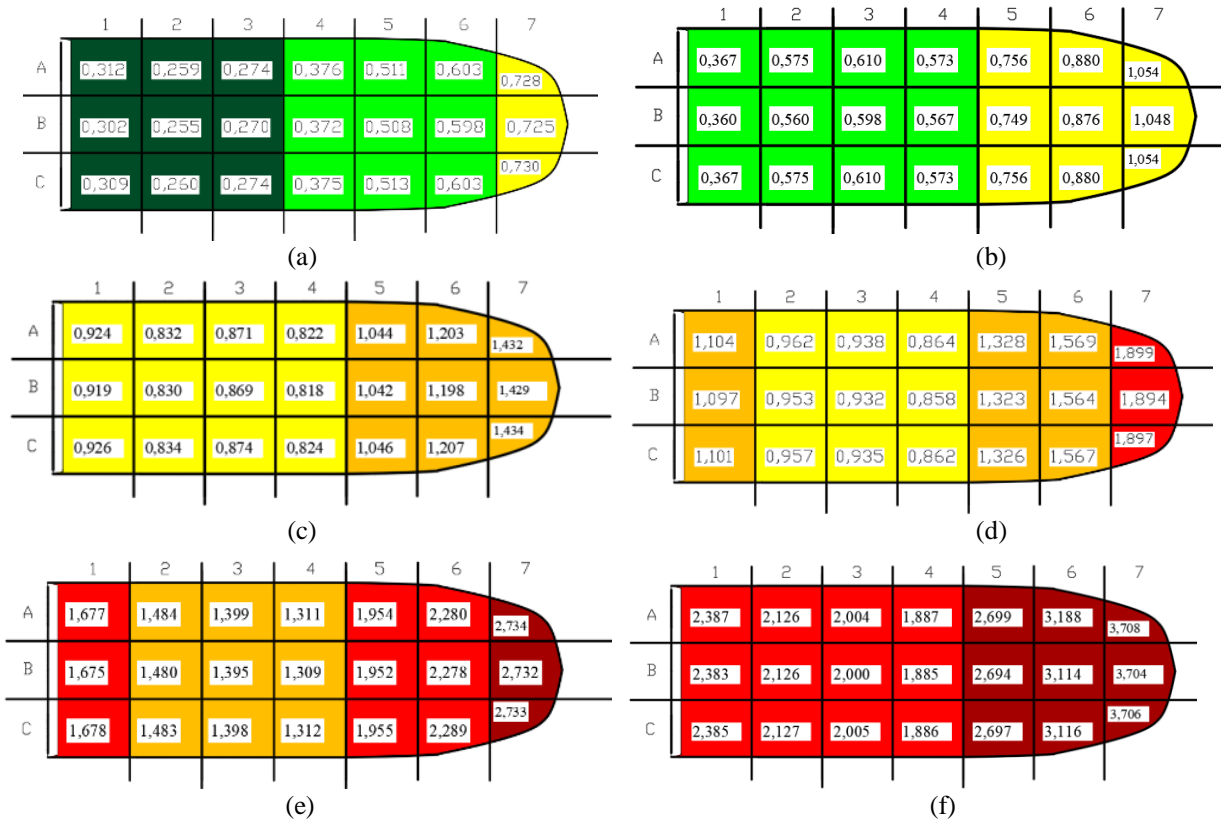
3.3 Pembahasan hasil MSI

Pada tabel diatas menunjukan nilai MSI pada posisi pengukuran remote location pada saat kapal dikenai gelombang dengan ketinggian 0,875 meter dan 2 meter pada kecepatan kapal 15 knot, 22,5 knot, dan 30 knot. Dari tabel diatas terlihat bahwa nilai MSI tertinggi (ditunjukkan oleh tabel warna merah tua atau *Extremely uncomfortable*) dan nilai MSI paling rendah (ditunjukkan oleh warna hijau tua atau *not uncomfortable*). Selanjutnya tabel akan didetailkan lagi dalam bentuk pemetaan pada daerah atau posisi pengukuran sesuai dengan klasifikasi ISO 2631/1997 *habitability acceleration* pada (tabel 2). Pada pemetaan terdapat 7 koordinat, pada koordinat 1,2,5,6, dan 7 merupakan daerah deck, sedangkan koordinat 3 dan 4 merupakan daerah ruang navigasi. Pada ruang mesin ditandai dengan koordinat PS (port side) 1 dan 2 dan SB (starboard side) 1 dan 2. Pada nomor koordinat terbagi menjadi 2 bagian, dimana sisi kiri merupakan gelombang 0,875 meter dan sisi kanan merupakan gelombang 2 meter.

3.4.1 Pemetaan daerah deck

Pada Gambar 9, saat arah datang gelombang *head seas* 180° , pada kecepatan 15 knot di titik koordinat 1 dan 2 pada gelombang 0,875 ditandai dengan warna hijau muda di kriteriakan sedikit tidak nyaman, pada saat gelombang 2 meter berubah menjadi warna orange di kriteriakan tidak nyaman. Pada koordinat 3 dan 4 pada gelombang 0,875 dan 2 meter ditandai dengan warna hijau tua dengan kriteria nyaman. Pada koordinat 5,6, dan 7 pada gelombang 0,875 meter ditandai dengan warna kuning dengan kriteria cukup tidak nyaman. Pada kecepatan 22,5 knot di titik koordinat 1 ditandai dengan warna hijau muda pada saat gelombang 0,875 meter dikriteriakan sedikit tidak nyaman, setelah dikenai gelombang 2 meter berubah menjadi warna orange dengan kriteria tidak nyaman. Pada koordinat 2 ditandai dengan warna kuning saat gelombang 0,875 meter dikriteriakan cukup tidak nyaman, pada saat gelombang 2 meter menjadi kriteria tidak nyaman. Pada koordinat 3 dan 4 ditandai dengan warna hijau muda pada saat gelombang 0,875 meter dikriteriakan sedikit tidak nyaman, pada saat gelombang 2 meter berubah warna menjadi merah dengan kriteria sangat tidak nyaman. pada koordinat 5 ditandai dengan warna kuning pada saat gelombang 0,875 meter dengan kriteria cukup tidak nyaman, pada saat gelombang 2 meter berubah menjadi merah dengan kriteria sangat tidak nyaman. pada koordinat 6 dan 7 ditandai dengan warna orange saat gelombang 0,875 meter dengan kriteria tidak nyaman saat gelombang 2 meter menjadi merah tua dengan kriteria tidak aman.

Pada kecepatan 30 knot koordinat 1,2,3,4 dan 5 ditandai dengan warna orange pada saat gelombang 0,875 meter dengan kriteria tidak nyaman, sedangkan pada koordinat 6 dan 7 ditandai dengan warna merah dengan kriteria tidak nyaman. pada saat gelombang 2 meter semua daerah ditandai dengan warna merah tua dengan kriteria tidak aman,

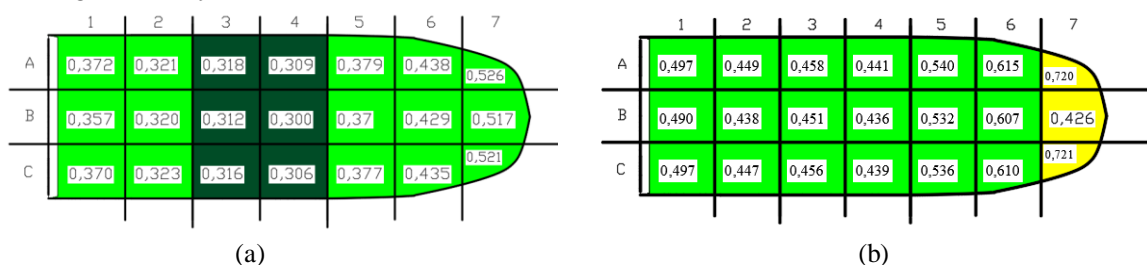


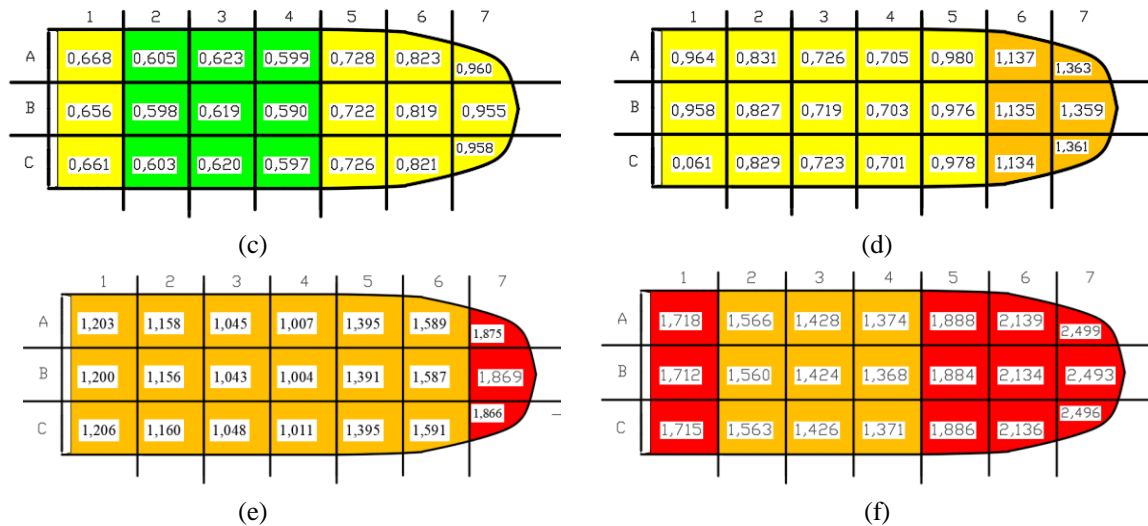
Gambar 9. Pemetaan saat arah gelombang *head seas* 180° (a). 15 knot (0,875 meter), (b). 22,5 knot (0,875 meter), (c). 30 knot (0,875 meter) (d). 15 knot (2 meter), (e). 22,5 knot (2 meter), (f). 30 knot (2 meter)

Pada gambar 10, saat arah datang gelombang bow seas 135°, pada kecepatan 15 knot koordinat 1 dan 2 ditandai dengan warna hijau muda yang dikriteria kan sedikit tidak nyaman, pada saat gelombang 2 meter menjadi warna orange (tidak nyaman), pada koordinat 3 dan 4 ditandai dengan warna hijau tua dengan klasifikasi nyaman, saat gelombang 2 meter berubah menjadi warna kuning (cukup tidak nyaman), pada koordinat 5 dan 6 saat gelombang 0,875 meter ditandai dengan warna hijau muda dengan kriteria sedikit tidak nyaman, pada saat gelombang 2 meter berubah warna orange menjadi tidak nyaman, pada koordinat 7 pada saat gelombang 0,875 meter ditandai dengan warna kuning dengan kriteria cukup tidak nyaman, pada saat gelombang 2 meter menjadi warna orange (tidak nyaman).

Di kecepatan 22,5 knot pada koordinat 1, 2, 3, dan 4 ditandai dengan warna hijau muda pada saat gelombang 0,875 meter yang dikriteriakan sedikit tidak nyaman, sedangkan koordinat 5, 6, dan 7 ditandai dengan warna kuning yang di kriteriakan cukup tidak nyaman. sedangkan pada saat gelombang 2 meter semua daerah di tandai dengan warna orange yang di kriteriakan tidak nyaman.

Di kecepatan 30 knot pada koordinat 1, 2, 3, 4, dan 5 pada gelombang 0,875 meter ditandai dengan warna kuning yang dikriteriakan cukup tidak nyaman, sedangkan pada koordinat 6 dan 7 ditandai dengan warna orange dengan kriteria tidak nyaman. pada saat gelombang 2 meter semua daerah berwarna merah dengan kriteria sangat tidak nyaman.



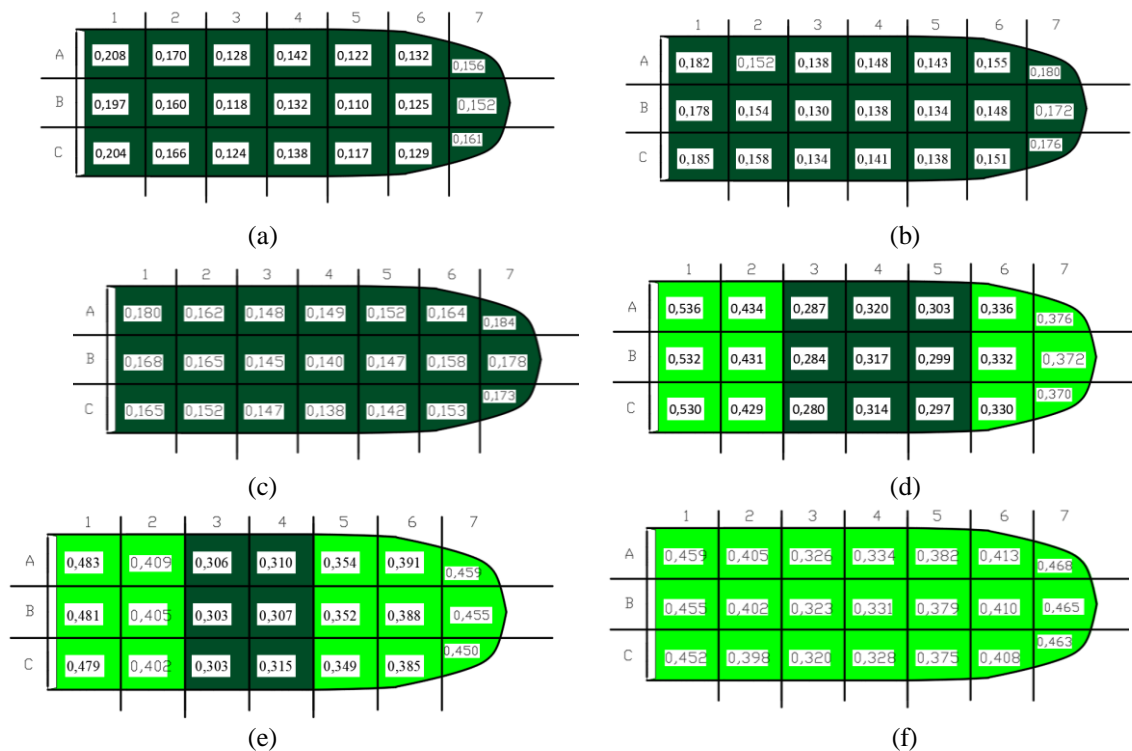


Gambar 10. Pemetaan saat arah gelombang bow seas 135° (a). 15 knot (0,875 meter), (b). 22,5 knot (0,875 meter), (c). 30 knot (0,875 meter). (d). 15 knot (2 meter), (e). 22,5 knot (2 meter), (f). 30 knot (2 meter)

Pada Gambar 11, Saat arah gelombang beam seas 90° pada kecepatan 15 knot saat gelombang 0,875 meter semua daerah di kapal ditandai dengan warna hijau tua dimana di kriteriakkan nyaman, pada saat gelombang 2 meter pada koordinat 1, 2, 6, dan 7 ditandai dengan warna hijau muda dimana kriteria sedikit tidak nyaman, sedangkan koordinat 3, 4, dan 5 kriteria nyaman.

Di kecepatan 22,5 knot saat gelombang 0,875 meter semua daerah tidak mengalami perubahan warna dimana ditandai dengan warna hijau tua dengan kriteria nyaman, sedangkan pada saat gelombang 2 meter pada koordinat 5, 6 dan 7 mengalami perubahan warna menjadi hijau muda dengan kriteria sedikit tidak nyaman.

Di kecepatan 30 knot saat gelombang 0,875 meter semua daerah ditandai dengan warna hijau tua dengan klasifikasi nyaman, dan saat gelombang 2 meter berubah menjadi hijau muda dengan kriteria sedikit tidak nyaman.

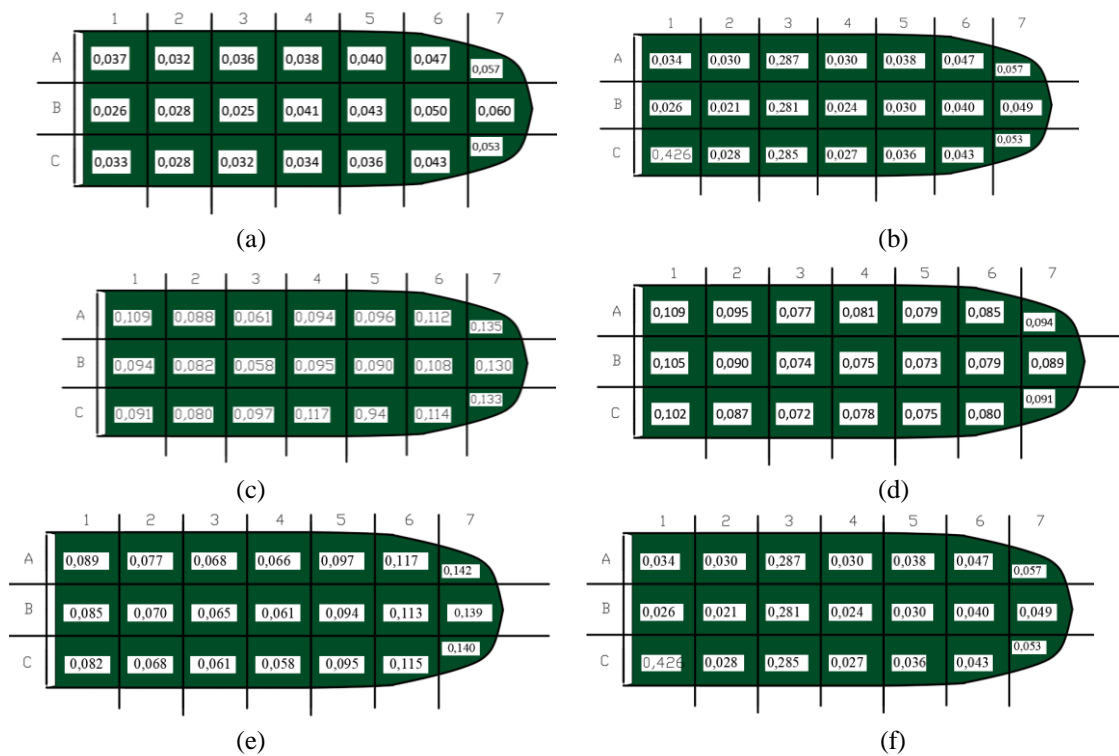


Gambar 11. Pemetaan arah gelombang beam seas 90°(a). 15 knot (0,875 meter), (b). 22,5 knot (0,875 meter), (c). 30 knot (0,875 meter) (d). 15 knot (2 meter), (e). 22,5 knot (2 meter), (f). 30 knot (2 meter)



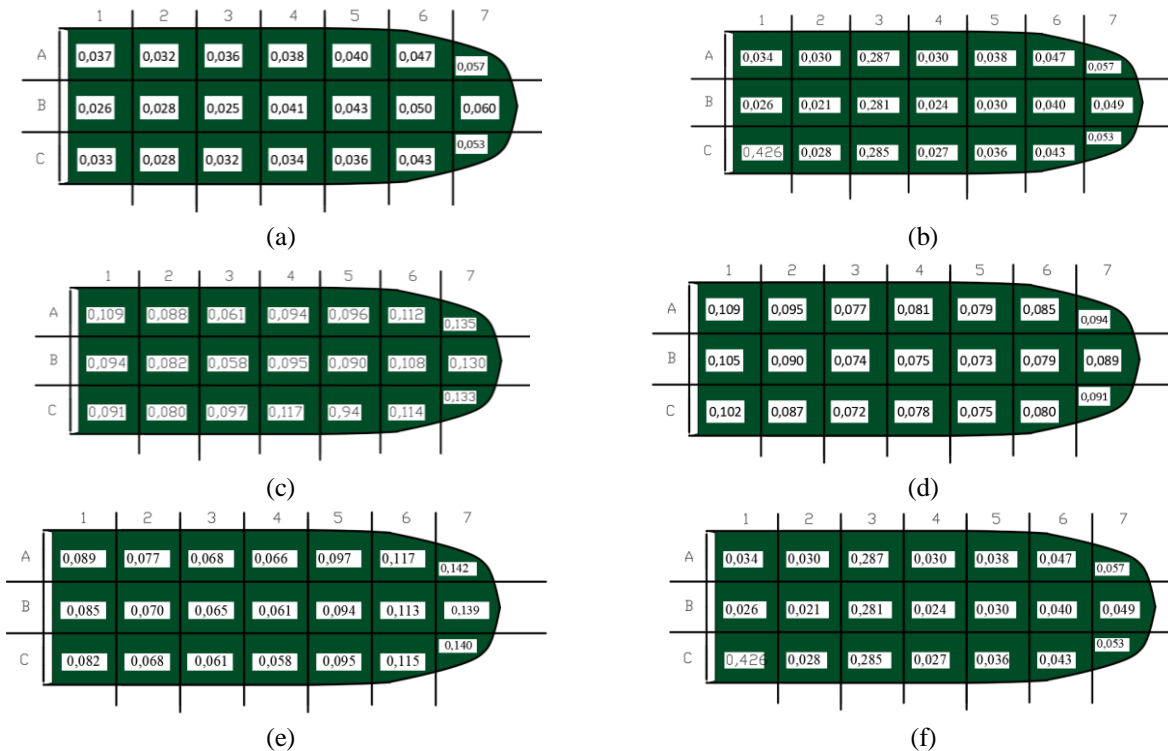
copyright is published under [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Pada gambar 12, sudut gelombang quarter seas 45° saat gelombang 0,875 meter dan 2 meter di kecepatan 15, 22,5 dan 30 knot semua daerah tidak mengalami perubahan warna dan dikriteriakan nyaman untuk ABK.



Gambar 12. Pemetaan arah gelombang quarter seas 45° (a). 15 knot (0,875 meter), (b). 22,5 knot (0,875 meter), (c). 30 knot (0,875 meter) (d). 15 knot (2 meter), (e). 22,5 knot (2 meter), (f). 30 knot (2 meter)

Pada gambar 13, sudut gelombang follow seas 0° saat gelombang 0,875 meter dan 2 meter di kecepatan 15, 22.5 dan 30 knot semua daerah tidak mengalami perubahan warna dan dikriteriakan nyaman untuk ABK.



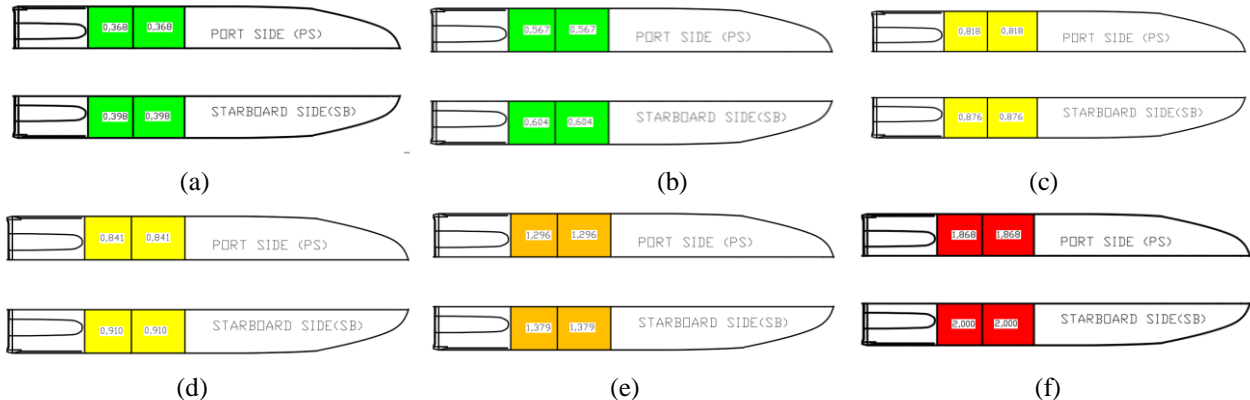
Gambar 13. Pemetaan arah gelombang follow seas 0° (a). 15 knot (0,875 meter), (b). 22,5 knot (0,875 meter), (c). 30 knot (0,875 meter) (d). 15 knot (2 meter), (e). 22,5 knot (2 meter), (f). 30 knot (2 meter)



copyright is published under [Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

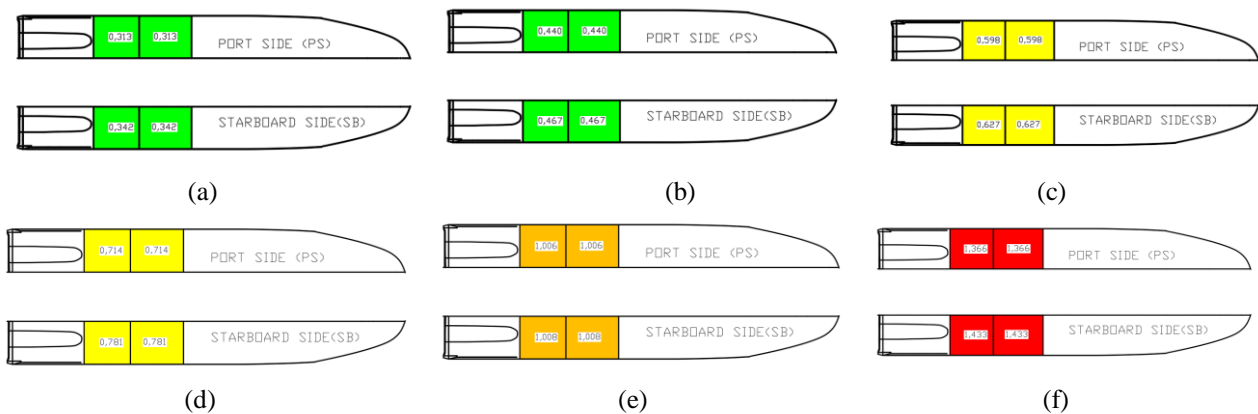
3.4.2 Pemetaan daerah ruang mesin

Pada gambar 14, pemetaan daerah ruang mesin saat arah datang gelombang *head seas* 180° , pada kecepatan 15 knot di koordinat PS dan SB 1 dan 2 ditandai dengan warna hijau muda di kriteriakan sedikit tidak nyaman, pada saat gelombang 2 meter berubah menjadi orange yang di kriteriakan tidak nyaman. Pada saat kecepatan 22,5 knot koordinat PS dan SB 1 dan 2 saat gelombang 0,875 meter menjadi warna kuning yang di kriteriakan cukup tidak nyaman, dan saat gelombang 2 meter menjadi warna merah dimana di kriteriakan sangat tidak nyaman. Pada saat kecepatan 30 knot koordinat PS dan SB 1 dan 2 saat gelombang 0,875 meter menjadi warna orange di kriteriakan tidak nyaman, saat gelombang 2 meter menjadi warna merah dimana di kriteriakan sangat tidak nyaman untuk ABK.



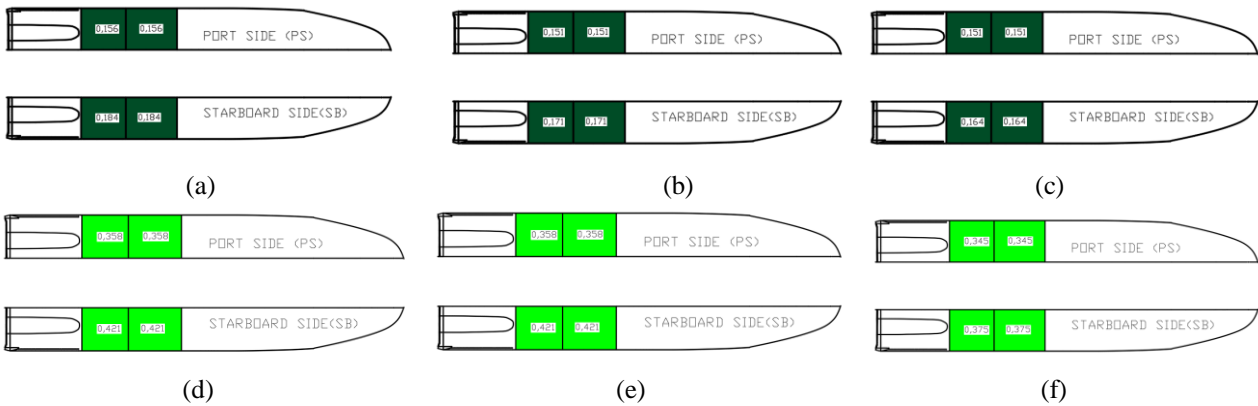
Gambar 14. Pemetaan arah gelombang *head seas* 180° (a). 15 knot (0,875 meter), (b). 22,5 knot (0,875 meter), (c). 30 knot (0,875 meter) (d). 15 knot (2 meter), (e). 22,5 knot (2 meter), (f). 30 knot (2 meter)

Pada gambar 15, saat arah datang gelombang *bow seas* 135° , pada kecepatan 15 knot di koordinat PS dan SB 1 dan 2 ditandai dengan warna hijau muda di kriteriakan sedikit tidak nyaman, saat gelombang 2 meter menjadi warna kuning di kriteriakan cukup tidak nyaman. Pada saat kecepatan 22,5 knot koordinat PS dan SB 1 dan 2 saat gelombang 0,875 meter masih berwarna hijau muda yang di kriteriakan sedikit tidak nyaman, dan saat gelombang 2 meter menjadi warna orange dimana di kriteriakan tidak nyaman. Kecepatan 30 knot koordinat PS dan SB 1 dan 2 saat gelombang 0,875 meter ditandai warna kuning di kriteriakan cukup tidak nyaman, pada saat gelombang 2 meter menjadi warna merah dimana di kriteriakan sangat tidak nyaman.



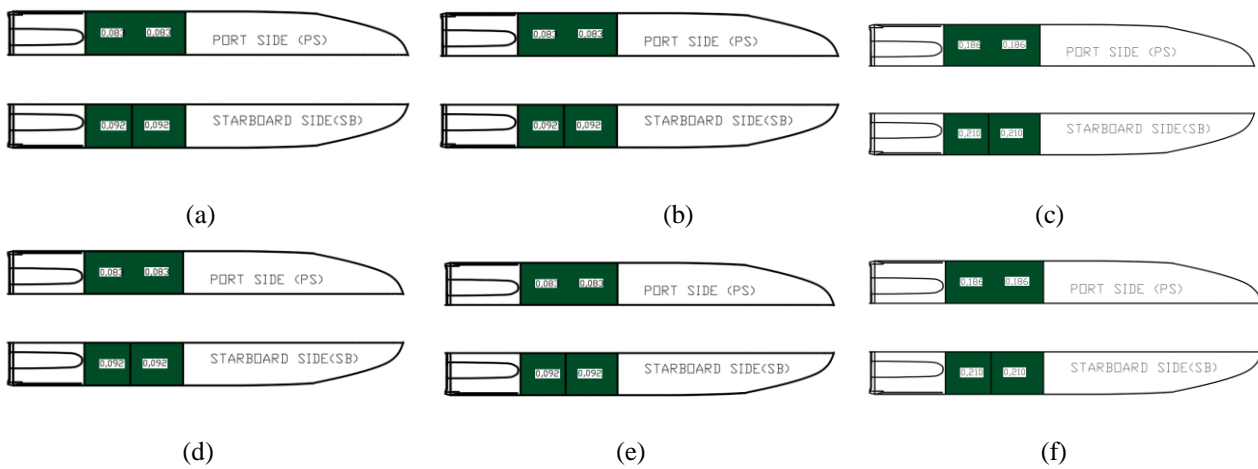
Gambar 15. Pemetaan arah gelombang *bow seas* 135° (a). 15 knot (0,875 meter), (b). 22,5 knot (0,875 meter), (c). 30 knot (0,875 meter) (d). 15 knot (2 meter), (e). 22,5 knot (2 meter), (f). 30 knot (2 meter)

Gambar 16, saat arah datang gelombang *beam seas* 90° , saat kecepatan 15, 22,5, dan 30 knot, gelombang 0,875 meter semua daerah di kamar mesin ditandai dengan warna hijau tua dimana di kriteriakan nyaman. saat gelombang 2 meter semua daerah ditandai dengan warna hijau muda di kriteriakan sedikit tidak nyaman.



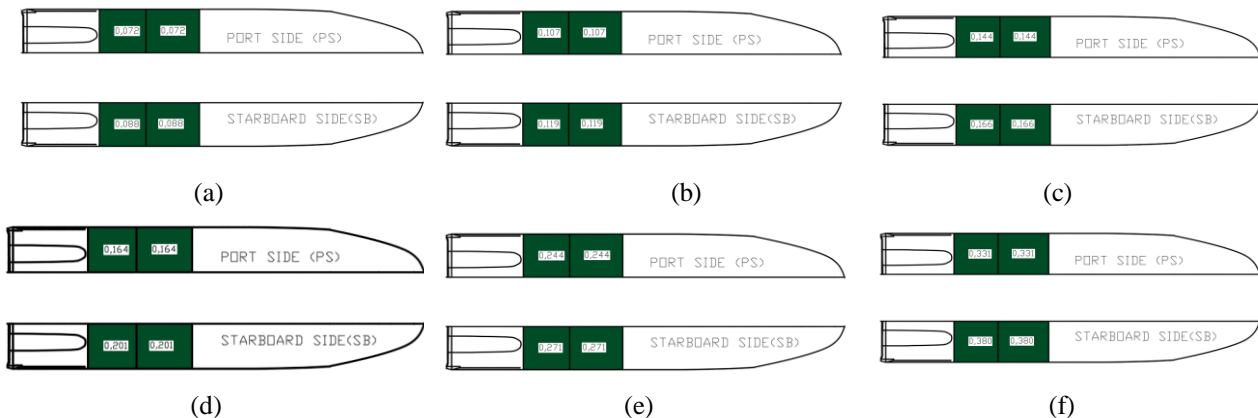
Gambar 16. Pemetaan arah gelombang beam seas 90° (a). 15 knot (0,875 meter), (b). 22,5 knot (0,875 meter), (c). 30 knot (0,875 meter) (d). 15 knot (2 meter), (e). 22,5 knot (2 meter), (f). 30 knot (2 meter)

Gambar 17 Saat arah datang gelombang quarter seas 45°, pada gelombang 0,875 dan 2 meter semua daerah di kamar mesin berwarna hijau tua dimana di kriteriakan nyaman untuk ABK



Gambar 17. Pemetaan Garah gelombang quarter seas 45° (a). 15 knot (0,875 meter), (b). 22,5 knot (0,875 meter), (c). 30 knot (0,875 meter) (d). 15 knot (2 meter), (e). 22,5 knot (2 meter), (f). 30 knot (2 meter)

Gambar 18. Saat arah datang gelombang follow seas 0°, pada gelombang 0,875 dan 2 meter semua daerah di kamar mesin berwarna hijau tua dimana di kriteriakan nyaman untuk ABK



Gambar 18. Pemetaan arah gelombang quarter seas 0° (a). 15 knot (0,875 meter), (b). 22,5 knot (0,875 meter), (c). 30 knot (0,875 meter) (d). 15 knot (2 meter), (e). 22,5 knot (2 meter), (f). 30 knot (2 meter)

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis pada kapal patroli katamaran KAL-28 dapat diketahui bahwa, kapal patroli KAL-28 memiliki response percepatan vertikal paling tinggi pada saat kapal bergerak melawan arah gelombang (*heading seas*), dimana pada saat kecepatan kapal 30 knot, ketinggian gelombang 2 meter menimbulkan gerak percepatan vertikal tertinggi di daerah deck dan ruang navigasi yaitu sebesar $3,706 \text{ m/s}^2$ di koordinat 6 dan 7 daerah deck, sedangkan gerakan percepatan vertikal paling tinggi pada ruang mesin yaitu sebesar 2 m/s^2 . Mengacu pada standard ISO 2631 kondisi kapal stabil pada kecepatan 15 knot dengan arah sudut datang gelombang *quarter seas* dan *follow seas*. Kapal patroli katamaran KAL-28 lebih efisien jika beroperasi pada gelombang 0,875 meter, namun untuk ketinggian gelombang 2 meter tidak direkomendasikan karena tinggi gelombang yang ekstrim. Dan semakin kecepatan kapal bertambah maka nilai MSI semakin naik.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Budiman, Y., Romansyah, F., Rochim, M. N., Akmal, M. S., Solikin, M., & Yudianto, A. (2022). *Seminar Nasional Ilmu Teknik dan Aplikasi Industri (SINTA) Perancangan bodi kapal patroli lepas pantai: analisis numerik hidrodinamika bodi deep v-hull, bulbous hull, dan catamaran melalui simulasi software maxsurf. 5.*
- [2] Ishak Bawias, F. L. R. (2022). Analisis Prediksi Motion Sickness Incidence (Msi) Pada. *Zona Laut*, 3(2), 2747–2124. <https://journal.unhas.ac.id/index.php/zonalaut>
- [3] Khristyson, S. F., & Laksono, S. H. (2020). Analisa Joint Erektion Konstruksi Baja Block B05 & B07 Kapal Patroli Polisi 63 Meter Dengan Mobile Crane 72.000 Ton. *Jurnal Proyek Teknik Sipil*, 03(1), 10–17.
- [4] Putra, Dian P., Deddy C., & Muhammad Iqbal, Analisa Seakeeping Dan Prediksi Motion Sickness Incidence (Msi) Pada Kapal Perintis 500 Dwt Dalam Tahap Desain Awal (Initial Design). *Jurnal Teknik Perkapalan*, 4(3), 343–354. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval/article/view/13830>
- [5] Molland, A. F., Turnock, S. R., & Hudson, D. A. (2011). Ship resistance and propulsion: Practical estimation of ship propulsive power. In *Ship Resistance and Propulsion: Practical Estimation of Ship Propulsive Power* (Vol. 9780521760). <https://doi.org/10.1017/CBO9780511974113>
- [6] 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>
- [7] Griffin, M. J. 1990 Motion sickness. Handbook of Human Vibration, Academic Press, New York.
- [8] O'Hanlon, J. F., and McCauley, M. E. (1974). "Motion sickness incidence as a function of the frequency and acceleration of vertical sinusoidal motion," *Aerosp. Med.* 45, 366-369
- [9] Santoso, M. (2015). Analisis Prediksi Motion Sickness Incidence (Msi) Pada Kapal Catamaran 1000 Gt Dalam Tahap Desain Awal (Initial Design). *Kapal: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan*, 12(1), 42–49. <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/kapal/article/view/8346>

