

ANALISIS PREDIKSI MOTION SICKNESS INCIDENCE (MSI) PADA KAPAL CATAMARAN 1000 GT DALAM TAHAP DESAIN AWAL (INITIAL DESIGN)

Mardi Santoso¹⁾

¹⁾Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia
Email: mardisantoso@gmail.com

Abstrak

Gerakan kapal terombang – ambing atau naik turun di laut lepas yang diakibatkan oleh ombak yang besar dan terus menerus dapat mengakibatkan gejala sakit berupa kepala pusing, mual bahkan muntah yang seringkali diistilahkan sebagai mabuk laut (*sea sickness* atau *motion sickness*). Pada kapal penumpang(*ferry*)kondisi ini menjadi suatu persyaratan penting yang harus dipertimbangkan dalam proses desain. Dalam penelitian ini dilakukan kajian terhadap hasil perhitungan dan simulasi percepatan vertikal gerakan kapal catamaran 1000GT sehingga bisa dilihat unjuk kerja kapal terhadap kenyamanan penumpang. Kenyamanan pada penumpang dilihat dari indeks jumlah penumpang yang mengalami mabuk laut pada periode tertentu dengan mengacu pada standard ISO-2631/1997. Perhitungan dan simulasi dilakukan pada beberapa titik di kapal untuk melihat percepatan vertikal yang terjadi. Dari hasil simulasi didapatkan pengaruh dari lokasi pengukuran, durasi dan arah ombak terhadap persentase jumlah penumpang yang mengalami gejala mabuk laut atau *motion sickness incidence (MSI)*.

Kata Kunci : Olah gerak kapal, *motion sickness*, mabuk laut, catamaran, ISO 2631.

1. PENDAHULUAN

Istilah *motion sickness* pada kapal yang dikenal juga dengan istilah mabuk laut adalah gejala sakit yang diakibatkan karena gerakan kapal yang mengakibatkan gejala fisik yang tidak nyaman yang ditandai dengan susah bernapas, pusing, mual, pucat dan muntah. Pada kasus tertentu yang parah, penumpang ataupun awak kapal harus dibawa ke rumah sakit.

Penyebab utama mabuk laut adalah tidak adanya kesamaan rangsang atau *conformity* antara stimulus, mata dan labirin telinga yang diterima oleh otak manusia. Biasanya orang yang terkena mabuk laut adalah mereka yang berada pada geladak tertutup, dikarenakan mata tidak dapat melihat adanya gerakan sementara labirin telinga merespon adanya gerakan kapal sehingga ada konflik antara rangsangan yang diterima mata dengan labirin telinga yang bertanggung jawab

terhadap keseimbangan badan sehingga menyebabkan mual.

Dari hasil observasi dan riset, tidak ada hubungan yang pasti antara gerakan kapal dan mabuk laut. *Mc Cauley dan O'Hanlon (1999)* secara kuantitatif memperkirakan persentase orang yang akan mengalami mabuk laut. Dan dari situ disimpulkan bahwa percepatan kapal vertikal adalah hal yang paling utama menjadi penyebab mabuk laut, sementara rolling dan pitching hanya memberikan sedikit pengaruh. Sebagai tambahan, ditemukan bahwa pada frekuensi 0,167 Hz terjadi peningkatan jumlah penumpang yang mabuk laut yang signifikan[1].

Standar Internasional (ISO 2631) mendefinisikan metode untuk estimasi persentase jumlah penumpang yang mengalami gejala *motion sickness* pada berbagai posisi di kapal untuk berbagai kriteria ;

- 10% MSI setelah 8 hours
- 10% MSI setelah 2 hours

- 10% MSI setelah 30 menit.

Dimana kriteria tersebut diatas menunjukkan persentase penumpang yang akan mengalami mabuk laut setelah periode tertentu.

Selain itu dari referensi ISO 2631 juga disebutkan bahwa tingkat kenyamanan atau penyebab MSI yang paling utama adalah adanya percepatan vertikal (*vertical acceleration*), Tabel 1 dibawah ini menunjukkan tingkat kenyamanan suatu kapal berdasarkan percepatan vertikal.

Tabel 1. Tingkat kenyamanan dan percepatan vertikal [2]

Habitability Acceleration (RMS)	
$< 0,315 \text{ ms}^{-2}$	<i>Not uncomfortable</i>
$0,315 - 0,63 \text{ ms}^{-2}$	<i>A little uncomfortable</i>
$0,5 - 1,0 \text{ ms}^{-2}$	<i>Fairly uncomfortable</i>
$0,8 - 1,6 \text{ ms}^{-2}$	<i>Uncomfortable</i>
$> 2,5 \text{ ms}^{-2}$	<i>Very Uncomfortable</i>
$> 2 \text{ ms}^{-2}$	<i>Extremely Uncomfortable</i>

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Unjuk Kerja Olah Gerak Kapal (*Seakeeping*)

Olah gerak kapal (*Seakeeping*) adalah kemampuan suatu kapal untuk tetap bertahan dilaut dalam kondisi apapun. Oleh karena itu kemampuan ini jelas merupakan aspek penting dalam hal perancangan kapal (*Ship Design*). Pada perencanaan bentuk lambung kapal, kualitas dari kinerja bentuk lambung merupakan bagian yang menjelaskan keadaan dimana kapal akan oleng atau tenggelam (*Ultimate Loss of Performance*) pada tiap kondisi gelombang, sehingga kinerja tersebut harus diketahui secara pasti bahkan dalam kondisi ekstrim sekalipun.

Dasar Perhitungan *Seakeeping* adalah kapal yang berlayar di suatu perairan akan mengalami gerakan sesuai dengan kondisi gelombang pada saat itu [3]. Karakteristik perairan dapat digambarkan sebagai sebuah spektrum gelombang, dimana terdapat besaran-besaran yang merupakan sifat - sifat dari perairan tersebut.

Seakeeping kapal di pengaruhi oleh tiga gerakan kapal yaitu *heaving*, *rolling*, dan *pitching* (Bhattacharyya, 1978). Gerak ini yang menunjukkan kualitas kapal dalam merespon spektrum gelombang.

Perhitungan *seakeeping* kapal Catamaran 1000 GT menggunakan software *seakeeper* 11.12 yang terdapat beberapa pengaturan dalam pengoperasiannya antara lain adalah Kondisi perairan (*sea condition*)

Kondisi perairan (*sea state condition*) mengacu pada kondisi yang telah ditetapkan oleh *world meteorological organization* dengan peninjauan pada tiga kategori gelombang yaitu kecil (*slight*), sedang (*moderate*), dan besar (*Rough*).

2.2. Respon Olah Gerak Kapal, Response Amplitude Operator (RAO)

RAO merupakan suatu transfer fungsi yang menggambarkan bagaimana respons suatu kapal bervariasi terhadap frekuensi gelombang. Biasanya ditampilkan dalam suatu grafik non dimensional dengan fungsi ketinggian dan kemiringan (*slope*) gelombang. Secara praktis persamaan RAO ditampilkan sebagai persamaan transfer fungsi dalam berbagai macam gerakan berikut;

Untuk gerakan linear (*heaving, sway, surge*);

$$RAO_z = \frac{Z_0}{\zeta_0} \quad (1)$$

Untuk gerakan angular (*rolling, pitching, yaw*);

$$RAO_\theta = \frac{\theta_0}{k\zeta_0} \quad (2)$$

Untuk percepatan vertikal;

$$RAO_a = \frac{a_0}{\omega_e^2 \zeta_0} \quad (3)$$

Dimana ;

Z_0 = gerakan linear kapal (m)

θ_0 = gerakan angular (rad)

a_0 = percepatan vertikal (m/s^2)

ζ_0 = amplitude gelombang (m)

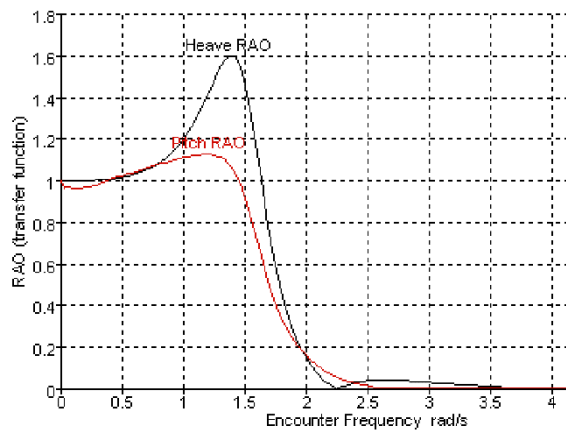
k = radius girasi, $k = \sqrt{\frac{I}{m}}$

I = inersia

m = massa kapal

ω_e = frekuensi gelombang (Hz)

Contoh RAO dari suatu kapal untuk gerakan *heaving* dan *pitching* ditunjukkan dalam Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Tipikal grafik RAO untuk *heaving* dan *pitching*[4]

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa pada frekuensi gelombang yang rendah respon kapal (*heaving* dan *pitching*) memiliki trend untuk bergabung (nilai RAO = 1), disini kapal akan terombang – ambing dengan pelan dan gerakan kapal sebanding dengan tinggi maupun kecepatan gelombang. Selain itu pada frekuensi gelombang yang tinggi, respon kapal akan cenderung menjadi nol karena efek dari banyaknya gelombang yang pendek sepanjang badan kapal akan memberikan efek saling menghilangkan respon gerakan.

2.3. Motion Sickness Incidence (MSI) Index

MSI index pada umumnya digunakan untuk menilai kemungkinan terjadinya mabuk laut. Indek MSI bisa dihitung menggunakan persamaan 4 berikut ini [5];

$$MSI = 100 \left[0.5 \pm \operatorname{erf} \left(\frac{\pm \log_{10} \frac{a_v}{g} \pm \mu_{MSI}}{0.4} \right) \right] \quad (4)$$

Dimana ;

MSI = indek MSI

erf = error function

a_v = percepatan vertikal rata – rata pada suatu titik atau lokasi yang ditentukan.

μ_{MSI} = parameter yang dihitung dari persamaan 5 berikut ini;

$$\mu_{MSI} = -0.819 + 2.32 (\log_{10} \omega_E)^2 \quad (5)$$

Standar internasional (ISO) mendefinisikan metode untuk memperkirakan persentase orang yang akan mengalami gejala mabuk laut berdasarkan nilai dosis mabuk laut atau *motion sickness dose value (MSDV)*[6].

MSDV dapat dihitung dengan menggunakan salah satu dari 2 metode berikut ini yang didasarkan pada periode atau lamanya seorang penumpang terpapar getaran kapal.

Jika pengukuran dilakukan pada periode paparan getaran yang singkat, maka;

$$MSDV = \bar{a}_v T_0^{1/2} \quad (6)$$

Dimana ;

\bar{a}_v = nilai rata – rata percepatan vertikal (m/s^2)

T_0 = lamanya paparan (s)

Jika pengukuran dilakukan pada keseluruhan periode paparan getaran;

$$MSDV = \sqrt{\int_0^T (a_v(t))^2 dt} \quad (7)$$

Dimana;

a_v = percepatan vertikal pada frekuensi tertentu. [4]

T = periode paparan

Dengan mengetahui nilai MSDV maka selanjutnya jumlah penumpang yang mengalami mabuk laut dapat diperhitungkan menggunakan persamaan berikut;

$$PP = K_M \cdot MSDV \quad (8)$$

Dimana;

PP = jumlah penumpang yang mengalami mabuk laut

K_M = konstanta yang diperhitungkan berdasarkan jumlah penumpang laki laki dan perempuan.

Dari hasil penelitian J.M Riola, dkk. indek MSI pada mode gelombang laut yang tidak beraturan ditentukan dengan cara membuat model gelombang laut. Transfer fungsi indek MSI pada gelombang laut yang tidak beraturan $Y_{MSI}(\omega_E)$ dikembangkan dan mengalikannya dengan

spektrum energi gelombang $S_{\zeta\zeta}(\omega_E)$ maka didapatkan densitas spektrum indeks MSI $S_{MSI}(\omega_E)$ sebagai berikut [4].

$$S_{MSI}(\omega_E) = |Y_{MSI}(\omega_E)|S_{\zeta\zeta}(\omega_E) \quad (9)$$

Dan selanjutnya nilai indeks MSI dapat dihitung sebagai berikut;

$$MSI = \int_0^{\infty} S_{MSI}(\omega_E)d\omega_E \quad (10)$$

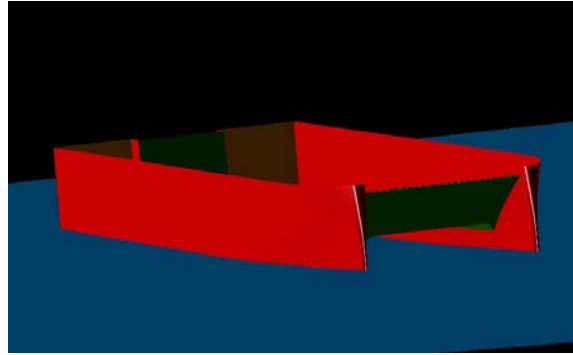
3. METODOLOGI PENELITIAN

Perhitungan dan simulasi indeks MSI ini akan dilakukan pada kapal ferry catamaran kelas 1000GT dengan data ukuran utama sebagai berikut ;

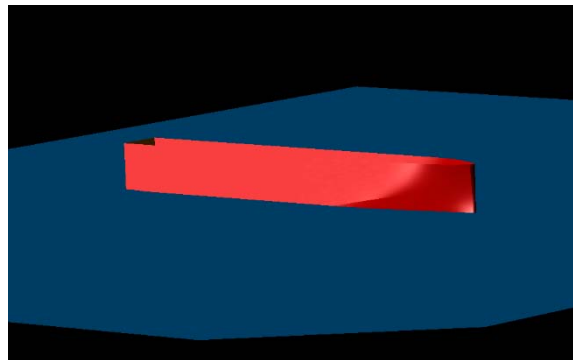
- Panjang seluruhnya (Loa) : 57,60 m
- Panjang AGT (Lpp) : 55.80 m
- Lebar (B) : 18.00 m
- Tinggi (H) : 4.70 m
- Sarat (T) : 2.50 m
- Sarat Konstruksi (Tk) : 3.50 m
- Kecepatan dinas (Vs) : 15 knots

Untuk dapat melakukan analisa olah gerak kapal guna melihat efeknya terhadap indeks MSI maka perlu dilakukan perhitungan *added mass*, factor redaman (*damping factor*), inersia dari gerakan kapal dan gaya pembalik (*restoring force*) dari kapal. Dengan menggunakan Software ; *Maxsurf – Seakeeper* maka kapal dimodelkan dalam bentuk 3 dimensi dan nilai- nilai parameter yang dibutuhkan untuk perhitungan indeks MSI diatas akan dihitung menggunakan *strip theory*.

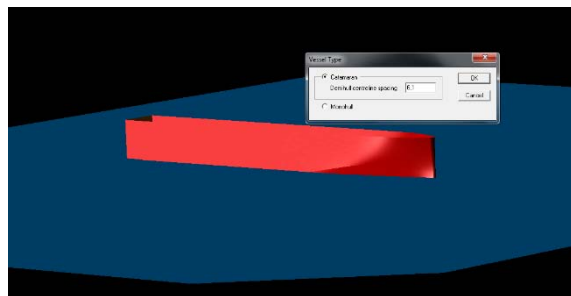
Pada angka froude number yang tidak terlalu tinggi, gerakan heaving dan pitching pada kapal katamaran cukup diprediksikan menggunakan model kapal single *demihull* (*Monohull*) sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2 dan 3. Namun untuk mendapatkan prediksi nilai response gerakan rolling yang akurat maka pada *seakeeper* perlu dimasukan besarnya jarak antar dua demihull. (Gambar 4)



Gambar 2. Model kapal katamaran 1000GT pada Seakeeper



Gambar 3. Model *Isolated Demihull* kapal katamaran 1000GT pada Seakeeper.



Gambar 4. Setting jarak antar demi hull

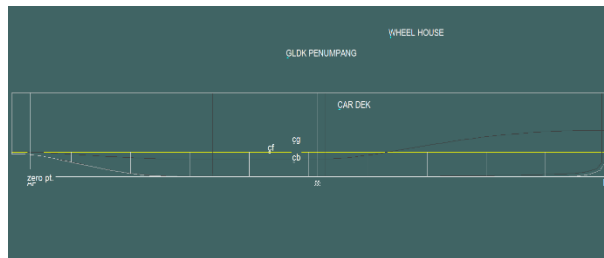
Seakeeper digunakan untuk mengukur gerakan pada titik pusat gravitasi (CG) kapal dan juga menentukan posisi suatu lokasi pada lambung dan jaraknya dengan CG. Posisi ini dikenal sebagai *remote location* yang menjadi titik pengukuran terhadap gerakan kapal, misalnya *slamming*, *vertical motion*, *vertical acceleration* dan *motion sickness*.

Pada kapal katamaran 1000GT ini lokasi pengukuran ditentukan sebanyak 3 tempat, yaitu di car deck, geladak penumpang dan wheel house. Tabel. 2 menunjukkan detail jarak dan posisi *remote location* terhadap CG. Sementara itu

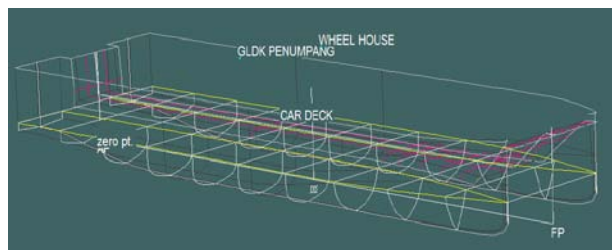
gambar 5 dan 6 menunjukkan titik – titik *remote location* pada model kapal di seakeeper.

Tabel 2. Lokasi pengukuran (*remote location*) pada kapal katamaran 1000GT

REMOTE LOCATION	Longitudinal Position	Offset	Height	Long. Pos. From CG	Offset From CG	Height From CG	MII slide friction coefficient	MII tip fore/Aft stance coefficient	MII Tip side/Side Stance Coefficient
CAR DECK	30	6,1	6,5	4,39	6,1	6,5	0,7	0,17	0,25
GLDK PENUMPANG	25	6,1	11,5	-0,61	6,1	11,5	0,7	0,17	0,25
WHEEL HOUSE	35	6,1	13,5	9,39	6,1	13,5	0,7	0,17	0,25



Gambar 5. Posisi *remote location* dilihat dari samping (*side view*)



Gambar 6. Posisi *remote location* dilihat 3 dimensi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Response Amplitude Operator (RAO) Kapal

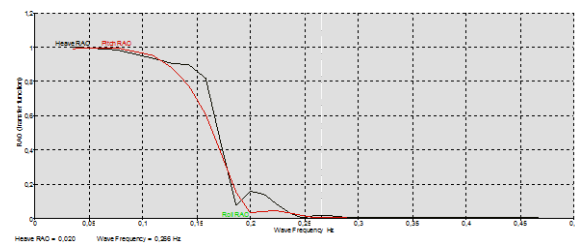
RAO merupakan suatu transfer function yang digunakan untuk menentukan efek dari kondisi laut terhadap gerakan kapal. Sehingga dari situ bisa diketahui apakah suatu kapal memerlukan perubahan desain untuk meningkatkan stabilitas.

Penggunaan RAO pada fase desain suatu kapal memungkinkan untuk ditentukannya modifikasi yang dibutuhkan pada desain untuk memenuhi kriteria keselamatan, maupun untuk meningkatkan performance dari kapal. RAO menunjukkan trend gerakan kapal terhadap gelombang. Untuk analisa seakeeping kapal katamaran 1000GT ini digunakan spectrum gelombang ITTC dengan data sebagai berikut ;

Tinggi Gelombang : 2,5 m
 Modal periode : 10 s
 Periode rata – rata : 7,72 s
 Kecepatan angin : 9,72 knots
 Kecepatan kapal : 15 knots
 Arah kapal terhadap gelombang : 180, 0 dan 45 derajat.

Gambar 7 sampai 9 menunjukkan hasil response gerakan kapal(RAO) kapal katamaran 1000GT.

4.1.1 RAO pada 15 Knots, 180 derajat (*heading seas*)

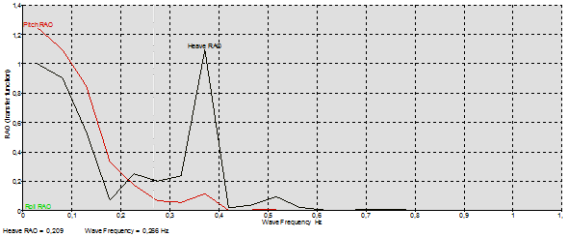


Gambar 7. RAO untuk heaving dan pitching kapal melawan gelombang (*heading seas*)

Dari gambar 7, pada saat kapal melawan gelombang pada frekuensi rendah, gerakan kapal akan mengikuti gelombang dimana pada kondisi tersebut heaving dan pitching menjadi dominan. Kemudian seiring dengan naiknya frekuensi gelombang (gelombang pendek), nilai RAO akan menurun karena gelombang menjadi pendek maka jumlah gelombang per panjang kapal akan semakin banyak sehingga efeknya terhadap gerakan kapal adalah saling menghilangkan dan akhirnya kapal tidak terpengaruh oleh gelombang pada frekuensi 0,191 Hz.

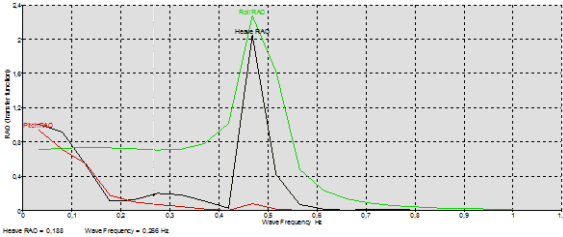
4.1.2 RAO pada 15 knots, 0 derajat(*aft seas*)

Pada kondisi *aft sea* (kapal searah dengan gelombang, gerakan heaving menjadi dominan dan terjadi pada frekuensi 0,371 Hz. Disini respon gerakan kapal menjadi sedikit fluktuatif dimana pada frekuensi 0,214 Hz sebenarnya efek gelombang sudah sangat kecil, namun heaving akan mengalami kenaikan pada frekuensi 0,371 Hz dan kemudian turun pada frekuensi 0,420 Hz sebagaimana ditunjukkan pada gambar 10.6.



Gambar 8. RAO untuk heaving dan pitching kapal berlayar searah gelombang (*aft seas*)

4.1.3 RAO pada 15 Knots, 45 Derajat



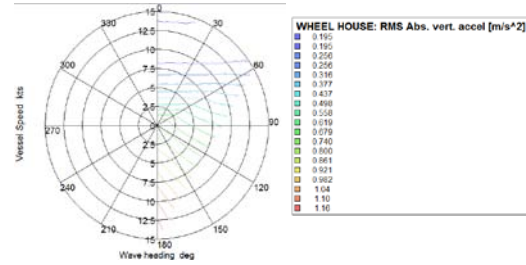
Gambar 9. RAO untuk gelombang 45 derajat (*quarter seas*)

Pada kondisi gelombang berasal dari 45 derajat terhadap lambung kapal (*quarter seas*), maka kapal merespon dengan gerakan rolling, heaving dan pitching. Dimana gerakan rolling dan heaving adalah yang dominan. Titik tertinggi dari gerakan rolling dan heaving adalah pada frekuensi 0,468 Hz. Dan ini nampaknya adalah resonansi frekuensi dari gelombang dan kapal. Sementara pada frekuensi diatas 0,468 Hz efek gelombang sudah sangat kecil, dan pada frekuensi antara 0,216 – 0,4 Hz efek gelombang adalah medium.

4.2. Motion Sickness Incidence (MSI)

4.2.1 Polar Plot

Polar plot menunjukkan respon kapal pada setiap arah gerakan (*heading*) sebagai fungsi dari kecepatan dan posisi, dan juga dapat menunjukkan efek dari batas yang harus diperhatikan pada operasi kapal. Ketika kapal bergerak dan dikenai beban ombak maka kapal akan merespon atau bergerak sesuai kontur sebagaimana dituliskan pada grafik berupa sudut *heading* kapal, dan kecepatan. Garis – garis pada polar plot menunjukkan respon kapal sesuai dengan operasionalnya sehingga dari grafik tersebut operator bisa menentukan operasional kapal yang nyaman.



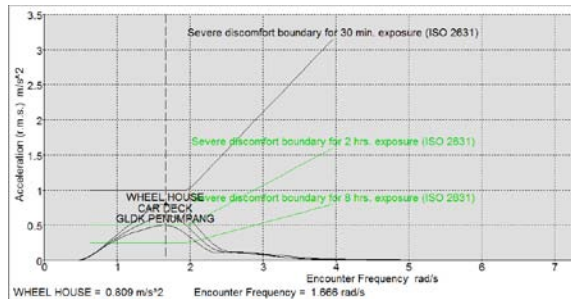
Gambar 10. Grafik polar percepatan vertikal kapal karena gelombang dengan ketinggian 2.5 m.

Gambar 10 menunjukkan percepatan vertikal kapal pada posisi pengukuran di wheel house saat kapal dikenai gelombang dengan ketinggian 2.5 m (*significant wave height*) dan periode gelombang 10 detik, pada kecepatan kapal 15 knots. Dari grafik tersebut terlihat bahwa response percepatan vertikal paling tinggi (ditunjukkan oleh garis warna merah) terjadi saat kapal bergerak melawan gelombang (*heading seas*) atau sudut 180° , dan percepatan vertikal paling rendah (ditunjukkan oleh garis warna biru) saat kapal bergerak searah gelombang (*following seas*). Selanjutnya grafik polar ini akan didetailkan lagi dalam suatu grafik indeks MSI yang menunjukkan percepatan vertikal terhadap frekuensi gelombang dalam batasan periode yang ditentukan oleh ISO 2631.

Sebagaimana dijelaskan diatas untuk pengukuran MSI ini telah ditentukan *remote location* sebanyak 3 tempat, yaitu di geladak kendaraan, geladak penumpang dan geladak navigasi (tabel 2). Sementara itu untuk data gelombang dan arah gelombang sama dengan yang digunakan pada sub bab 4.1. Gambar 11 sampai 13 dibawah ini menunjukkan nilai MSI pada berbagai arah gelombang.

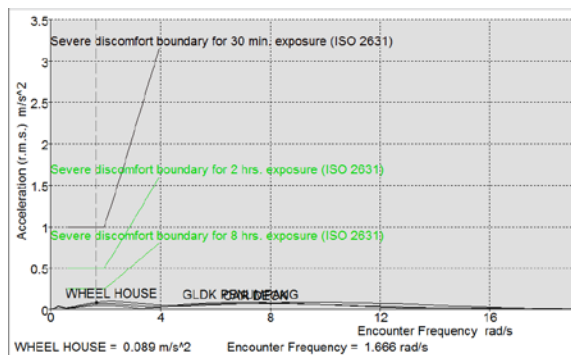
4.2.2 MSI pada 15 Knots, 180 derajat

Pada kondisi kapal melawan gelombang (*heading seas*), MSI terjadi pada 10% penumpang setelah 2 jam, pada geladak kendaraan dan geladak. Dimana pada saat itu besaran encounter frekuensi adalah 1,666 Hz, dan nilai vertical acceleration adalah ; $0,809 \text{ m/s}^2$ untuk wheel house, $0,644 \text{ m/s}^2$ untuk geladak kendaraan, dan $0,503 \text{ m/s}^2$ pada geladak penumpang.



Gambar 11. MSI kapal katamaran 1000GT pada kondisi melawan gelombang (*heading seas*)

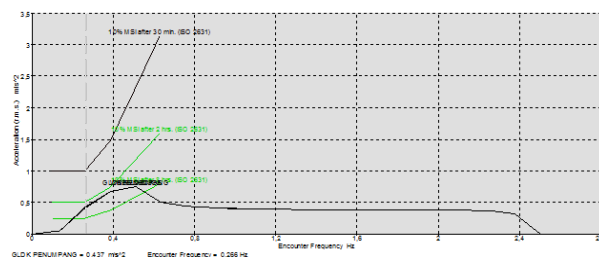
4.2.3 MSI pada 15 knots, 0 derajat



Gambar 12. MSI kapal katamaran 1000GT pada kondisi mengikuti gelombang (*aft seas*).

Pada gambar 12 diatas, pada kondisi kapal mengikuti gelombang, kapal sangat stabil dan diprediksikan tidak ada penumpang yang akan mengalami mabuk laut.

4.2.4 MSI pada 15 Knots, 45 Derajat



Gambar 13. MSI kapal katamaran 1000GT dengan gelombang 45 derajat (*quarter seas*)

Pada kondisi kapal melawan gelombang dari arah 45 derajat, pada ketiga lokasi pengukuran 10% penumpang akan mengalami mabuk laut setelah 8 jam pelayaran. Dan kasus tertinggi pada encounter frekuensi 0,508 Hz dan percepatan vertikal $0,750 \text{ m/s}^2$.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil simulasi, perhitungan dan analisa response gerakan kapal menggunakan program seakeeper pada model kapal ferry catamaran 1000GT, bisa disimpulkan beberapa hasil sebagai berikut ;

1. Kapal Ferry Catamaran 1000GT memiliki response percepatan vertikal paling tinggi saat kapal bergerak melawan arah gelombang (*heading seas*), dimana pada kecepatan kapal 15 knots, ketinggian gelombang 2.5 meter dan periode gelombang rata-rata 7.2 detik menimbulkan gerak percepatan vertikal masing – masing $0,806 \text{ m/s}^2$ di *wheel house*, $0,644 \text{ m/s}^2$ di geladak kendaraan, dan $0,503 \text{ m/s}^2$ di geladak penumpang.
2. Mengacu pada standar ISO 2631 maka pada saat kapal bergerak melawan gelombang akan ada kecenderungan 10% penumpang pada ketiga posisi pengukuran akan mengalami mabuk laut setelah periode pelayaran 2 jam, dan Sementara itu pada posisi kapal 45° melawan gelombang maka ada sekitar 10% penumpang akan mengalami mabuk laut setelah periode 8 jam pelayaran.
3. Pada posisi arah kapal searah gelombang (*aft seas*) tidak ada kendala MSI pada semua penumpang pada ketiga posisi pengukuran.

Dari hasil prediksi response gerakan kapal dan MSI tersebut bisa dilakukan beberapa hal ;

1. Menambah posisi pengukuran (*remote location*) untuk mendapatkan data response yang lebih mendetail sehingga didapatkan lokasi atau posisi di kapal yang paling nyaman.
2. Mengubah distribusi massa maupun muatan sehingga titik berat kapal (CG) berubah, dan dianalisa untuk melihat efek perubahan CG terhadap response gerak kapal dan kenyamanan penumpang.
3. Mengingat gejala MSI mulai muncul pada durasi pelayaran diatas 2 jam, disarankan kapal ferry catamaran ini digunakan untuk pelayaran jarak pendek dengan durasi kurang dari 2 jam atau dihindari berlayar jika gelombang lebih dari 2.5 meter.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Seakeeper, "Seakeeper User Manual - Windows Version 16," Formation Design Systems Pty Ltd, 2011.
- [2] T. Cepowski, "Influence analysis of changes of design parameter of passenger -car ferries on their selected seakeeping qualities," *Polish Maritime Research No. 1 vol. 16*, pp. 25-33, 2010.
- [3] "The International Standard ISO 2631-1," in *Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole body vibration*, 1997.
- [4] J. F. O'Halon and M. E. Mc Cauley, "Motion Sickness Incidence as a Function of Frequency and Acceleration of Vertical Sinusoidal Motion," *Aerospace Medicine Vol. 45*, 1974.
- [5] J. M. Riola, S. Esteban, J. M. Giron - Siera and J. Aranda, "Motion and Seasickness of Fast Warships," in *RTO AVT Symposium on "Habitability of Combat and Transport Vehicles: Noise, Vibration and Motion"*, Prague, Czech Republic, October 4-7, 2004.
- [6] T. Cepowski, "On the modeling of car passenger ferryship design parameters with respect to selected sea-keeping qualities and additional resistance in waves.," *Polish Maritime Research No. 3(61), vol 16*, p. 3-10, 2009.