

OPTIMASI RESPON GERAKAN KAPAL IKAN CATAMARAN TERHADAP GELOMBANG REGULLER

Romadhoni

Jurusan D-III Teknik Perkapalan, Politeknik Negeri Bengkalis

Email¹ : romadhoni@polbeng.ac.id

ABSTRACT

*This study was conducted to determine if the motion performance catamaran-type fishing boat, through the vessel response to beam waves of sea, sea and head following sea causing oscillation motion in six degrees of freedom. Boats were used as models are aboard ship optimization results comparison with the size of the main LBP 16.0 m; B 6.0 m; T H 4.0 m and 1.5 m. Ship modeled using the program maxsurf dongle, then the model is analyzed using Seakeeper to know RAO vessels such as heaving, rolling and pitching. Input data such as speed boats, heading angle and the type of wave spectrum to show the information entered for the vessel response. RAO's big heave motion maximum occurs at a speed of 14 knots towards 180° with RAO value of 3.389 m.m⁻¹ at a frequency of 0.41 rad.s⁻¹, the maximum value is 135° of the roll angle of attack occurs when the ship's speed is 0 m⁻¹.s⁻¹ with a value of RAO 1.34 deg.m⁻¹ at a frequency of 1.67 rad.s⁻¹, while the value of the minimum roll occurs at a speed of 14 knots with an incidence angle of 135° RAO value 2,096 deg.m⁻¹ at frequency 1:11 rad/s and maximum use values pith occurred on the ship's speed of 14 knots with an incidence angle of 180° RAO value of 5.66 deg.m⁻¹ at frequency 1:27 rad.s⁻¹. From the research results can be conclude that fish-boat this type of catamaran has a good performance while operating at sea. **Keywords** : catamaran, ecounter frequency, MAXSURF, RAO, seakeeping.*

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui performa olah gerak kapal ikan tipe katamaran, melalui respons kapal terhadap gelombang *beam sea*, *following sea* dan *head sea* yang menimbulkan gerakan osilasi dalam 6 derajat kebebasan. Kapal yang dijadikan sebagai model adalah kapal hasil optimisasi kapal pembanding dengan ukuran utama LBP 16,0 m; B 6,0 m; H 4,0 m dan T 1,5 m. Kapal dimodelkan dengan menggunakan program MAXSURF, kemudian model dianalisa dengan menggunakan Seakeeper untuk mengetahui RAO kapal seperti *heaving*, *rolling*, dan *pitching*. Data input seperti kecepatan kapal, sudut *heading* dan tipe spektrum gelombang dimasukkan untuk dapat menampilkan informasi respons kapal. Besar RAO untuk gerak *heave* maksimum terjadi pada kecepatan 14 knot arah 180° dengan nilai RAO sebesar 3,389 m/m pada frekuensi 0,41 rad/s, nilai roll maksimum terjadi sudut datang gelombang 135° saat kecepatan kapal 0/ms dengan nilai RAO 1,34 deg/m pada frekuensi 1,67 rad/s, sedangkan nilai roll minimum terjadi pada kecepatan 14 knot dengan sudut datang 135° nilai RAO 2.096 deg/m. pada fekuensi 1.11 rad/s dan nilai *pith* maksimum terjadi pada kecepatan kapal 14 knot dengan sudut datang 180° nilai RAO 5.66 deg/m pada fekuensi 1.27 rad/s. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan kapal ikan jenis katamaran ini memiliki performa yang baik saat beroperasi dilaut.

Kata kunci : katamaran, frekuensi *encounter*, MAXSURF, RAO, seakeeping.

PENDAHULUAN

Kapal merupakan salah satu struktur terapung yang bergerak pada permukaan air laut. Setiap struktur yang mengapung dan bergerak di atas permukaan laut akan mengalami gerak osilasi. Gerak osilasi ini didefenisikan sebagai gerak bolak balik benda di sekitar titik setimbang dengan lintasan yang sama dan terjadi secara periodik yaitu berulang dalam rentang waktu yang sama. Benda yang mengalami gerak osilasi dianggap benda kaku padat (*perfectly rigid body*) dan terapung di permukaan air baik dalam keadaan tenang (*still/calm water*) atau dalam keadaan terganggu (*disturbed water*). Sebagai sebuah benda kaku, kapal dipersiapkan untuk menghadapi berbagai kondisi ekstrim seperti cuaca yang tidak menentu dan berubah-ubah ketika melakukan operasi pelayaran di laut. Ada berbagai gaya luar (*eksternal force*) dan gaya dalam (*internal force*) yang dialami oleh kapal setiap beroperasi. Ini menyebabkan badan kapal mengalami gaya yang menimbulkan tegangan dan regangan secara tetap dan berulang. Dengan demikian, sebuah kapal

baru harus mampu bertahan (*survive*) mengatasi kondisi tersebut agar umur kapal semakin lama. Gaya luar yang dialami oleh kapal perikanan saat melakukan aktivitas penangkapan ikan di laut di antaranya adalah gelombang laut, angin, penambahan gaya-gaya akibat operasi penangkapan, lebar kandas, muatan yang dipindahkan melewati kapal dan benturan kapal dengan dermag atau dengan kapal perikanan lainnya. Sedangkan gaya-gaya internal misalnya berat kapal itu sendiri, muatan yang dipindahkan dalam kapal dan juga terjebaknya air di kapal. [1].

Secara singkat, timbulnya gerakan kapal tersebut dikarenakan oleh lingkungan operasi kapal di sekitarnya yaitu gelombang laut. Gelombang laut menyebabkan kapal memberikan respon berupa gerakan kapal atau olah gerak kapal (*seakeeping*). Dengan demikian tujuan penelitian ini adalah melakukan simulasi respon gerakan kapal terhadap arah gelombang melalui *software* Seakeeper. Data kapal yang digunakan adalah hasil penelitian sebelumnya.

TINJAUAN PUSTAKA

Gerak Kapal (*Seakeeping*)

Seakeeping adalah gerakan kapal yang dipengaruhi oleh gaya-gaya luar yang disebabkan oleh kondisi air laut. *Seakeeping* dibedakan menjadi 3 yaitu : 1. *Heaving* adalah gerakan kapal yang sejajar sumbu Z dan saat terjadi *heaving* kapal mengalami naik turun secara vertikal. 2. *Pitching* adalah gerakan kapal yang memutar sumbu Y, ketika terjadi *pitching* kapal mengalami perubahan trim bagian bow dan stern secara bergantian. 3. *Rolling* adalah gerakan kapal yang mengelilingi sumbu X, ketika terjadi *rolling* bagian sisi kanan kapal bergerak ke sebelah bagian sisi kiri kapal yang terulang secara bergantian.

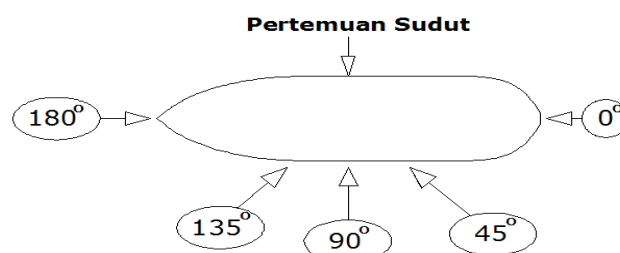
METODE

Sudut masuk gelombang yang dimaksud disini adalah arah datang gelombang yang diukur dari bagian-bagian kapal. Pada penelitian ini sudut masuk gelombang ditinjau dari 5 (lima) arah yang secara garis besar merepresentasikan arah gelombang ketika menerima badan kapal saat beroperasi di perairan.

Tabel 1. *Number of Wave Heading*

No	Wave Heading (°)	Description
1	0	Following Seas
2	45	Stern Quartering Seas
3	90	Beam Seas
4	135	Bow Quartering Seas
5	180	Head Seas

Setelah menentukan sudut masuk gelombang, penulis melakukan perhitungan *Response Amplitude Operator* (RAO) pada kapal katamaran. Untuk menindak lanjut tentang penggunaan *powering* kapal di Pulau Bengkalis dengan kecepatan 14 knot. Analisa *seakeeping* kapal merupakan analisa yang meliputi gerak kapal akibat datangnya gelombang mengarah ke kapal seperti (0°, 45°, 90°, 135° dan 180°) serta untuk lebih jelas bisa lihat Gambar di bawah ini:



Gambar 1. Sudut pertemuan gelombang datang ke kapal

Selain sudut datangnya gelombang dalam analisa gerak kapal juga tidak terlepas dari perhitungan pada pembahasan gerakan kapal seperti berikut :

Gerakan *pitching*

Gerakan *pitching* merupakan gerak kapal yang menyebabkan terjadinya trim kapal baik haluan maupun buritan yang secara bergantian dan gerakan ini dapat dianalisa dengan formula sebagai berikut:

$$d\ddot{\theta} + e\dot{\theta} + h\theta = M_0 \cos \omega_e t \quad (1)$$

dimana :

$$\begin{aligned} \text{Inertial Moment} &= d \frac{d^2 \theta}{dt^2} \\ \text{Damping moment} &= e \frac{d\theta}{dt} \\ \text{Restoring moment} &= h\theta \\ \text{Exciting moment} &= M_0 \cos \omega_e t \end{aligned}$$

Gerakan *heaving*

Gerakan *heaving* merupakan gerakan kapal secara naik turun atau secara vertikal kapal. Untuk menganalisa dapat digunakan formula sebagai berikut:

$$a\ddot{z} + b\dot{z} + cz = F_0 \cos \omega_e t \quad (2)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} \text{Inertial Force } F_a &= a\ddot{z} \\ \text{Damping Force } F_b &= b\dot{z} \\ \text{Restoring Force } F_c &= cz \\ \text{Exciting Force} &= F_0 \cos \omega_e t \end{aligned}$$

Gerakan *Rolling*

Gerakan *rolling* merupakan gerakan kapal yang mengelilingi sumbu axis, ketika terjadi *rolling* secara longitudinal pada bagian sisi kanan kapal bergerak ke sebelah bagian sisi kiri kapal yang terulang secara bergantian. Untuk menganalisa gerakan *rolling* kapal, maka dapat digunakan formula sebagai berikut:

$$a \frac{d^2 \phi}{dt^2} + a \frac{d\phi}{dt} + c\phi = M_0 \cos \omega_e t \quad (3)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} \text{Inertial Moment } a &\frac{d^2 \phi}{dt^2} \\ \text{Damping moment } a &\frac{d\phi}{dt} \\ \text{Restoring moment } &c\phi \\ \text{Exciting moment } &M_0 \cos \omega_e t \end{aligned}$$

Penentuan Spektrum Gelombang

Pada saat melakukan perhitungan olah gerak kapal (*seakeeping*) yang perlu ditentukan bagi seorang desainer, harus menentukan spektrum gelombang yang mendekati atau sesuai dengan perairan dimana penelitian ini dilakukan, oleh karena itu peneliti harus bisa menentukan spektrum gelombang yang telah tersedia di dalam program *Seakeeper-Maxsurf* berdasarkan spektrum gelombang yang telah tersedia, maka penulis menentukan jenis spektrum gelombang yang digunakan adalah JONSWAP (*Joint North Sea Wave Project*).

Untuk keterangan JONSWAP ini merupakan formula yang menentukan aturan tentang data gelombang laut, seperti tinggi gelombang, rata-rata tinggi gelombang dan kecepatan angin serta penjelasan lain mengapa menggunakan spektrum gelombang JONSWAP adalah Spektrum ini cocok untuk perairan dangkal, perairan pantai dan perairan tertutup. Cukup jelas dengan adanya

penjelasan ini, bahwa perairan di Pulau Bengkalis merupakan perairan yang tergolong pada perairan tertutup, sehingga sebelum menggunakan Spektrum gelombang JONSWAP dalam menganalisa gerak kapal (*seakeeping*), sehingga menghasilkan luasan *motion pitch*, *motion heaving* dan *motion rolling*. Dari hasil luasan motion yang dihasilkan dapat ditarik kesimpulan bahwa spectrum JONSWAP yang lebih baik sehingga tercapai kenyamanan kapal yang maksimal dengan catatan data yang dimasukkan untuk analisa gerak kapal (*seakeeping*) sama atau sesuai dengan perairan yang ada di Pulau Bengkalis.



Gambar 2. Lokasi perairan di pulau Bengkalis.

Berdasarkan ketentuan tentang *sea state* yang terdapat pada *WOCE Upper Ocean Thermal Data June* (2002) dan *World Meteorological Organisation* (WMO) menyetujui kode standart *sea state*, maka perairan yang terkait pada penyeberangan di Pulau Bengkalis diasumsikan tergolong pada *code sea state* 2 dengan tinggi gelombang 0,1 – 0,5 meter untuk lebih jelasnya bisa dilihat Tabel (2) di bawah ini:

Tabel 2. Data *sea state* WOCE dan WMO

Sea State Code	Significant Wave height meter		Description	Period (s)
	Range	Mean		
0	0	0,0	Calm (glassy)	10
1	0,0 - 0,1	0,1	Calm (glassy)	11
2	0,1 - 0,5	0,3	Smooth (wavelets)	12
3	0,5 - 1,25	0,9	Sligth	13
4	1,25 - 2,5	1,9	Moderate	14
5	2,5 - 4,0	3,3	Rough	5
6	4,0 - 6,0	5,0	Very rough	6
7	6,0 - 9,0	7,5	High	7
8	9,0 - 14,0	11,5	Very high	8
9	Over 14,0	Over 14,0	Phenomenal	9

Untuk mengetahui respon gerak kapal terlebih dahulu menentukan propertis perairan yang berada di Pulau Bengkalis dengan asumsi data karakteristik perairan sebagai berikut:

Tabel 3. Data asumsi karakteristik gelombang

Deskripsi Gelombang	Kecepatan Angin (Knot)	Tinggi Gelombang (meter)	Periode Gelombang (s)
Moderate	10	2,5	14

Sumber : untuk kecepatan angin berdasarkan perkiraan cuaca di Bengkalis 01Mei 2015.

Dari data Tabel 3 barulah bisa dilakukan perhitungan Spektrum gelombang dapat dilakukan pada kapal ikan, sehingga dengan spektrum JONSWAP dapat dihitung dengan formula pendekatan sebagai berikut:

$$S(\omega) = \alpha g^2 \omega^{-5} \exp \left[-1,25 \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^{-4} \right] \gamma \exp \left[\frac{-(\omega - \omega_0)^2}{2\tau^2 \omega_0^2} \right] \quad \dots\dots\dots (4)$$

Dimana :

$S(\omega)$ = Spektrum gelombang

γ = parameter puncak (*peakedness parameter*), bervariasi antara 1,0 s.d. 7,0.

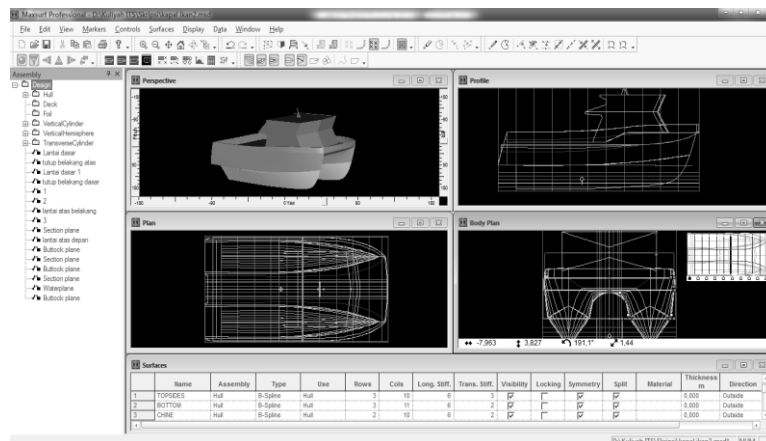
τ = Parameter bentuk (*shape parameter*) Untuk $\omega \leq \omega_0 = 0,07$ dan $\omega \geq \omega_0 = 0,09$.

α = 0,0076 (X_0)-0,22, untuk X_0 tidak diketahui $\alpha = 0,0081$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan Kapal Ikan Katamaran

Setelah ukuran utama kapal ikan katamaran didapatkan maka selanjutnya dilakukan pemodelan sehingga diperlukan perangkat lunak untuk mendesain gambar tersebut. Adapun perangkat lunak yang digunakan ialah *Maxsurf pro* dan *Auto CAD*, penggambaran dengan menggunakan *maxsurf pro* ini ialah untuk mendesain bentuk lambung kapal dimana akan didapatkan bentuk *body plan* kapal, *sheer plan* kapal, *half breadth plan*, dan bentuk *perspektif* dari kapal yang diesain tesebut.

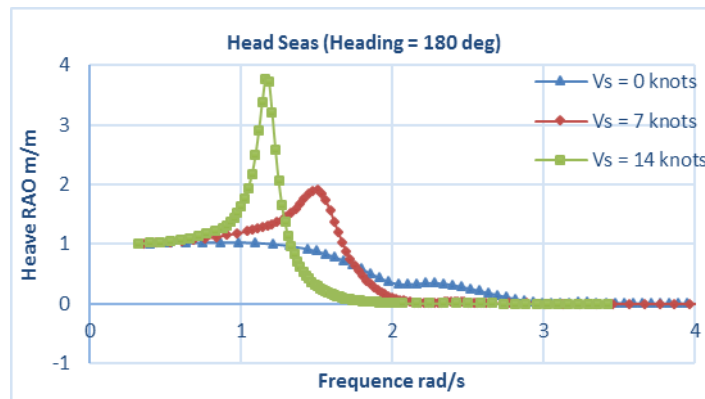


Gambar 3 . Tampilan software MAXSURF-PRO

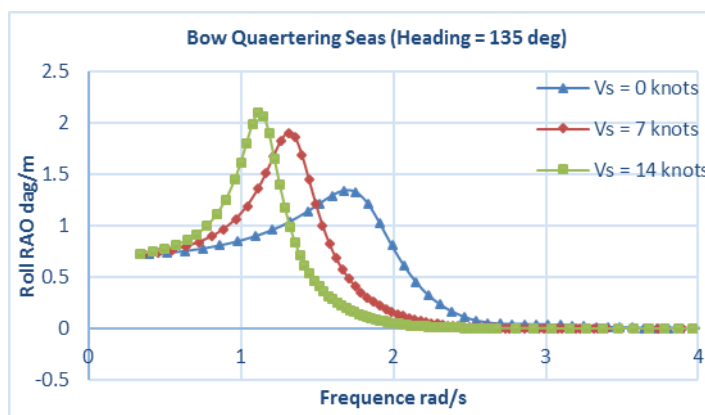
Olah Gerak Kapal (*Seakeeping*)

Perhitungan gerak kapal (*seakeeping*) kapal dilakukan dengan menggunakan program *Seakeeper-Maxsurf* pada kapal ikan katamaran di Pulau Bengkalis yang bertujuan untuk melihat nilai *seakeeping* kapal serta menganalisa bentuk gelombang yang terjadi pada saat kapal dioperasikan di wilayah yang sesuai dengan penelitian ini dilakukan.

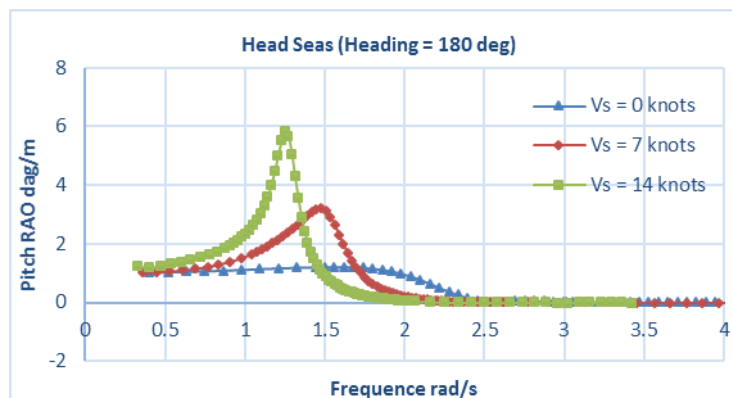
Arah datangnya gelombang mempengaruhi sudut heading (μ), yaitu sudut antara arah pergerakan gelombang dan arah laju kapal. Pengaturan sudut masuk gelombang (*Wave Heading*) di *software Maxsurf Seakeeper* Version 20. dapat dilihat pada ilustrasi gambar dibawah ini. Dari keterangan ini perlu juga dilihat berapa nilai *Response Amplitude Operator* (RAO). Kemudian dari hasil *running* perhitungan olah *seakeeper* pada program *MAXSURF* didapatkanlah nilai *Response Amplitude Operator* (RAO) pada kapal ikan katamaran sebagai berikut :



Gambar 4. Heave RAO, Head Seas (Heading = 180 deg) berdasarkan kecepatan.



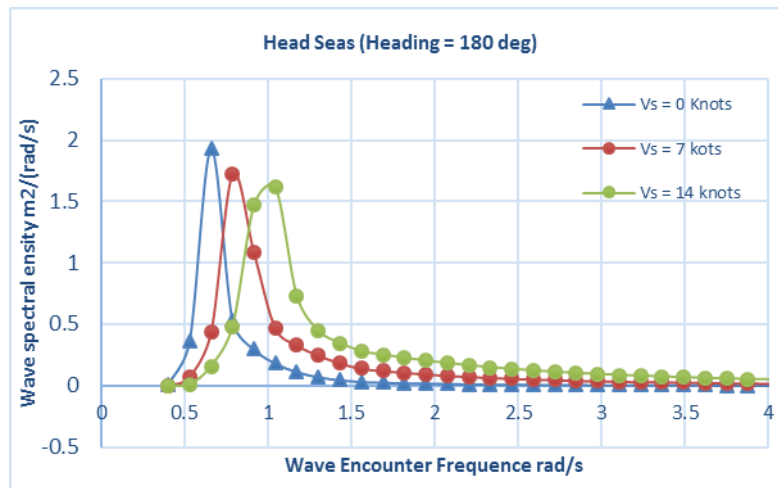
Gambar 5. Roll RAO, Bow Quartering Seas (Heading = 135 deg) berdasarkan kecepatan.



Gambar 6. Pitch RAO, Head Seas (Heading = 180 deg) berdasarkan kecepatan untuk nilai *have*, *roll* dan *pitch* pada sudut masuk gelombang ($\mu = 0^\circ ; 45^\circ ; 90^\circ ; 135^\circ$).

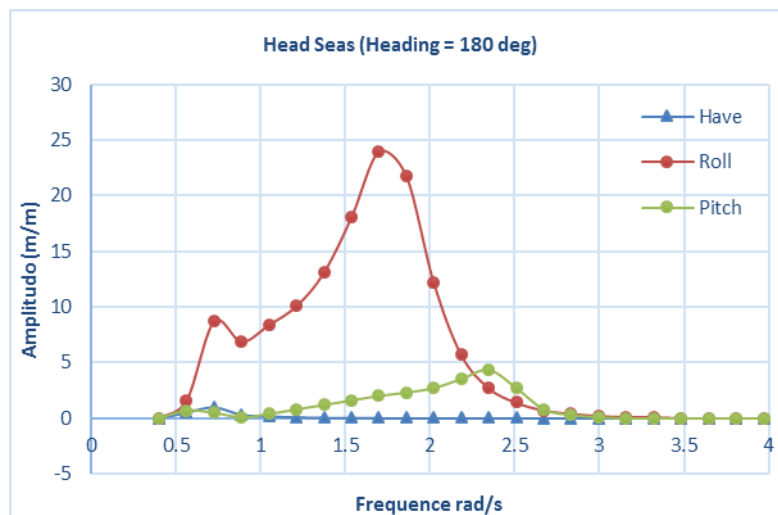
Spektrum Gelombang JONSWAP

Berdasarkan formula di atas adalah *spectrum wave* memberikan gambaran untuk menghitung gerak kapal (*seakeeping*) secara manual sedangkan pada penelitian ini dilakukan perhitungan gerak kapal (*seakeeping*) dengan menggunakan *Seakeeper* yang terdapat pada program *Maxsurf*, maka dengan menggunakan spektrum JONSWAP didapatkan hasil *running* perhitungan spektrum gelombang berupa *heaving*, *rolling* dan *pitching* pada kapal ikan.



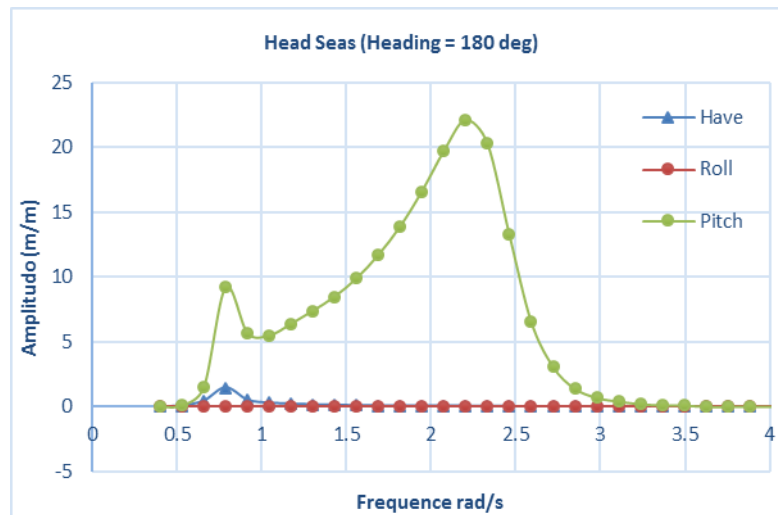
Gambar 7. Hasil Spektrum gelombang pada kecepatan 0 knots ($\mu = 180^\circ$)

Untuk nilai *spectrum wave* $S(\omega)$ pada sudut masuk gelombang ($\mu = 0^\circ ; 45^\circ ; 90^\circ : 135^\circ$).



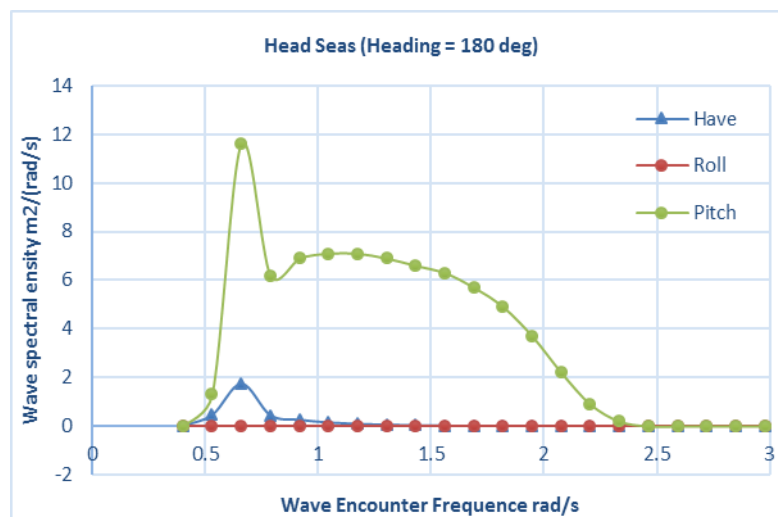
Gambar 8. Hasil respon spektrum gelombang

Analisa RAO pada arah gelombang 180° ($V_s = 14$ knots) pada kondisi *fuel load*, Gambar 8 menunjukkan bahwa semakin besar frekuensi gelombang maka semakin kecil amplitudonya. Dimana pada kondisi *Roll* saat frekuensi kecil menunjukkan respon amplitudo yang besar, tetapi berbanding terbalik dengan kondisi *Heave* dan *pitch* ,frekuensi bertambah maka menimbulkan respon amplitudo semakin kecil.



Gambar 9. Hasil respon spektrum gelombang

Analisa RAO pada arah gelombang 180° ($V_s = 7$ knots) pada kondisi fuel load, Gambar 9 menunjukkan bahwa semakin besar frekuensi gelombang maka semakin besar juga amplitudonya. Dimana pada kondisi *pitch* saat frekuensi besar menunjukkan respon amplitudo yang besar, tetapi pada kondisi *have* dan *roll* tidak mengalami perubahan yang signifikan.



Gambar 10. Hasil respon spektrum gelombang

Analisa RAO pada arah gelombang 180° ($V_s = 0$ knots) pada kondisi *fuel load*, Gambar 10 menunjukkan bahwa semakin besar frekuensi gelombang maka semakin besar juga amplitudonya. Dimana pada kondisi *Pitch* saat frekuensi besar menunjukkan respon amplitudo yang besar, tetapi pada kondisi *Have* dan *Roll* tidak mengalami perubahan yang signifikan.

KESIMPULAN

Karakteristik gerakan model kapal ikan katamaran pada gelombang regular dipengaruhi oleh kecepatan, arah gelombang. Hasil analisis RAO model kapal ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk gerak *heave* terjadi kenaikan nilai gerakan seiring dengan bertambahnya kecepatan kapal. Nilai gerakan *heave* maksimum terjadi pada saat kecepatan 14 knot kondisi sudut datang gelombang 180° dengan nilai RAO sebesar 3,389 m/m pada frekuensi $0,41 \text{ rad.s}^{-1}$.
2. Terjadi kenaikan nilai gerakan *roll* seiring dengan bertambahnya kecepatan kapal. Nilai *roll* maksimum terjadi sudut datang gelombang 135° saat kecepatan kapal 0 m.s^{-1} dengan nilai

RAO $1,34 \text{ deg.m}^{-1}$ pada frekuensi $1,67 \text{ rad.s}^{-1}$, sedangkan nilai roll minimum terjadi pada kecepatan 14 knot dengan sudut datang 135° nilai RAO 2.096 deg/m pada fekuensi $1,11 \text{ rad.s}^{-1}$.

3. Untuk gerak *pith* terjadi kenaikan nilai gerakan seiring dengan bertambahnya kecepatan kapal Nilai *pith* maksimum terjadi pada kecepatan kapal 14 knot dengan sudut datang 180° nilai RAO 5.66 deg.m^{-1} pada fekuensi 1.27 rad.s^{-1} .

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bhattacharyya, R. (1978), *Dynamics Of Marine Vehicles*, John Wiley & Sons, New York.
- [2] Djatmiko, E.B. 2012. "Perilaku dan Operabilitas Bangunan Laut di Atas Gelombang Acak". ITS-Press. Surabaya. Inonesia.
- [3] Lewis, V.E. (1998), *Principles of Naval Architecture Second Revision*, Volume II • Resistance, Propulsion and Vibration The Society of Naval Architects and Marine Engineers 601 Pavonia Avenue, Jersey City.
- [4] Watson, D.G.M. (1998), *Practical Ship Design, Volume I*. Oxford, UK, Elsevier Science Ltd.
- [5] Sitepu, G. (1996), *Gerak Kapal*, Jurusan Teknik Perkapalan, Universitas Hasanuddin, Makssar.
- [6] Mangasi, Hutaaruk Ronald dan Pareng Rengi. (2014), *Respons Gerakan Kapal Perikanan Hasil Optimisasi Terhadap Gelombang*, Jurnal Perikanan Dan Kelautan ISSN 0853-7607.
- [7] Watson, D.G.M. (1998), *Practical Ship Design, Volume I*. Oxford, UK, Elsevier Science Ltd.

- Halaman ini sengaja dikosongkan -