

## RESPONS GERAKAN KAPAL PERIKANAN HASIL OPTIMISASI TERHADAP GELOMBANG

Oleh:

**Ronald Mangasi Hutauruk<sup>1)✉</sup> dan Pareng Rengi<sup>1)</sup>**

<sup>1)</sup> Staf pengajar Jurusan Pemanfaatan Sumberdaya Perairan  
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Riau.  
Kampus Bina Widya, Km. 12,5 Simp. Panam, Pekanbaru (28293)  
✉ronald.mhutauruk@yahoo.co.id

---

### ABSTRACT

The research was conducted on July to October with goal to obtain gilnetter performa in Maskom Village, District of Bengkalis through vessel response toward beam sea, following sea, and head sea. The vessel faces oscillatory motion in 6 degree of freedom. The vessel model was optimizing vessel in previous research. The principal dimension is LBP 14,0 m; B 2,8 m; H 2,4 m and T 1 m. It was modelled by using Maxsurf and continued using Seakeeper to analyze Response Amplitude Operator (RAO) for instance pitching, rolling and heaving motion. Input data as vessel speed, feading angle and spectrum type was entered to depicts vessel response information. RAO for pithcing, rolling and heaving is between 1,1-8 and encountering frequency is in 0,22-0,6. It can be concluded that the vessel are decent to operate in the sea (seaworthies).

**Keywords** : Degree of freedom, encountering frequency, maxsurf, RAO, seakeeper.

### ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan pada Juli-Oktobre untuk mengetahui performa kapal gilnet di Desa Maskom, Bengkalis 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 penelitian terdahulu dengan ukuran utama LBP 14,0 m; B 2,8 m; H 2,4 m dan T 1 m. Kapal dimodelkan dengan menggunakan program Maxsurf, kemudian model dianalisa dengan menggunakan Seakeeper untuk mengetahui RAO kapal seperti *pitching*, *rolling* dan *heaving*. Data input seperti kecepatan kapal, sudut *heading* dan tipe spektrum gelombang dimasukkan untuk dapat menampilkan informasi respons kapal. Besar RAO untuk *pitching*, *rolling* dan *heaving* berada pada nilai 1,1-8 serta frekuensi encounter 0,22-0,6. Ini menyimpulkan kapal memiliki performa yang baik saat beroperasi di laut.

**Kata kunci** : Derajat kebebasan, frekuensi encounter, maxsurf, RAO, seakeeper.

---

## I. PENDAHULUAN

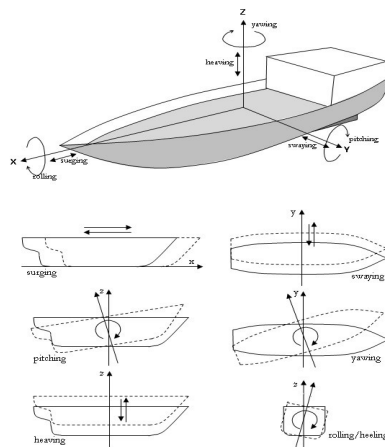
Kapal merupakan salah satu struktur terapung yang bergerak pada permukaan air laut. Setiap struktur yang mengapung dan bergerak di atas permukaan laut akan mengalami gerak osilasi. Gerak osilasi ini didefinisikan sebagai gerak bolak balik benda di sekitar titik setimbang dengan lintasan yang sama dan 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-ulang. 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 dermaga 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.

Seperti dijelaskan sebelumnya, saat kapal mengapung bebas di dalam laut atau perairan, kapal mengalami gerak osilasi yaitu gerakan translasi/lateral dan gerakan rotasi/rotasional dalam enam derajat kebebasan ( $DOF = Degree\ of\ Freedom$ ). Gerakan ini terjadi akibat gaya-gaya eksternal yang dialami kapal. Menurut arahnya, ada tiga gerakan translasi ke arah sumbu X, Y dan Z serta tiga gerakan rotasi memutar sumbu X, Y dan Z (Gambar 1). Gerakan kapal dalam enam derajat kebebasan tersebut adalah gerakan *surging* yang merupakan gerakan kapal maju mundur ke arah sumbu X (arah haluan/*forward* dan buritan/*backward*), gerakan *swaying* yang merupakan gerakan kapal ke arah samping (arah *port* dan *starboard* /arah sumbu Y), gerakan *heaving* yang merupakan gerakan kapal naik turun (arah atas dan bawah/arah sumbu Z), gerakan *rolling/heeling* atau gerakan angguk yang merupakan gerakan rotasi kapal dengan

sumbu X sebagai sumbu putar, gerakan *surging* yang merupakan gerakan rotasi kapal dengan sumbu Y sebagai sumbu putar dan gerakan *yawing* yang merupakan gerakan rotasi kapal dengan sumbu Z sebagai sumbu putar. Gerakan kapal dalam enam derajat kebebasan menjelaskan jenis keseimbangan yang dialami kapal (Panunggal dan Nasiruddin, 2005); di mana gerakan *heaving* merupakan keseimbangan stabil, gerakan *surging* dan *swaying* merupakan keseimbangan netral atau indifferen, gerakan yawing merupakan keseimbangan *netral* atau *indifferen* dan gerakan *rolling/heel* dan *pitch* merupakan gerakan yang tidak tentu yang memungkinkan keseimbangan stabil, labil atau netral (Gambar 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 (Hutauruk dan Rengi, 2013).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Hutauruk (Rengi dan Hutauruk, 2013), telah ditemukan bentuk lambung kapal yang sudah dioptimasi. Optimasi dilakukan pada berbagai ukuran utama kapal perikanan di Desa Meskom Bengkalis, sehingga menghasilkan satu set ukuran utama yang baru dengan fungsi sasaran tahanan kapal yang lebih kecil. Penelitian tersebut menyimpulkan terjadi reduksi tahanan kapal hingga mencapai 9% pada displasemen yang tetap. Namun demikian, masih diperlukan penelitian lanjutan untuk mengetahui bagaimana respon gerakan kapal hasil optimisasi terhadap gelombang.

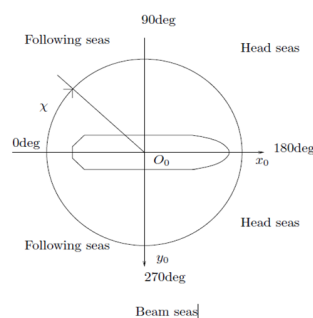


Gambar 1. Kapal Mengalami Gerakan dengan 6 Derajat Kebebasan (DOF)

## II. METODELOGI PENELITIAN

**Analisa olah gerak kapal.** Analisis respons kapal terhadap gelombang merupakan analisa olah gerak kapal yang bertujuan untuk mempelajari respons gerakan kapal dalam 6 derajat kebebasan tersebut. Proses mulai dilakukan dengan menggunakan *software Seakeeper 11.12*. Teori yang digunakan dalam memprediksi respons kapal terhadap gerakan *heave* dan *pitch* adalah *Strip Theory*. *Respon roll* dihitung dengan menganggap kapal sebagai benda sederhana, di mana sistem pegas/massa dan inersia tambahan adalah konstan dengan frekuensi.

Untuk menganalisis olah gerak tersebut diperlukan input sebagai kondisi batas simulasi, yaitu: bentuk kapal, lokasi yang ditinjau, kecepatan kapal, sudut heading dan tipe spektrum gelombang yang digunakan. Model 3 dimensi digambarkan sesuai dengan ukuran utama hasil optimisasi. Ukuran kapal perikanan hasil optimisasi yang dijadikan model 3 dimensi adalah LBP 14,0 m; B 2,8 m; H 2,4 m dan T 1 m. Penggambaran dilakukan dengan memasukkan input posisi di setiap stasiun untuk menjaga keakuratan penggambaran. Model digambarkan hingga sampai pada geladak teratas. Ini dikarenakan, gerakan kapal yang ditinjau berada di dalam air. Lokasi simulasi yang ditinjau adalah geladak utama (*main deck*). Ini dikarenakan kapal hanya memiliki ruangan di atas dan di bawah geladak utama, yaitu ruang kemudi (*wheel house*) dan ruang muat (*fish hold*). Kecepatan kapal yang ditinjau menggunakan tiga variasi kecepatan yaitu kecepatan saat dalam keadaan diam (kecepatan kapal 0 knot), setengah kecepatan dinas (10 knot) dan kecepatan dinas (*full service speed*) (20 knot). Sudut heading yang digunakan adalah  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $135^\circ$  dan  $180^\circ$ . Sudut heading dengan arah gelombang searah gerakan kapal disebut *head sea*. Jika berlawanan dengan arah kapal disebut *following sea*, sedangkan bila tegak lurus dengan arah kapal disebut *beam sea* (Gambar 2). Tipe spektrum gelombang yang digunakan adalah JONSWAP.



Gambar 2. Arah Gelombang Kapal (P'erez dan Blanke, 2006)

**Simulasi Gerakan Kapal.** Simulasi gerakan kapal hanya dilakukan pada gerakan yang mengalami osilasi. Dari keenam gerakan kapal tersebut ada 3 gerakan yang benar-benar merupakan gerakan osilasi murni yakni *heaving*, *pitching*, dan *rolling*. Ini dikarenakan gerakan-gerakan tersebut akan mengembalikan kapal ke posisi semula saat kapal tidak dalam keadaan posisi seimbang (*equilibrium position*). Dengan demikian, gerakan tersebut bekerja karena pengaruh gaya atau momen pengembali. Hal ini berbeda dengan ketiga gerakan kapal lainnya, *surgings*, *swaying* dan *yawing*, kapal tidak kembali ke posisi semula saat kapal tidak dalam keadaan posisi seimbang kecuali ada gaya atau momen pengembali yang menyebabkan bekerja pada arah berlawanan. Adapun persamaan yang digunakan untuk menyelesaikan perhitungan gerakan kapal adalah sebagai berikut:

*Heaving.* Gerakan *heaving* dihitung dengan menggunakan rumus yang diberikan oleh Bhattacharyya (Bhattacharyya, 1978) dalam Persamaan 1.

$$a\ddot{z} + b\dot{z} + cz = F_0 \cos \omega_e t \dots\dots\dots(1)$$

Dimana *a* adalah massa yang sebenarnya, yaitu massa kapal ditambah dengan massa tambahan (*added mass*),  $\ddot{z}$  adalah  $d^2z/dt^2$  atau percepatan ke arah vertical, *b* adalah konstanta peredaman (*damping constant*),  $\dot{z}$  adalah kecepatan atau  $dz/dt$ , *c* adalah konstanta pemulih (*restoring constant*), *z* adalah pergeseran titik *KG* kapal, *F*<sub>0</sub> adalah amplitudo dari *encountering force*,  $\omega_e$  adalah *encounter frequency* dan *t* adalah waktu.

*Pitching.* Gerakan *pitching* dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.

$$a \frac{d^2\theta}{dt^2} + b \frac{d\theta}{dt} + c\theta = M_0 \cos \omega_e t \dots\dots\dots(2)$$

Di mana *a* adalah massa sebenarnya dari momen inersia,  $\frac{d^2\theta}{dt^2}$  adalah percepatan angular pitching, *b* adalah koefisien momen peredam (*damping moment coefficient*),  $\frac{d\theta}{dt}$  adalah kecepatan angular, *c* merupakan koefisien momen pemulih (*restoring moment coefficient*),  $\theta$  adalah pergeseran angular dan  $M_0 \cos \omega_e t$  adalah momen luar.

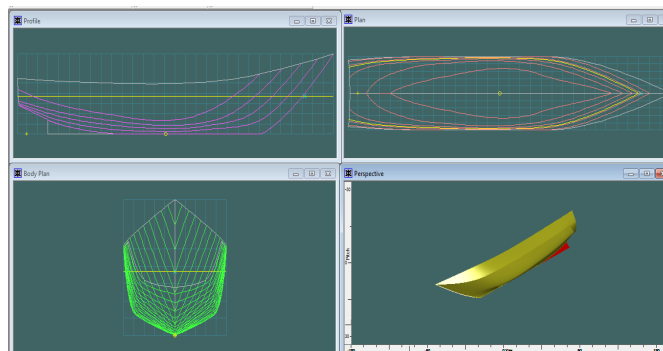
*Rolling.* Gerakan *rolling* dihitung dengan menggunakan persamaan 3.

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

Di mana  $a$  adalah massa sebenarnya dari momen inersia untuk rolling,  $\frac{d^2 \Phi}{dt^2}$  adalah percepatan angular untuk rolling,  $b$  adalah koefisien momen peredam (*damping moment coefficient*),  $\frac{d\Phi}{dt}$  adalah kecepatan angular,  $c$  adalah koefisien momen pemulih (*restoring moment coefficient*),  $\theta$  adalah pergeseran angular,  $M_0 \cos \omega_e t$  adalah momen luar.

**III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Rencana Garis Kapal.** Rencana garis kapal yang terdiri dari *body plan*, *sheer plan*, *half breadth plan* diberikan pada Gambar 3. Rencana garis tersebut digambar dengan menggunakan Maxsurf. Setelah itu dibuka dengan meggunakan Seakeeper serta dimasukkan input seperti *measure hull*, *vessel type*, *mass distribution* dan lain-lain.



Gambar 3. Rencana Garis Kapal

**Respon Kapal Terhadap Gelombang.** Respon kapal terhadap gelombang diberikan pada Gambar 4 dan 5. Gambar tersebut dihasilkan melalui pendekatan model matematik spektrum gelombang yaitu JONSWAP. Model matematik spektrum didasarkan pada satu atau lebih parameter, misalnya tinggi gelombang signifikan, faktor permukaan, periode gelombang, dan lain-lain. Ada beberapa spektrum dengan parameter lebih sedikit. Salah satu spektrum parameter tunggal yang paling sering digunakan adalah model *Pierson-Moskowitz*. Ini didasarkan pada tinggi gelombang signifikan atau kecepatan angin. Spektrum parameter ganda yang biasa digunakan misalnya *Bretschneider*, *Scott* dan *ITTC*. Spektrum *JONSWAP* merupakan spektrum yang menggunakan lima parameter, namun biasanya tiga di antaranya adalah konstan. Spektrum *JONSWAP* didasarkan pada percobaan yang dilakukan di *North Sea*. Formula atau

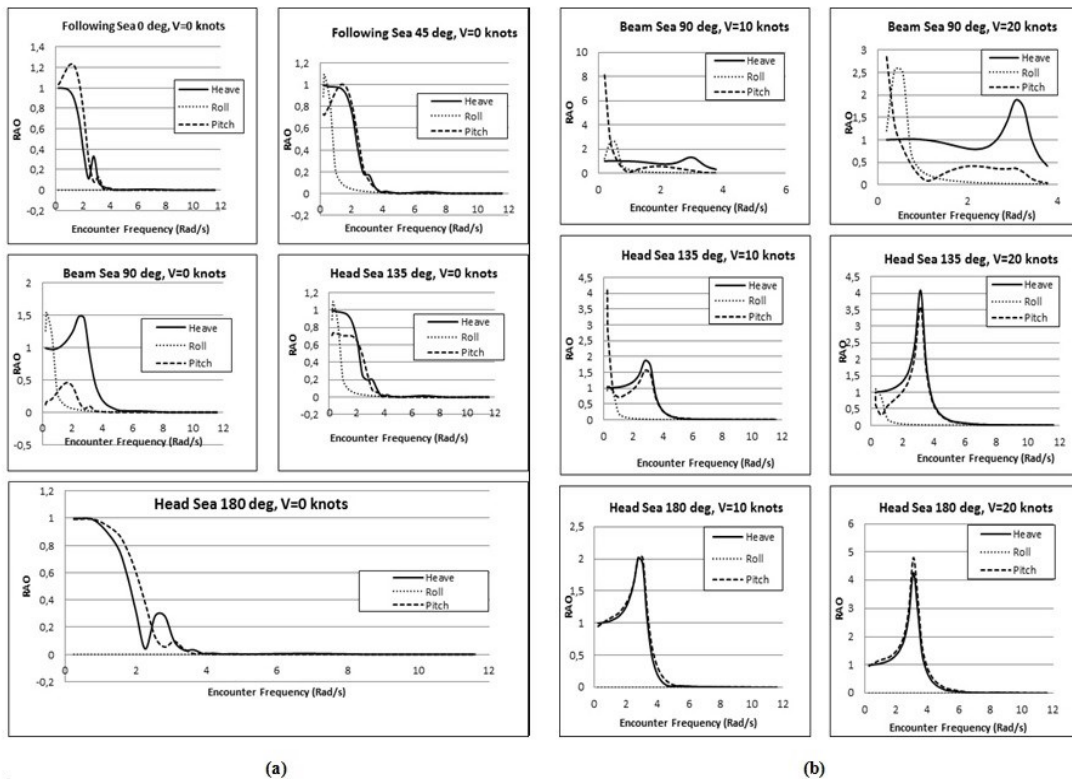
persamaan untuk spektrum *JONSWAP* dapat ditulis dengan modifikasi dari persamaan spektrum *Pierson-Moskowitz*, yaitu:

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

Di mana:

- $\tau$  = Shape parameter
- $\gamma$  = Peakedness parameter
- $\tau a$  = Untuk  $\omega \leq \omega_0$
- $\tau b$  = Untuk  $\omega \geq \omega_0$
- $\alpha = 0.076 (x_0)^{-0.22}$
- $\alpha = 0.0081$  (ketika x tidak diketahui)
- $\omega_0 = 2\pi(g/U\omega)(x)^{-0.33}$
- $x_0 = gx/U\omega^2$

*Response Amplitude Operator* (RAO) atau dikenal juga sebagai *Transfer Function* merupakan fungsi respon struktur akibat beban gelombang yang mengenai benda terapung pada frekuensi tertentu. RAO disebut sebagai *Transfer Function* karena RAO merupakan alat untuk mentransfer beban luar (gelombang) dalam bentuk respon pada suatu struktur (Mulyawan, Wardhana dan Hadiwidodo, 2005)



Gambar 4. (a) Respon Kapal Terhadap Gelombang pada Kecepatan 0, (b) Respon Kapal terhadap Gelombang pada Kecepatan 10 dan 20 knots

Dari kedua gambar yang menyajikan grafik RAO baik saat kapal mengalami heaving, rolling dan pitching dapat disimpulkan bahwa gerakan roll merupakan gerakan yang paling dominan pada saat kapal berlayar dengan kondisi *head sea*. Ini dikarenakan arah datangnya gelombang tegak lurus terhadap kapal (membentuk sudut  $90^\circ$ ). Dengan demikian, respon kapal berupa rolling dan heaving menjadi besar. Pada Gambar 3 disimpulkan bahwa respon gerakan roll terbesar mulai terjadi pada following sea dengan sudut masing-masing  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  dan  $135^\circ$ . Namun gerakan ini terjadi pada frekuensi encounter yang rendah yaitu  $0,22-0,30$  rad/s. Saat terjadi kenaikan frekuensi, nilai RAO tersebut mendekati nol. Gerakan roll terbesar mencapai nilai RAO 1,54. Gerakan *roll* tidak dijumpai pada kondisi following sea  $0^\circ$  dan head sea  $180^\circ$ . Ini disebabkan bahwa arah gelombang berlawanan dan searah dengan gerakan kapal dan kenaikan kecepatan juga tidak mempengaruhi keadaan ini (hasilnya sama pada kecepatan kapal berapapun). Pada saat bergerak dengan kondisi kenaikan sudut heading  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $135^\circ$  dan  $180^\circ$ , besar RAO *heaving* dan *pitching* mengalami penurunan dan terjadi pada frekuensi encounter  $0,22-4,00$  rad/s.

Berbeda dengan kapal saat mulai melakukan pergerakan, nilai maksimum untuk gerakan *heaving* dan *pitching* terjadi pada frekuensi encounter  $3-4$  rad/s. Hal ini terjadi pada kondisi *beam sea*, *head sea* dan *following sea*  $180^\circ$  pada kecepatan  $10$  dan  $20$  knots. Pada kecepatan  $10$  knot, RAO *heaving* dan *pitching* terbesar terjadi pada sudut heading yang berbeda, di mana untuk *pitching* terjadi pada sudut heading  $90^\circ$  dengan nilai  $8,125$ . Sementara itu, untuk *heaving* terjadi pada sudut heading  $135^\circ$  dengan nilai  $2,017$ . Sedangkan *pitching* dan *heaving* terbesar pada kecepatan kapal  $20$  knots terjadi pada saat sudut heading yang sama yaitu  $180^\circ$ . Besar masing-masing adalah  $4,264$  dan  $4,798$ . Berdasarkan data yang diberikan, kapal memiliki performa yang baik terhadap gelombang karena pengaruh resonansi terbesar berada pada encounter frekuensi  $0,2-0,6$ . Berbeda dengan kapal saat mulai melakukan pergerakan, nilai maksimum untuk gerakan *heaving* dan *pitching* terjadi pada frekuensi encounter  $3-4$  rad/s. Hal ini terjadi pada kondisi *beam sea*, *head sea* dan *following sea*  $180^\circ$  pada kecepatan  $10$  dan  $20$  knots. Pada kecepatan  $10$  knot, RAO *heaving* dan *pitching* terbesar terjadi pada sudut heading yang berbeda, di mana untuk *pitching* terjadi pada sudut heading  $90^\circ$  dengan nilai  $8,125$ . Sementara itu, untuk *heaving* terjadi pada sudut heading  $135^\circ$  dengan nilai  $2,017$ . Sedangkan *pitching* dan *heaving* terbesar pada kecepatan kapal  $20$  knots terjadi



pada saat sudut heading yang sama yaitu  $180^\circ$ . Besar masing-masing adalah 4,264 dan 4,798. Berdasarkan data yang diberikan, kapal memiliki performa yang baik terhadap gelombang karena pengaruh resonansi terbesar berada pada encounter frekuensi 0,2-0,6.

**Pengaruh gerakan-gerakan kapal.** Gerakan-gerakan kapal saat beroperasi di perairan memiliki pengaruh dan peranan yang penting terutama pada kelayakan laut kapal (*seaworthiness*). Apabila kapal dinyatakan tidak layak laut, maka kapal memiliki aspek hidrodinamika yang buruk dan gerakan kapal tidak terpenuhi. Dengan demikian kapal dan awak kapal akan mengalami hal-hal buruk yang dapat menimbulkan kerugian materil dan korban jiwa. Beberapa contoh akibat yang timbul karena gerakan kapal yang buruk misalnya kapal terbalik akibat inklinasi yang berlebihan saat terjadi gerakan *rolling*, kerusakan-kerusakan pada konstruksi badan kapal atau konstruksi lainnya akibat adanya gaya-gaya tambahan yang timbul, bergeser dan rusaknya muatan yang tidak terikat dengan baik akibat inklinasi dan gerakan-gerakan kapal (baik melintang maupun memanjang kapal), adanya penambahan tahanan kapal sehingga menyebabkan penurunan kecepatan kapal sehingga memperburuk kinerja propeller.

**Pertimbangan olah gerak kapal dalam perancangan.** Akhirnya keberhasilan dalam merancang kapal bergantung pada performa saat beroperasi di lautan. Dengan demikian perancangan olah gerak kapal (*seakeeping*) harus melingkupi *habitability* yang berhubungan dengan lingkungan di mana kru kapal bisa melaksanakan tugasnya secara efektif sehingga tidak ada penurunan performa kerja kru/nelayan akibat adanya gerakan-gerakan kapal. *Operability* mencakup kemampuan mengoperasikan semua peralatan beserta keamanan dan keselamatannya dan *survivability*. Di mana kapal dapat bertahan dalam kondisi ekstrim sehingga bisa terhindar dari kerusakan saat beroperasi.

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Performa kapal perikanan *gillnet* di Desa Meskom dengan ukuran utama LBP 14,0 m; B 2,8 m; H 2,4 m and T 1 m dan bentuk lambungnya sudah dioptimasi memiliki performa yang baik. Besar RAO untuk *pitching*, *rolling* dan *heaving* berada pada nilai 1,1-8 serta frekuensi encounter 0,22-0,6. Perhitungan performa kapal di laut memberikan informasi tentang respon kapal saat melakukan operasi pelayaran dengan berbagai variasi arah datangnya gelombang.

## V. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Lembaga Penelitian Universitas Riau yang telah mendanai penelitian ini melalui Program Hibah Bersaing Universitas Riau. Selain itu untuk mahasiswa yang terlibat dalam penelitian ini seperti Wenny Ririantika, Pilippus Tampubolon dan Geovani.

## VI. DAFTAR PUSTAKA

- Bhattacharyya, R. (1978). *Dynamics of Marine Vehicles*. Maryland: JohnWiley & Sons Inc.
- Hutauruk, R. M., & Rengi, P. (2013). Wave Surface Simulation on Optimized Fishing Vessel Hullform. *International Fisheries and Marine* (hal. 84-88). Pekanbaru: Faperika UR.
- Mulyawan, A., Wardhana, W., & Hadiwidodo, Y. S. (2005). Analisis Olah Gerak Kapal Perang Crocodile Hydrofoil (KPC-H). *Jurnal Tugas Akhir* , 1-5.
- Pérez, T., & Blanke, M. (2006). Simulation of Ship Motion in Seaway. *Technical Report* , 1-13.
- Panunggal, E. P., & Nasiruddin, A. (2005). *Teori Bangunan Kapal*. Surabaya : Teknik Perkapalan ITS.
- Pien, P. C. (1976). *Catamaran Hull-form Design*. SNAj: Procs. of International on Wave Resitance.
- Rengi, P., & Hutauruk, R. M. (2013). Perbaikan Desain Kapal Perikanan Pada Tahap. *Seminar Nasional Management Teknologi* (hal. A-21-1 - A-21-6). Surabaya: MMT-ITS.