

# PREDIKSI GERAK DESAIN AWAL KAPAL FERRY DENGAN METODE TEORI STRIP

Cahyadi SJM<sup>1</sup>

## Abstrak

Kapal ferry merupakan angkutan umum antar pulau di Indonesia yang populer. Sebagai angkutan penumpang maka faktor keselamatan dan kenyamanan merupakan hal yang sangat penting. Prediksi gerakan kapal yang berkaitan dengan stabilitas kapal adalah tahapan penting untuk mengkaji suatu desain ferry yang layak laut. Tiga buah jenis ferry 600, 500 dan 300 GRT telah dilakukan prediksi gerak kapal berupa heave, pitch dan roll dengan menggunakan metode teori strip. Hasil prediksi menunjukkan bahwa respon gerak heave yang dihasilkan dibawah nilai batas maksimum  $H_w/Z_a$  kurang dari satu, pitch dibawah  $4^\circ$ , dan roll dibawah  $12^\circ$ . Direkomendasikan pemasangan bilge keel pada lambung kapal untuk meredam gerakan roll.

**Kata kunci :** Ferry, Gerak Kapal, Stabilitas, Teori Strip

## Abstract

*The popular interisulair mass transport in Indonesia ferry is making the important role. Safety and seaworthiness are important factors for the mass transport. Seakeeping prediction with stability takes into account an important phase in preliminary design of ship. In the presents paper, prediction results of heave, pitch and roll for three types of ferry 600, 500 and 300 GRT by using strip theory are presented. The prediction results show the heave motion is under the maximum margin  $H_w/Z_a$  less than one, pitch angle less than  $4^\circ$ , and roll motion less than  $12^\circ$ . From the simulation results, bilge keel on ship hull as the simple roll motion reduction device for reduces the roll motion is recommended.*

**Keywords :** Ferry, Seakeeping, Stability, Strip Theory

## Pendahuluan

Prediksi olah gerak kapal suatu desain awal kapal merupakan hal yang penting dilakukan untuk melihat performansi desain kapal. Metode untuk memprediksi gerak kapal yang umum dipakai pada desainer dan galangan kapal adalah teori strip. Beberapa referensi telah menjelaskan dasar teori prediksi gerak kapal dengan teori strip, dari hal tersebut dapat dikembangkan suatu computer code dalam memprediksi gerak kapal.

Pada tulisan ini disajikan hasil analisa prediksi gerak kapal dalam kaitannya stabilitas kapal saat beroperasi terhadap tiga buah desain ferry 600, 500 dan 300 GRT yang direncanakan oleh ASDP dan akan

dibangun untuk melayani beberapa rute penyeberangan. Dari hasil simulasi ini akan diperoleh masukan untuk optimalisasi dalam tahapan desain selanjutnya.

## Tinjauan Pustaka

Pada teori strip dalam memprediksi karakteristik hidrodinamika terhadap suatu kapal atau benda apung adalah menggunakan teori aliran fluida potensial. Yang mana kapal dianggap rigid body yang mengapung pada fluida ideal; homogen, *incompressible*, *free surface tension*, irrotasional dan non viscous. Dalam teori strip kapal dibagi dalam suatu strip-strip dua dimensi, dari sini dilakukan

perhitungan koefisien hidrodinamisnya. Teori strip ini dalam menyelesaikan permasalahan tiga dimensi badan kapal untuk gaya-gaya hidrodinamika, *exciting force* dan momen diintegrasikan dari penyelesaian potensial dua dimensinya sepanjang kapal. Jadi tiap *cross section body* kapal tersebut dianggap sebagai bagian suatu silinder panjang. Dengan asumsi ini maka gerakan body tersebut linier atau dapat dilinierkan.

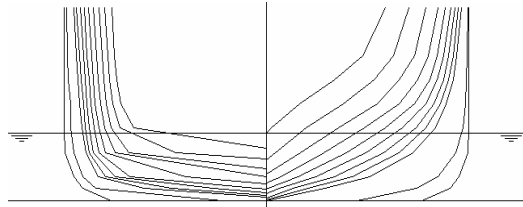
### Metodologi Simulasi

Tabel 1. Kondisi simulasi

	Ferry 600 GRT	Ferry 500 GRT	Ferry 300 GRT
KG	4.2 0 m	3.509 m	2.80 m
Kecepatan kapal	0, 6 dan 12 knot	12 knot	12 knot
Roll natural period $T_{\phi}$	6.10 sec	5.583 sec	5.00 sec
Tinggi gelombang	0.5 , 1 dan 2 m	0.5 , 1 dan 2 m	0.5 , 1 dan 2 m
Panjang gelombang $\lambda/L_{pp}$	0.2 ~ 2.5	0.2 ~ 2.5	0.2 ~ 2.5
Arah gelombang	0°, 45° dan 90°	0°, 45° dan 90°	0°, 45° dan 90°

Tabel 2. Ukuran Utama

Ukuran Utama	Ferry 600 GRT	Ferry 500 GRT	Ferry 300 GRT
Loa	46.20 m	40.10 m	34.70 m
L <sub>pp</sub>	39.00 m	33.00 m	28.00 m
B	12.00 m	11.60 m	9.20 m
H	3.00 m	3.10 m	2.70 m
T	1.90 m	1.85 m	1.40 m



Gambar 1.c Body plan Ferry 300 GRT

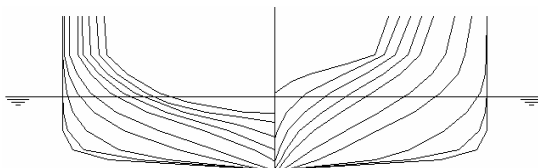
Pada tulisan ini disajikan hasil simulasi numerik prediksi gerak kapal ferry 600, 500 dan 300 GRT. Prediksi gerakan kapal ini ditujukan untuk mengkaji tingkat kestabilan kapal dalam operasinya. Mode gerak yang diprediksi adalah heave, pitch dan roll. Pengkondisian dalam simulasi numerik sebagai mana disajikan pada Tabel 1, sedangkan ukuran utama masing-masing ferry dipresentasikan pada Tabel 2 dan Gambar 1. Prediksi dilakukan dengan menggunakan program komputer yang telah divalidasi dengan hasil pengujian model di laboratorium dengan hasil yang baik.

### Hasil Prediksi Gerak Kapal

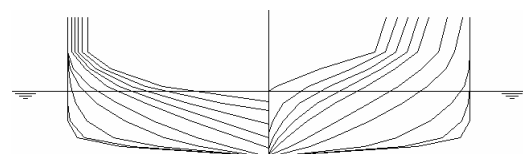
Mode gerakan kapal yang terpenting dalam hal stabilitas adalah gerak roll. Sebagaimana kriteria umum yang dipakai dalam stabilitas kapal adalah kemampuan kapal untuk kembali dalam keadaan semula saat gerakan roll terjadi. Kondisi penting yang perlu diamati adalah kondisi resonansi, dimana gerakan roll menjadi sangat besar, hal ini terjadi apabila natural period kapal dan gelombang adalah sama. Ini menjadi masukan penting dalam desain maupun operasional kapal. Dari simulasi ini dapat dilihat amplitudo gerakan roll yang terjadi pada kapal dalam masing-masing kondisi. Mode gerakan lain yang umumnya dominan dalam gerak kapal juga disajikan dalam simulasi numerik ini, yaitu gerak heave dan pitch.

### Pengaruh Kecepatan Kapal

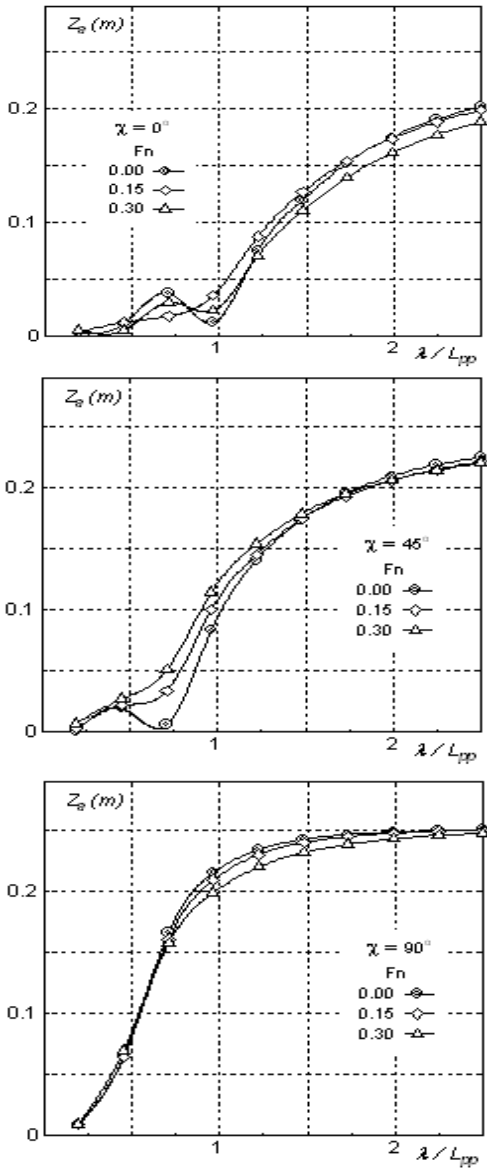
Pada Gambar 2 ~ 4 disajikan hasil prediksi gerak heave, pitch dan roll untuk kapal ferry 600 GRT pada berbagai kondisi kecepatan kapal (dinyatakan non-dimensional *Froude number*  $F_n$ ) dengan tinggi gelombang 0.5 m pada masing-masing sudut encounter  $\chi = 0^\circ, 45^\circ$  dan  $90^\circ$ .



Gambar 1.a Body plan Ferry 600 GRT

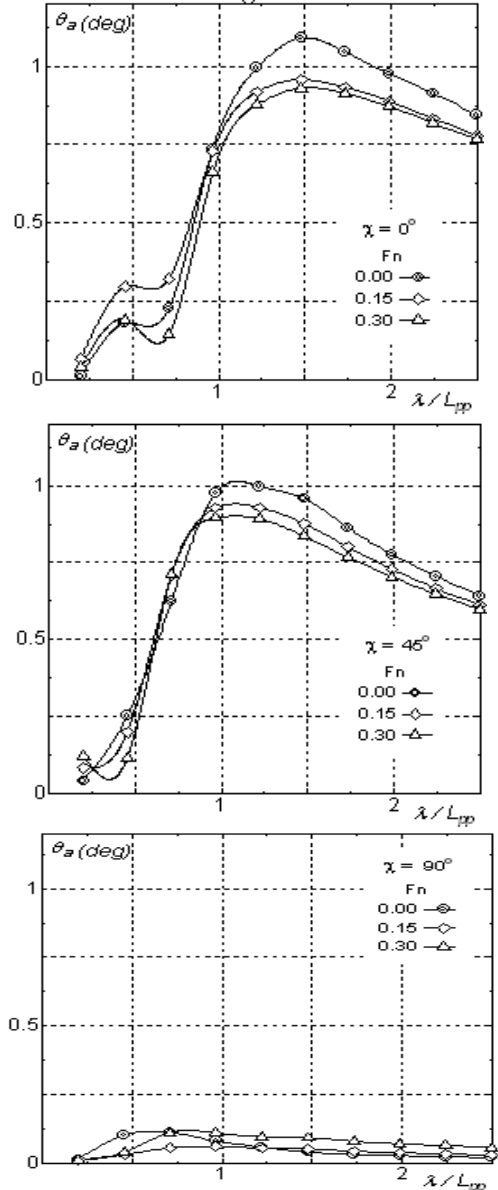


Gambar 1.b Body plan Ferry 500 GRT



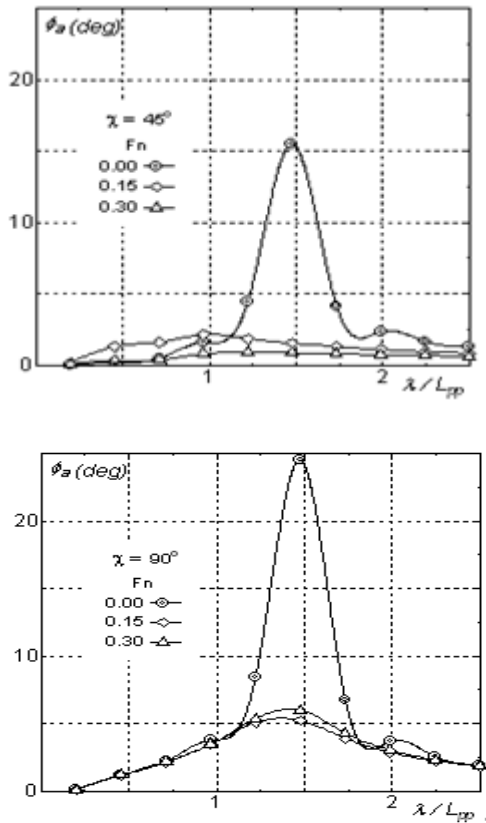
Gambar 2 Pengaruh kecepatan kapal pada heave amplitude untuk ferry 600 GRT

Gambar 2 memperlihatkan bahwa untuk masing-masing kecepatan memberikan besaran respon heave yang hampir sama. Pada arah gelombang samping ( $90^\circ$ ) respon heave terbesar terjadi sekitar 0.25 m atau relatif terhadap amplitudo gelombang  $Z_a/\zeta_a$  adalah 0.83 hal ini masih dibawah ketentuan umum yang biasa yaitu  $Z_a/\zeta_a$  sama dengan satu. Jadi pengaruh kecepatan terhadap gerak heave secara umum dapat dikatakan tidak terlalu besar.



Gambar 3 Pengaruh kecepatan kapal pada pitch amplitude untuk ferry 600 GRT

Prediksi gerak pitch diperlihatkan pada Gambar.3. Respon terbesar gerak pitch terjadi pada kondisi kecepatan rendah dan arah gelombang searah gerakan kapal, sedangkan respon terkecil terjadi pada arah gelombang dari samping kapal. Pada kondisi ini sudut pitch maksimum yang terjadi masih dibawah kriteria umum seakeeping yaitu  $3^\circ$ .



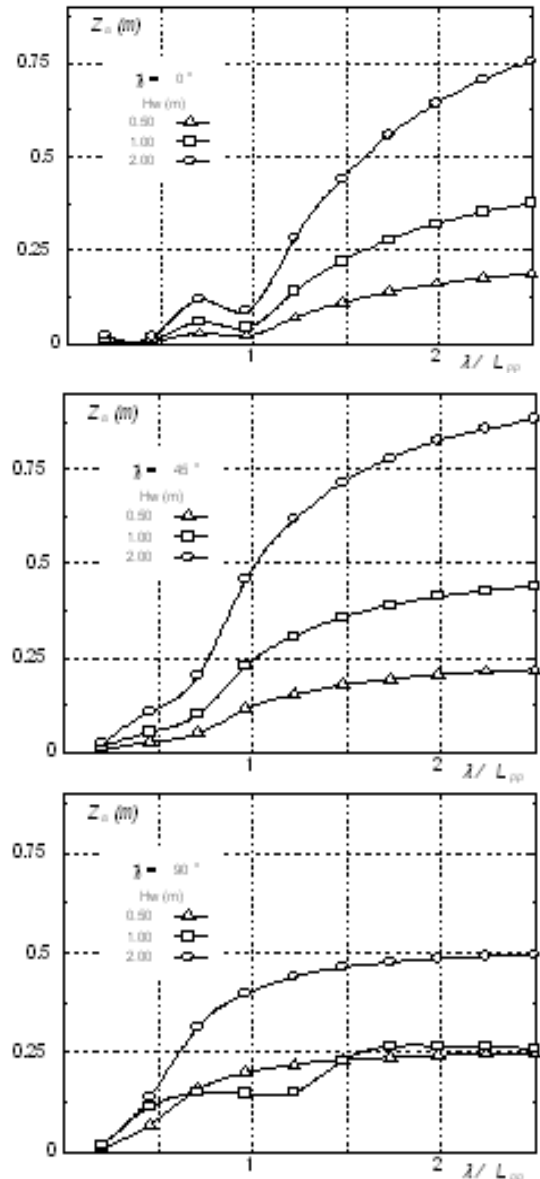
Gambar 4 Pengaruh kecepatan kapal pada roll amplitudo untuk ferry 600 GRT

Pada Gambar 4 disajikan hasil prediksi gerak roll pada berbagai variasi kecepatan. Yang menyajikan respon amplitudo roll untuk arah gelombang  $45^\circ$  dan  $90^\circ$ . Sebagai catatan bahwa kelemahan potensial teori dalam memprediksi gerak roll adalah pada kondisi sudut encounter (relatif arah kapal terhadap gelombang) sama dengan  $0^\circ$ , dimana dianggap tidak ada respon roll. Namun dalam kondisi kenyataan hal ini dapat dimengerti karena gerak roll pada kondisi  $0^\circ$  adalah sangat kecil akibat besarnya damping.

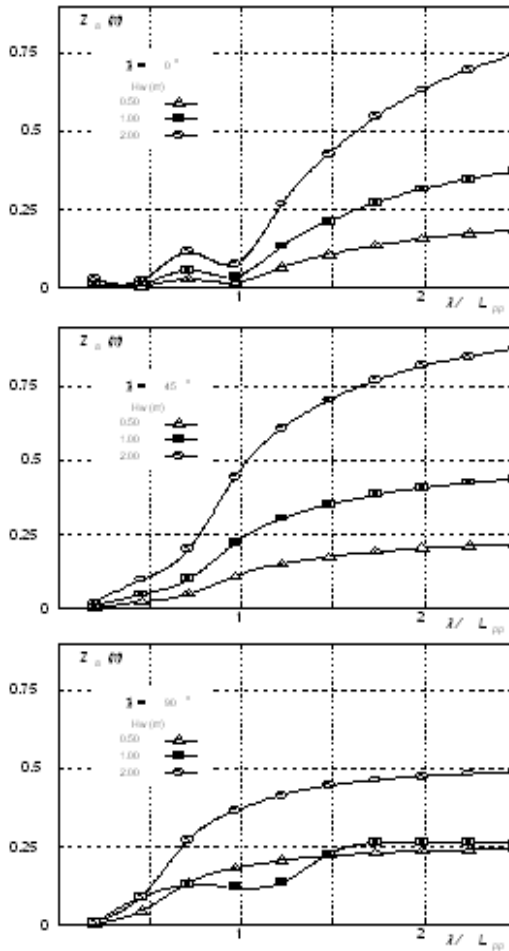
### Pengaruh Tinggi Gelombang

Suatu kapal ferry didesain dengan menyesuaikan kondisi perairan laut dimana kapal beroperasi, oleh sebab itu tidak semua kapal cocok untuk beroperasi dalam wilayah perairan tertentu. Untuk itu memprediksi respon gerak yang terjadi dari suatu desain kapal dalam hubungannya dengan kemampuan

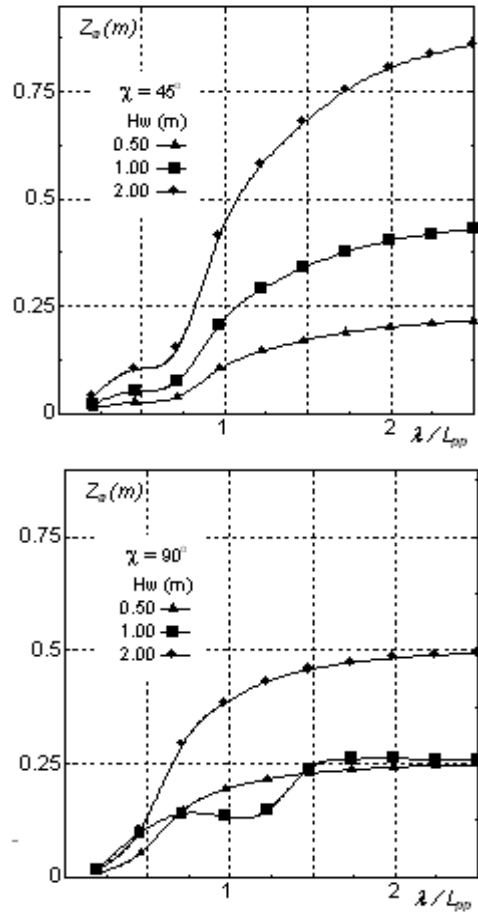
stabilitasnya adalah sangat penting. Pada gambar 5 ~ 13 disajikan hasil simulasi untuk ferry 600, 500 dan 300 GRT untuk berbagai variasi tinggi gelombang,  $H_w$ , 0.5 m, 1 m dan 2 m, dimana kondisi kecepatan kapal yang sama yaitu 12 knot atau dinyatakan dalam bentuk non-dimensional  $F_n = 0.3$ .



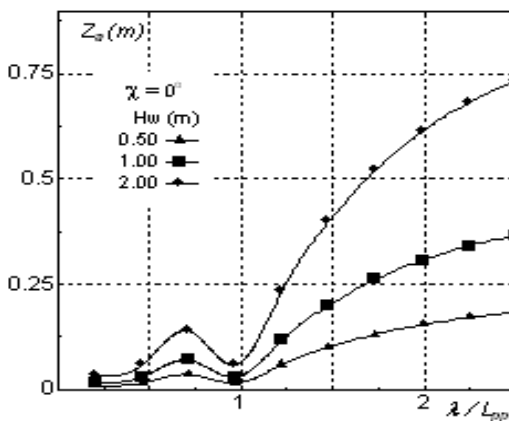
Gambar 5 Pengaruh tinggi gelombang pada heave amplitudo untuk ferry 600 GRT



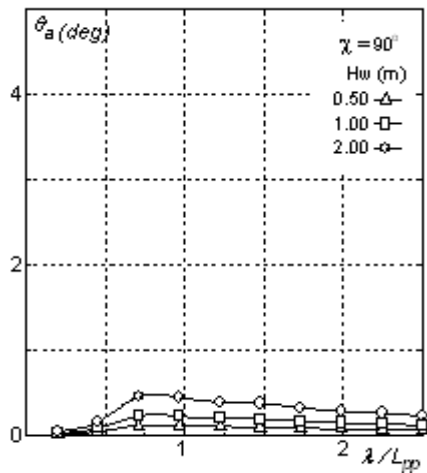
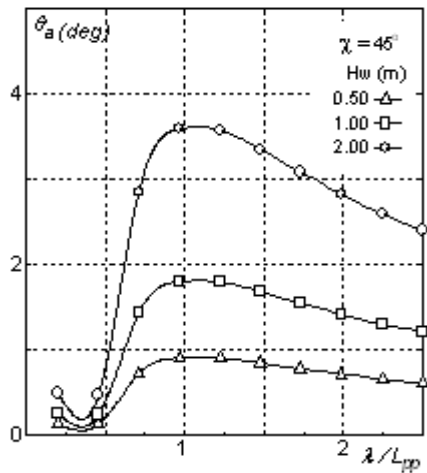
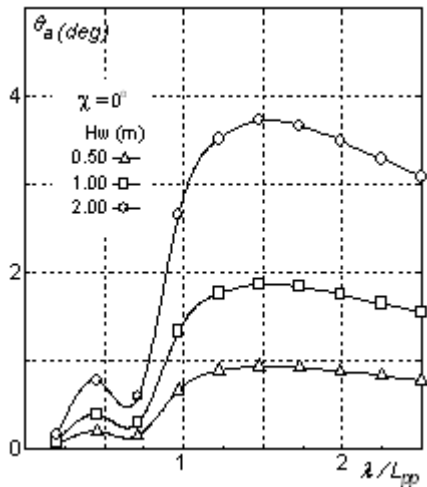
Gambar 6 Pengaruh tinggi gelombang pada heave amplitude untuk ferry 500 GRT



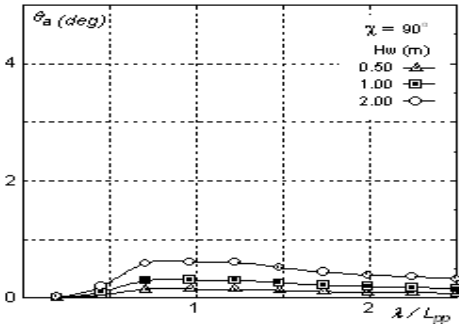
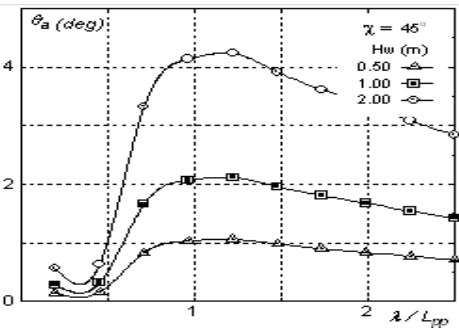
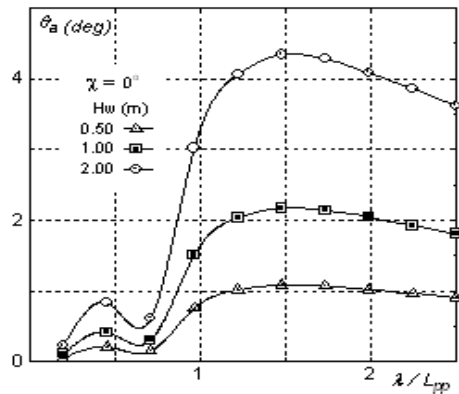
Gambar 7 Pengaruh tinggi gelombang pada heave amplitude untuk ferry 300 GRT



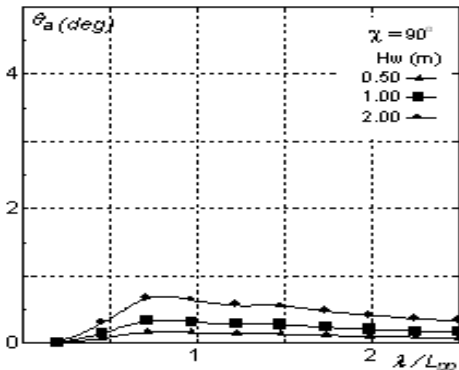
Pada Gambar 5~7 merupakan hasil prediksi amplitudo gerak heave. Respon gerakan heave untuk masing-masing kapal dalam kondisi gelombang yang sama menunjukkan besaran yang hampir sama. Dari hasil simulasi terlihat bahwa amplitudo heave akan meningkat seiring dengan kenaikan tinggi gelombang. Respon amplitudo heave terbesar terlihat pada gelombang dengan arah 45° (*stern quartering seas*), pada kondisi arah ini sangat perlu diperhatikan karena biasanya terjadi broaching yang merupakan kombinasi dengan mode gerakan lain seperti roll dan pitch. Saat broaching kapal sulit terkendali dan meluncur diatas gelombang yang selanjutnya bisa berakibat kapal terbalik.

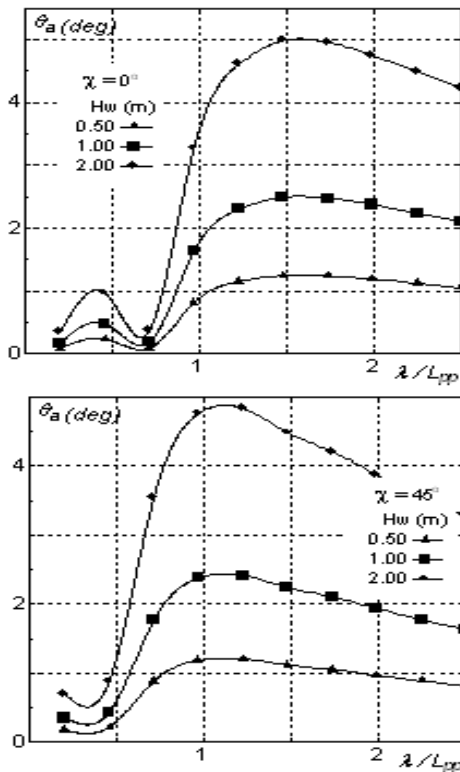


Gambar 8 Pengaruh tinggi gelombang pada pitch amplitude untuk ferry 600 GRT



Gambar 9 Pengaruh tinggi gelombang pada pitch amplitude untuk ferry 500 GRT

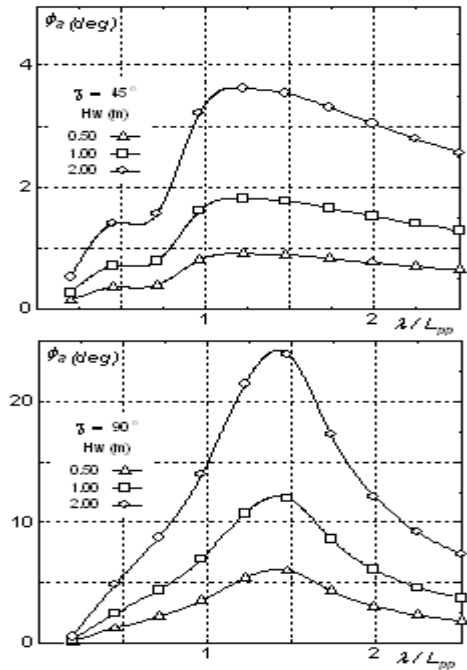




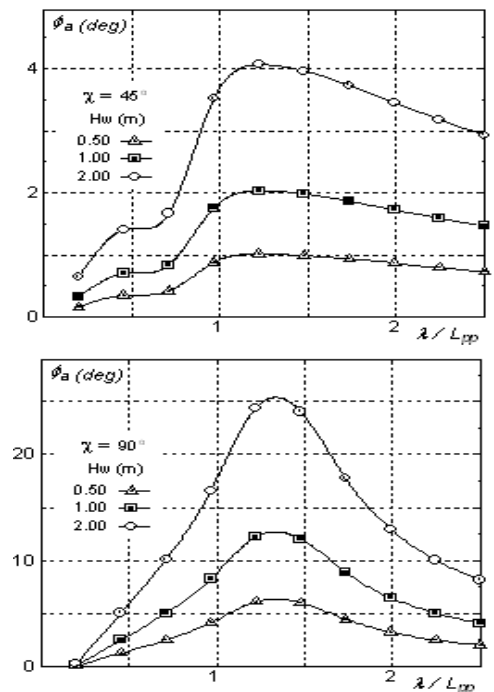
Gambar 10 Pengaruh tinggi gelombang pada pitch amplitude untuk ferry 300 GRT

Prediksi respon gerak pitching masing-masing ferry disajikan pada Gambar 8~10. Dari gambar terlihat bahwa amplitudo pitch untuk kapal dengan arah  $0^\circ$  dan  $45^\circ$  adalah hampir sama, sedangkan untuk arah gelombang  $90^\circ$  sangat kecil dibandingkan dua arah gelombang sebelumnya. Karena gerakan pitching adalah gerak yang cenderung terhadap memanjang kapal maka arah gelombang  $0^\circ$  dan  $45^\circ$  sangat dominan mempengaruhi gerakan tersebut.

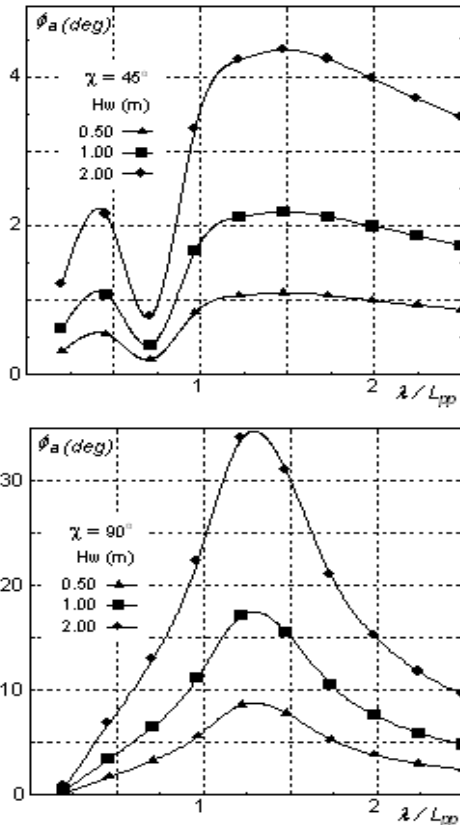
Respon gerak pitch terbesar ditunjukkan oleh kapal 300 GRT, hal ini memberikan gambaran penting bahwa tidak setiap desain kapal cocok dalam suatu kondisi perairan tertentu. Sedangkan pitch maksimum rata-rata dalam suatu desain kapal ferry adalah  $3^\circ$ , maka dari keseluruhan desain kapal ferry yang disimulasikan direkomendasikan cocok bagi perairan dengan tinggi gelombang sampai dengan 1m ~1.5 m.



Gambar 11 Pengaruh tinggi gelombang pada roll amplitude untuk ferry 600 GRT



Gambar 12 Pengaruh tinggi gelombang pada roll amplitude untuk ferry 500 GRT



Gambar 13 Pengaruh tinggi gelombang pada roll amplitude untuk ferry 300 GRT

Hasil prediksi gerakan roll dengan variasi tinggi gelombang ditampilkan dalam Gambar 11~13. Dari hasil prediksi menunjukkan bahwa respon roll terbesar terjadi bila arah gelombang dari samping,  $90^\circ$ , dan akan bertambah seiring dengan naiknya tinggi gelombang. Pada tiap kapal yang disimulasikan untuk gelombang dengan arah  $45^\circ$  resonansi roll rata-rata dibawah  $5^\circ$  sedangkan pada arah gelombang  $90^\circ$  sangat bervariasi sesuai besarnya kapal.

Amplitudo roll terbesar dialami oleh ferry 300 GRT. Hal ini karena roll damping yang kecil, juga karena relatif sarat terhadap tinggi gelombang yang kecil. Untuk memperkecil resonansi direkomendasikan memakai bilge keel yang mana akan meredam resonansi roll ini. Dari hasil penelitian diketahui bahwa dengan bilge keel ini mampu meredam resonansi roll sampai dengan 40%.

Amplitudo rata-rata gerakan roll yang umum pada

suatu desain kapal adalah  $12^\circ$ , maka secara keseluruhan desain ferry yang disimulasikan ini bisa dipakai dengan memperhatikan arah kapal relatif terhadap arah gelombang, tinggi gelombang, kecepatan operasional kapal dan panjang gelombang dan perlunya dipakai alat peredam roll sederhana seperti bilge keel untuk meredam roll dalam kondisi resonansi.

### Kesimpulan

Dari hasil prediksi gerak heave, pitch dan roll pada ferry 600, 500 dan 300 GRT dapat disimpulkan bahwa keseluruhan desain ferry cocok untuk perairan dengan tinggi gelombang hingga dua meter, namun dengan memperhatikan arah relatif kapal terhadap gelombang, panjang gelombang dan kecepatan kapal. Selain itu kondisi pemuatan juga perlu diperhatikan, karena berpengaruh pada titik berat dan resonansi gerakan kapal. Untuk menambah stabilitas kapal direkomendasikan memasang alat peredam roll sederhana berupa bilge keel.

### Daftar Pustaka

Baharuddin Ali, Katayama, T., and Ikeda Y., (2004), *Roll Damping Characteristics of Fishing Boats With and Without Drift Motion*, Journal of the International Shipbuilding Progress, Vol. 51, 2004 No. 2/3, Delft

Baharuddin Ali, Suhariyanto, R.B., Waluyo, dan Samudro (2004), Studi Pemakaian Bilge Keel Sebagai Alat Peredam Gerakan Roll Pada Kapal Ikan Tradisional Indonesia, Jurnal Penelitian Enjiniring Fak. Teknik Univ. Hasanuddin, Makasar

Bhattacharyya, R. (1978), *Dynamic of Marine Vehicles*, Jhon Willey & Sons, New York

Journee, J.M.J (2001), *Theoretical Manual of SEAWAY*, Delft University

Society of Naval Arch. Japan (2003), *Fluid Mechanic for Floating Body*, Vol. 1, Seizando, Tokyo