

Minimisasi Hambatan Dan Gerak Vertikal Kapal *Multihull Catamaran* Dengan *Centerbulbs*

Rahmat Prio Aprijal^{*}, Samuel, Muhammad Iqbal

Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

Abstrak

Hambatan yang kompleks pada kapal multihull catamaran timbul akibat efek interaksi komponen hambatan dan gelombang pada lambung kapal. Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi hambatan yang terjadi pada lambung kapal catamaran yang disebabkan interaksi komponen hambatan dan gelombang dengan penambahan centerbulb. Analisa hambatan total kapal catamaran dihitung menggunakan software berbasis Computational Fluid Dynamics. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kapal catamaran S/L 0.2 dengan penambahan centerbulb adalah kapal yang paling efektif karena dapat mengurangi hambatan sebesar 8-14% dan memiliki respon gerakan vertikal minimum pada kecepatan F_n 0.28.

Kata kunci: *catamaran; centerbulb; hambatan; vertical motion*

Abstract

[Title: *Minimizing Resistance and Vertical Motion of Multihull Catamaran Ship by Centerbulbs*] Complex resistance of multihull catamaran ship is caused by the interaction of the components bottleneck effect and waves on the hull multihull. The aim of this research is to reduce the resistance that occurs in the hull caused by the interplay of components and surge barriers on catamaran ship by adding centerbulb. Analysis of the total resistance Catamaran boat is calculated using Computational Fluid Dynamics. Results show that catamaran S/L 0.2 by the addition of centerbulb is the most effective because the resistance is reduced 8-14% and has a vertical motion movement responses minimum at a speed F_n 0.28.

Keywords: *catamaran; centerbulb; resistance; vertical motion*

1. Pendahuluan

Kapal *multihull*, terutama *catamaran* merupakan kapal yang menarik untuk dikaji. Kapal *catamaran* dirancang untuk memiliki luas *deck* yang besar dan memiliki kecepatan tinggi pada saat yang sama. Karakteristik kapal *catamaran* yang terbilang unik membuat kapal *catamaran* banyak digunakan sebagai kapal militer, kapal layar, kapan penumpang, kapal ikan dan bahkan menjadi *racing boats*. Beberapa penelitian yang mengkaji tentang kapal *catamaran* telah banyak dilakukan, diantaranya adalah penyelidikan komponen ketahanan pada *catamaran* (Molland, Wellicome & Couser, 1994).

Dalam proses rekayasa, kapal *multihull*

menimbulkan banyak tantangan teknis dibanding dengan kapal konvensional. Kapal ini ditandai dengan konfigurasi yang lebih kompleks dan operasional pada kecepatan yang lebih tinggi. Proses mendesain kapal *multihull* seperti ini biasanya menggunakan teknik eksperimen dan pemodelan *numeric*.

Pada kapal *multihull* masalah hambatan masih banyak dibahas dan didiskusikan karena komponen hambatannya lebih kompleks dibandingkan dengan kapal lambung tunggal atau *monohull*. Hal ini terkait rumitnya efek interaksi komponen hambatan viskos dan gelombang pada lambung kapal *multihull*.

Permasalahan yang ditimbulkan ini memunculkan ide untuk melakukan eksperimen penambahan *centerbulb* pada bagian tengah kapal. Beberapa kajian tentang penambahan *centerbulbs* pada kapal *catamaran* untuk mengurangi hambatan kapal telah dipublikasikan.

^{*}) Penulis Korespondensi.

E-mail: rahmat.aprijal16@yahoo.com

Danişman (2014) menyimpulkan dengan penambahan *center bulb* dapat mengurangi hambatan gelombang sebesar 15% pada studi *numeric* dan 13% pada studi eksperimental dan pengurangan 5% dalam *full scale effective power* di kecepatan sesuai $Fr = 0,6$. Hasil kajian Zotti (2007) menunjukkan bahwa penambahan *centerbulb* yang sesuai pada *catamaran* dapat mengurangi *vertical motion*, tanpa mempengaruhi hambatan. Penggunaan *bulb* yang efisien dengan penambahan sirip dapat diaplikasikan untuk meningkatkan *damping effect* secara significant. Bruzzone, Grasso dan Zotti (2008) juga melakukan penelitian dimana simulasi *nonlinear* memperlihatkan pengurangan pada *haeve* dan *pitch respond*, khususnya pada penambahan *bulb*. Perlu dicatat pula bahwa pengurangan ini juga karena efek nonlinier terkait pada koreksi *viscous*.

Penelitian-penelitian tersebut menjadi pertimbangan perlunya analisa tentang hambatan dan *vertical motion* pada kapal *catamaran* yang dipengaruhi oleh penambahan *centerbulb*. Analisa seperti ini berguna untuk mengurangi hambatan pada kapal *catamaran*. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai hambatan pada kapal *catamaran* setelah mengalami penambahan *centerbulb* dan variasi jarak antar lambung, didasarkan pada satu posisi *centerbulb* yaitu di haluan kapal serta mendapatkan nilai *vertical motion* pada kapal *catamaran* setelah mengalami penambahan *centerbulb*.

Penelitian ini dibatasi oleh beberapa aspek, yakni: perhitungan hambatan total akibat dari fluida air; tidak adanya perhitungan pengaruh hambatan udara dan angin; perhitungan hambatan dengan variasi jarak antar lambung; diasumsikan kapal pada kondisi *even keel*; pemodelan menggunakan model yang sudah ada dan dimodifikasi dengan tambahan *centerbulb*; diasumsikan aliran fluida *incompressible* dengan sifat *steady-state*; serta asumsi aliran dengan viskositas yang konstan (aliran Newtonian).

2. Bahan dan Metode

2.1. Bentuk dan Ukuran Kapal

Pada penelitian ini model dianalisa menggunakan *software Computational Fluid Dynamics (CFD)* diskala pada ukuran tertentu agar memudahkan dalam proses perhitungan. Skala yang digunakan adalah 1:10 dengan rincian pada Tabel 1. Hasil pembuatan model dengan Rhinoceros versi 5.0 terlihat pada Gambar 1.

2.2 Integrasi Model Kapal Dengan Centerbulb

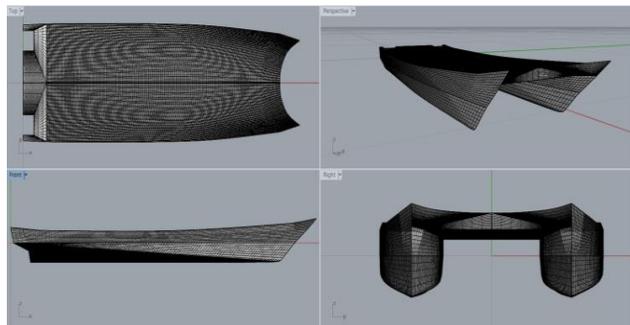
Data *centerbulb* diperoleh dari literatur (jurnal dan data yang didapat pada penelitian sebelumnya). Spesifikasi *centerbulb* (Danişman, 2014):

a (m)	: 0,50	x (m)	: -1,025
b (m)	: 0,26	z (m)	: 0,089
c (m)	: 0,12		

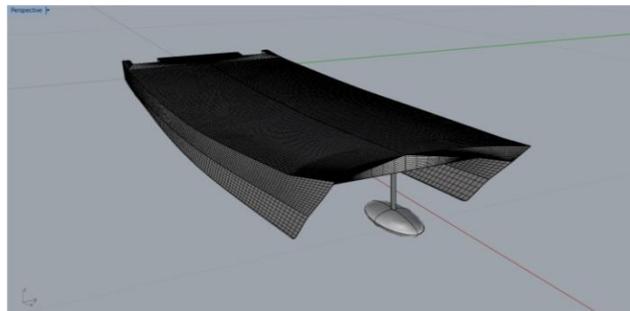
Hasil integrasi model kapal dengan *centerbulb* dapat dilihat pada Gambar 2.

Tabel 1. Ukuran Utama Kapal *Catamaran*

Dimensi	Skala Penuh	Model Kapal
LOA	10,00 m	1,00 m
Lwl	8,90 m	0,89 m
<i>B demihull</i>	1,101 m	0,1101 m
H	0,8 m	0,08 m
T	0,5 m	0,05 m
WSA	25,4 m ²	0,254 m ²
Displamen	5,189 Ton	0,005189 Ton



Gambar 1. Hasil pembuatan model dengan Rhinoceros Versi 5.0



Gambar 2. Hasil integrasi model kapal dengan *centerbulb*

2.3. Parameter Penelitian

Fokus penelitian ini ada pada efek yang ditimbulkan oleh penambahan *centerbulb* dan variasi jarak antar lambung *catamaran*. Penelitian ini disimulasikan untuk memperoleh nilai hambatan total yang efektif.

Parameter yang dipakai adalah sebagai berikut :

a. Parameter tetap

Dimensi *properties* dari lambung kapal antara lain :

1. *Length of Waterline (LWL)* (m)
2. *Draft (T)* (m)
3. *Breadth (B)* (m)

- 4. Depth (H) (m)
- 5. Displacement (Disp) (ton)
- 6. Posisi Bulbous
- 7. Nilai Part Mesh Setup
- b. Parameter berubah
 - 1. Kecepatan Kapal Fn 0,28 ; 0,47 ; 0,65
 - 2. Jarak antar lambung (S/L) 0,2 ; 0,3 ; 0,4

2.4. Hambatan Total

Hambatan total adalah hambatan yang terjadi akibat adanya komponen hambatan viskos dan hambatan gelombang. Hambatan total dapat dinyatakan dengan persamaan 1.

$$RT = \frac{1}{2} \rho C_T (WSA) V^2 \tag{1}$$

Pengembangan dan modifikasi formula *Molland's Form* faktor untuk mendapatkan koefisien total dinyatakan dengan persamaan 2.

$$C_{TCAT} = (1 + \phi k) \sigma C_F + \tau C_W \tag{2}$$

Kemudian dapat dikombinasi ke dalam faktor interferensi viskos β dimana $(1 + \phi k) \sigma = (1 + \beta k)$, sehingga didapatkan persamaan 3.

$$C_{TCAT} = (1 + \beta k) C_F + \tau C_W \tag{3}$$

Kemudian faktor interferensi viscos tersebut diformulasikan lagi menjadi persamaan 4.

$$(1 + \beta k) = 3.03 (L/V^{1/3})^{-0.40} + 0.016 (S/L)^{-0.65} \tag{4}$$

Jamaluddin dkk. (2013) mengajukan hasil kajian numerik dan eksperimen, dimana faktor komponen hambatan (ϕ , σ , τ) dapat diketahui bentuk persamaannya (melalui analisa regresi):

- a. Interferensi komponen hambatan gelombang bergantung pada *froud number* :

$$\begin{aligned} \tau &= 0.068 (S/L)^{-1.38}, \text{ (pada Fr = 0.19)} \\ \tau &= 0.359 (S/L)^{-0.87}, \text{ (pada Fr = 0.28)} \\ \tau &= 0.574 (S/L)^{-0.33}, \text{ (pada Fr = 0.37)} \\ \tau &= 0.790 (S/L)^{-0.14}, \text{ (pada Fr = 0.47)} \\ \tau &= 0.504 (S/L)^{-0.31}, \text{ (pada Fr = 0.56)} \\ \tau &= 0.501 (S/L)^{-0.18}, \text{ (pada Fr = 0.65)} \end{aligned} \tag{5}$$

- b. Interferensi komponen hambatan viskos akibat perubahan kecepatan aliran dimana:

$$\sigma = 1.008 e^{-3(S/L)} \tag{6}$$

- c. Interfrensi komponen hambatan viskos akibat perubahan tekanan dimana:

$$\Phi = 0.00006 (S/L) + 0.998 \tag{7}$$

2.5. Respond Amplitude Operator (RAO)

Respon gerakan kapal terhadap gelombang reguler dinyatakan dalam RAO, dimana RAO adalah rasio antara amplitudo gerakan kapal baik translasi maupun rotasi terhadap amplitudo gelombang pada frekuensi tertentu (Iqbal & Rindo, 2015). Respon gerakan RAO untuk gerakan translasi :

$$RAO = \frac{z_0}{\zeta_0} \text{ (m/m)} \tag{8}$$

Untuk mendapatkan respon gerakan kapal terhadap gelombang acak dapat digambarkan dengan spektrum respon. Persamaan spektrum respon terlihat pada persamaan 9.

$$S_{\zeta_r}(\omega) = RAO^2 \times S_{\zeta}(\omega) \tag{9}$$

2.6. Spektrum Gelombang

Spectrum gelombang yang digunakan dalam penelitian ini adalah Bretschneider atau ITTC dengan dua parameter yaitu tinggi gelombang signifikan (H_s) dan periode rata-rata (T_{av}), dengan persamaan 10.

$$S_{ITTC\zeta}(\omega) = \frac{A}{\omega^5} \exp\left(-\frac{B}{\omega^4}\right) \tag{10}$$

Dimana ω adalah frekuensi gelombang (rad/det), A adalah $172.75 \frac{H_s^2}{T_{av}^2}$, dan B adalah $\frac{691}{T_{av}^4}$

Spektrum gelombang yang dihasilkan sangat bergantung pada nilai frekuensi gelombang. Akibat adanya pengaruh kecepatan kapal dan sudut datang gelombang, maka frekuensi gelombang insiden (ω_w) akan berubah menjadi frekuensi gelombang papasan (ω_e), gelombang tersebut yang digunakan untuk menghitung gelombang papasan (S_e), dengan persamaan 11.

$$\omega_e = \omega \left(1 - \frac{\omega V}{g} \cos \mu\right) \tag{11}$$

dimana ω_e adalah frekuensi gelombang papasan (rad/det), ω_w adalah frekuensi gelombang (rad/det), V adalah kecepatan kapal (m/s) dan g adalah percepatan gravitasi (9.81 m/s²).

2.7. Root Mean Square (RMS)

RMS merupakan luasan kurva di bawah kurva spectrum respon yang dinyatakan dalam m_0 (persamaan 12)

$$m_0 = \int_0^\infty S_{\zeta_r}(\omega) d\omega \tag{12}$$

jika nilai RMS dari masing-masing amplitude gerakan (ζ) dinyatakan dalam $\sqrt{m_0}$ maka dinyatakan dalam persamaan 13.

$$(\zeta)_{av} = 1.253 \sqrt{m_0} \tag{13}$$

Kemudian untuk mendapatkan amplitud signifikan atau atau disebut dengan rata-rata dari 1/3 amplitud tertinggi dinyatakan dengan persamaan 14.

$$(\zeta)_s = 2 \sqrt{m_0} \tag{14}$$

Sedangkan luasan spektrum respon untuk kecepatan dan percepatan yang dinyatakan dalam m_2 dan m_4 dengan persamaan 15.

$$m_2 = \int_0^\infty \omega^2 S_{\zeta_r}(\omega) d\omega \tag{15}$$

$$m_4 = \int_0^\infty \omega^4 S_{\zeta_r}(\omega) d\omega \tag{16}$$

2.8. Kriteria seakeeping untuk kapal ikan

Kriteria *seakeeping* untuk kapal ikan digunakan untuk menyesuaikan hasil perhitungan yang telah dilakukan dengan standar kriteria yang ada. Pada penelitian ini, standar *seakeeping* yang digunakan adalah standar kriteria untuk kapal ikan yang terdapat pada Tabel 2 (Tello dkk., 2011).

Tabel 2. Kriteria *seakeeping* untuk kapal ikan

No	Kriteria	Nilai
1	Green water deck	5% (prob)
2	Slamming	3% (prob)
3	Propeller emergence	15% (prob)
4	VA at Bridge	0.2 g (rms)
5	LA at Bridge	0.1 g (rms)
6	VA at work deck	0.2 g (rms)
7	LA at Work deck	0.1 g (rms)
8	Roll	6° (rms)
9	Pitch	3° (rms)

3. Hasil dan Pembahasan

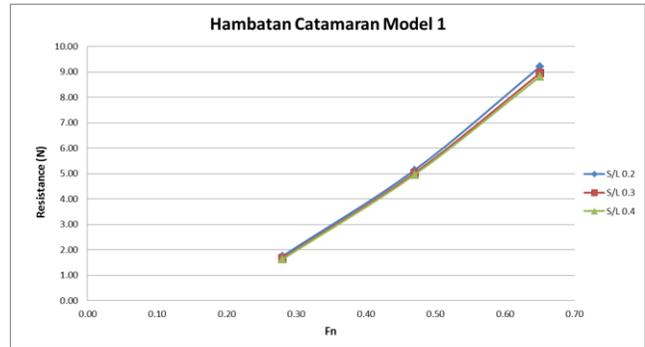
4.1. Hasil Perhitungan Hambatan Kapal

Hambatan kapal *catamaran* yang dihitung secara rumus empiris menggunakan formulasi *Molland's Form* faktor diperoleh hasil seperti terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hambatan kapal tanpa *bulb* dengan perhitungan Empiris

Fr	Rt (N)		
	S/L 0.2	S/L 0.3	S/L 0.4
Fr 0.28	1.75	1.66	1.63
Fr 0.47	5.14	5.02	4.96
Fr 0.65	9.20	8.95	8.82

Gambar 3 menunjukkan nilai hambatan kapal pada setiap jarak antar lambung. Meskipun terlihat tidak terlalu signifikan, namun dapat dilihat bahwa kapal dengan jarak antar lambung terbesar memiliki hambatan terkecil, atau dengan kata lain hambatan berbanding terbalik dengan jarak antar lambung.



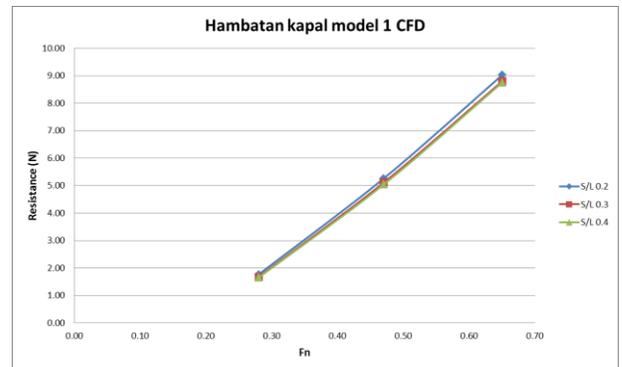
Gambar 3. Grafik hambatan kapal tanpa *bulb* dengan perhitungan empiris

Model kapal tanpa *centerbulb* tersebut kemudian dilakukan analisa dengan metode CFD menggunakan software ANSYS v 14.0 untuk mendapatkan nilai hambatan yang nantinya akan dikompaasikan terhadap hambatan kapal *catamaran* menggunakan *centerbulb*. Dengan maksimal error ±5% diperoleh hasil terlihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hambatan kapal tanpa *bulb* dengan perhitungan CFD

Fr	Rt (N)		
	S/L 0.2	S/L 0.3	S/L 0.4
Fr 0.28	1.76	1.68	1.66
Fr 0.47	5.26	5.11	5.04
Fr 0.65	9.02	8.80	8.75

Gambar 4 menunjukkan grafik hambatan kapal tanpa *bulb* dengan perhitungan CFD.



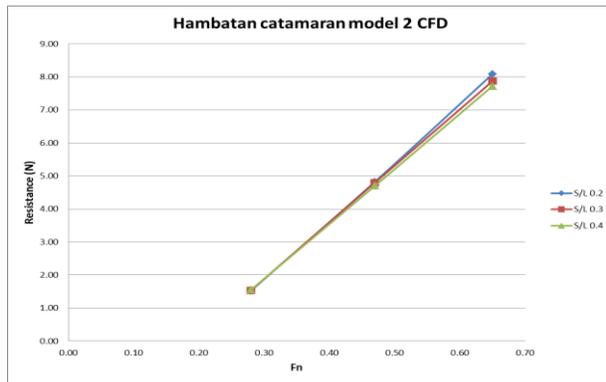
Gambar 4. Grafik hambatan kapal tanpa *bulb* dengan perhitungan CFD

Analisa dilanjutkan dengan penghitungan hambatan kapal *catamaran* dengan *centerbulb* menggunakan metode CFD dan software ANSYS v 14.0. dari perhitungan yang dilakukan diperoleh hasil ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hambatan Kapal *catamaran* menggunakan *centerbulb* dengan perhitungan CFD

Fr	Rt (N)		
	S/L 0.2	S/L 0.3	S/L 0.4
Fn 0.28	1.52	1.54	1.55
Fn 0.47	4.83	4.80	4.70
Fn 0.65	8.09	7.88	7.72

Dari Gambar 5 terlihat bahwa penggunaan *centerbulb* dapat mengurangi hambatan total kapal *catamaran*. Hambatan terkecil tetap terjadi pada kapal *catamaran* dengan S/L 0.4.



Gambar 5. Grafik hambatan kapal menggunakan *centerbulb* dengan perhitungan CFD

3.2. Analisa Hambatan Kapal *Catamaran*

Analisa hambatan kapal *catamaran* yang didapatkan dari hasil perhitungan hambatan, menunjukkan bahwa *centerbulb* dapat mengurangi besarnya hambatan kapal. Besarnya pengurangan hambatan tersebut tidak selamanya konstan.

Perbandingan selisih hambatan kapal dilakukan dengan menggunakan 2 model kapal. Model 1 adalah Kapal *catamaran* yang tidak menggunakan *centerbulb*, sedangkan Model 2 adalah kapal *catamaran* dengan penambahan *centerbulb*. Tabel 6, 7 dan 8 menunjukkan bahwa kapal *catamaran* S/L 0.2 paling efektif dilakukan penambahan *centerbulb* karena dapat menurunkan hambatan berkisar antara 8-14%, sedangkan kapal *catamaran* dengan S/L 0.3 dan S/L 0.4 berkisar antara 6-11%

Secara keseluruhan hambatan terkecil ada pada kapal *catamaran* S/L 0.4 menggunakan *centerbulb* (Tabel 9 dan Gambar 6), tetapi dalam hal efektifitas hambatan kapal terbaik ada pada kapal *catamaran* S/L 0.2 menggunakan *centerbulb* (Tabel 10 dan Gambar 7). Hal ini karena nilai hambatan pada kapal S/L 0.2 dengan penambahan *centerbulb* memiliki hambatan terkecil dibanding variasi S/L 0.3 dan 0.4 tanpa *centerbulb*.

Tabel 6. Perbandingan selisih hambatan kapal S/L 0.2

Fr	RT Model 1 (N)	RT Model 2 (N)	Selisih (%)
Fr 0.28	1.76	1.52	13.82 %
Fr 0.47	5.26	4.83	8.26 %
Fr 0.65	9.02	8.09	10.39 %

Tabel 7. Perbandingan selisih hambatan kapal S/L 0.3

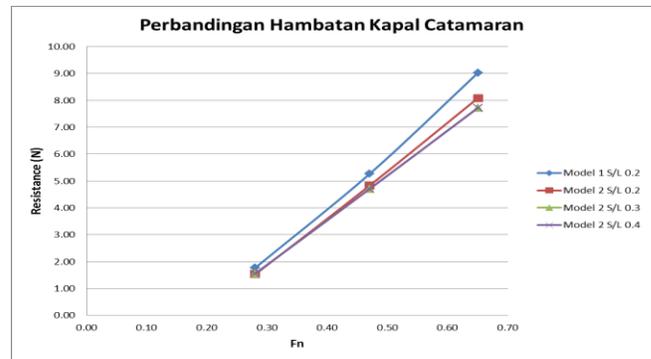
Fr	RT Model 1 (N)	RT Model 2 (N)	Selisih (%)
Fn 0.28	1.68	1.54	8.5 %
Fn 0.47	5.11	4.80	6.05 %
Fn 0.65	8.80	7.88	10.52 %

Tabel 8. Perbandingan selisih hambatan kapal S/L 0.4

Fr	RT model 1 (N)	RT model 2 (N)	Selisih (%)
Fn 0.28	1.66	1.55	6.14 %
Fn 0.47	5.04	4.70	6.73 %
Fn 0.65	8.75	7.72	11.77 %

Tabel 9. Perbandingan Hambatan Terkecil

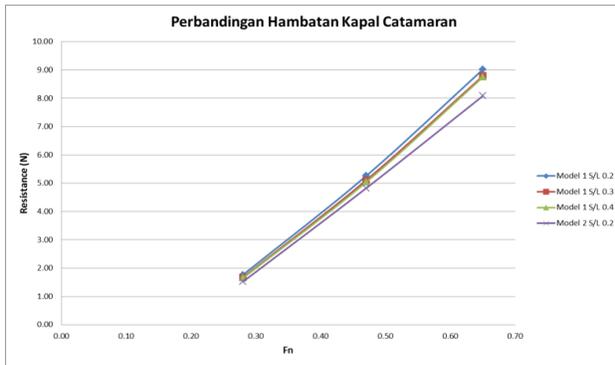
Model	Fr		
	Fr 0.28	Fr 0.47	Fr 0.65
Model 1 S/L 0.2	1.76	5.26	9.02
Model 2 S/L 0.2	1.52	4.83	8.09
Model 2 S/L 0.3	1.54	4.80	7.88
Model 2 S/L 0.4	1.55	4.70	7.72



Gambar 6. Grafik perbandingan hambatan kapal *catamaran*

Tabel 10. Perbandingan Hambatan Terefektif

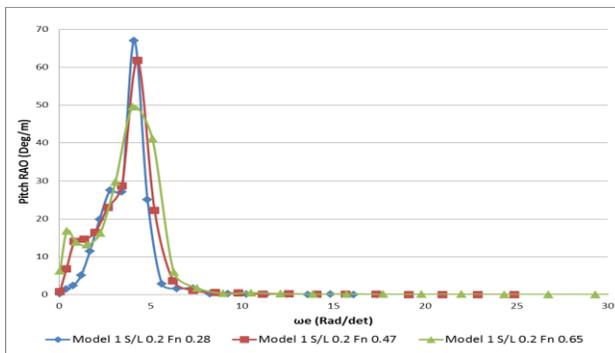
Model	Fr		
	Fr 0.28	Fr 0.47	Fr 0.65
Model 1 S/L 0.2	1.76	5.26	9.02
Model 1 S/L 0.3	1.68	5.11	8.80
Model 1 S/L 0.4	1.66	5.04	8.75
Model 2 S/L 0.2	1.52	4.83	8.09



Gambar 7. Grafik perbandingan hambatan kapal catamaran

3.3. Hasil Perhitungan RAO

Respon gerakan kapal catamaran terhadap gelombang reguler dalam penelitian ini digambarkan dengan grafik RAO. Penelitian ini hanya menganalisa vertical motion yang kemudian di bagi atas 2 gerakan yaitu heave dan pitch. Gambar 8 dan 9 menunjukkan bahwa RAO gerakan pitch catamaran. Dari kurva tersebut terlihat bahwa perbedaan kecepatan membuat RAO berubah, Puncak RAO terkecil berada pada model dengan kecepatan Fn 0.65, sedangkan puncak RAO terbesar berada pada model dengan kecepatan Fn 0.28.



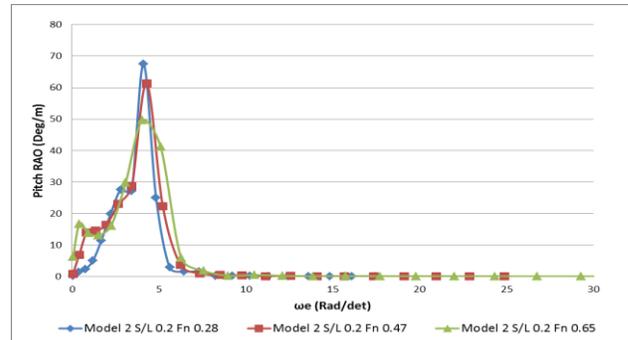
Gambar 8. Grafik RAO Pitch catamaran tanpa bulb dengan kecepatan berbeda.

Gambar 10 dan 11 menunjukkan RAO gerakan Heave. Grafik tersebut memperlihatkan bahwa puncak RAO berbanding lurus dengan kecepatan. Semakin besar kecepatan maka puncak RAO akan semakin besar. Puncak RAO terkecil ada pada model dengan kecepatan Fn 0.28, sedangkan puncak RAO terbesar berada pada model dengan kecepatan Fn 0.65.

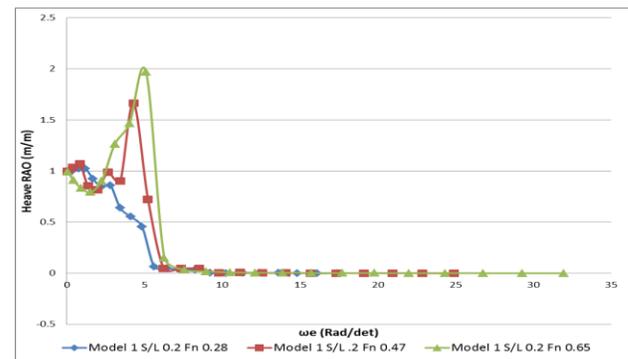
3.4. Spectrum Gelombang

Spektrum gelombang digunakan untuk menggambarkan kondisi gelombang laut yang sebenarnya. Kondisi tersebut digambarkan dengan perhitungan spektrum gelombang insiden dan spektrum

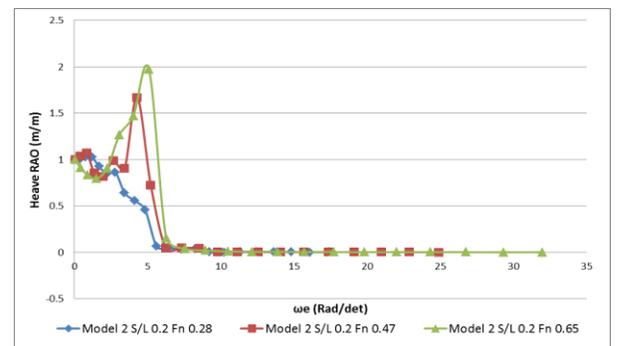
gelombang papasan. Dalam penelitian ini gelombang signifikan (H_s) dan periode rata-rata (T_{av}) diambil dari Bhattacharya (978) pada perairan Laut Jawa (Tabel 11).



Gambar 9. Grafik RAO Pitch catamaran menggunakan centerbulb dengan kecepatan berbeda.



Gambar 10. Grafik RAO Heave catamaran tanpa bulb dengan kecepatan berbeda.



Gambar 11. Grafik RAO Heave catamaran menggunakan centerbulb dengan kecepatan berbeda

3.5. Evaluasi Kriteria Pitch dan Heave

Berdasarkan analisa yang dilakukan menggunakan metode CFD dan dilanjutkan dengan perhitungan secara manual didapatkan data dalam tabel 12. Gambar 12 dan 13 menunjukkan bahwa kapal yang memenuhi kriteria adalah kapal model 1 dengan Fn 0.28, dan Model 2 dengan Fn 0.28. sedangkan kapal Model 1 Fn 0.47 dan Fn 0.65 serta kapal Model 2 Fn 0.47 dan 0.65

hanya bisa masuk kriteria jika tinggi gelombang signifikan (H_s) dibawah 0.7 m.

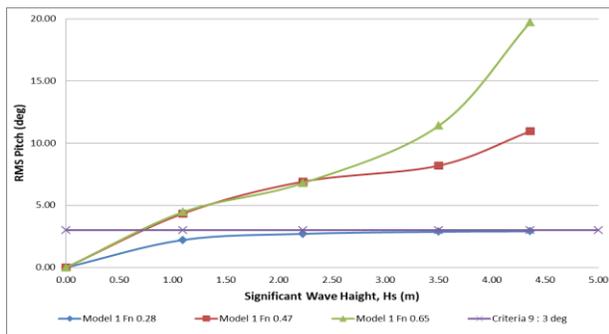
Tabel 11. Gelombang signifikan, Periode rata-rata

H_s	1.097	2.225	3.200	4.359
T_{av}	5.3	7.5	9	10.6

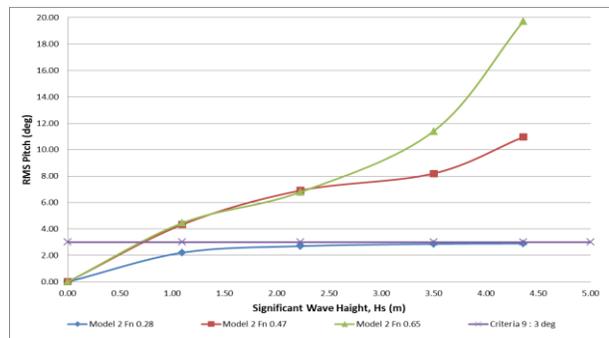
Tabel 12. RMS gerakan Pitch (Djarmiko, 2012)

Pitch	M.1	M.1	M.1	M.2	M.2	M.2
	F _n					
Standar	0.28	0.47	0.65	0.28	0.47	0.65
RMS H _s 1.097	3	3	3	3	3	3
RMS H _s 2.225	2.21	4.33	4.45	2.21	4.33	4.45
RMS H _s 3.500	2.70	6.90	6.78	2.70	6.91	6.78
RMS H _s 4.359	2.86	8.18	11.39	2.87	8.19	11.39
RMS H _s 4.359	2.89	10.95	19.72	2.90	10.96	19.71

Tabel 13, 14 dan 15 menunjukan bahwa kapal dengan *centerbulb* dan tanpa *centerbulb* memenuhi kriteria percepatan Heave yang ditentukan berdasarkan kriteria *seakeeping* untuk kapal ikan (Tello dkk., 2011).



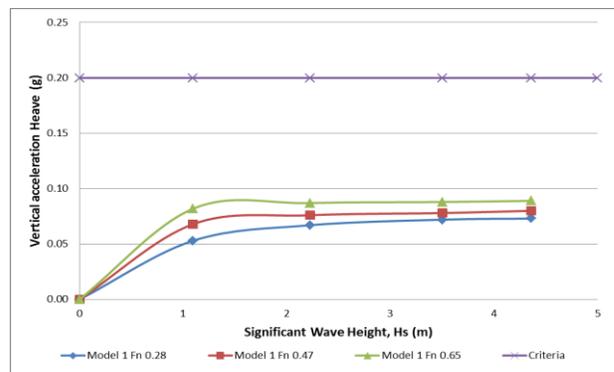
Gambar 12. RMS gerakan Pitch Vs tinggi gelombang signifikan pada *Catamaran* tanpa *bulb* S/L 0.2



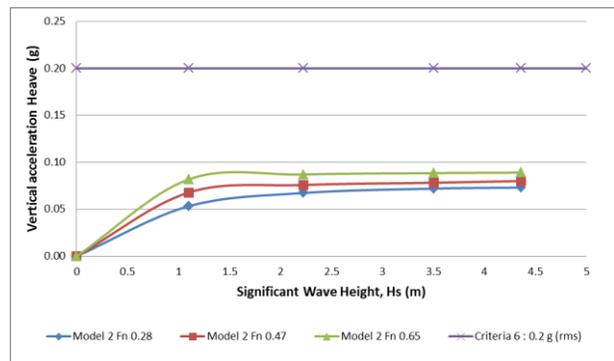
Gambar 13. RMS gerakan Pitch Vs tinggi gelombang signifikan pada *Catamaran* menggunakan *centerbulb* S/L 0.2

Tabel 13. RMS gerakan Heave (*Vertical Acceleration at work deck*) (Djarmiko, 2012)

Percepatan Heave	M.1	M.1	M.1	M.2	M.2	M.2
	F _n					
Standar	0.28	0.47	0.65	0.28	0.47	0.65
RMS H _s 1.097	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
RMS H _s 2.225	0.053	0.068	0.082	0.053	0.067	0.081
RMS H _s 3.500	0.067	0.076	0.087	0.067	0.075	0.086
RMS H _s 4.359	0.072	0.078	0.088	0.072	0.078	0.088
RMS H _s 4.359	0.073	0.080	0.089	0.073	0.079	0.089



Gambar 14. Percepatan Heave Vs tinggi gelombang signifikan pada *Catamaran* tanpa *bulb* S/L 0.2



Gambar 15. Percepatan Heave Vs tinggi gelombang signifikan pada *Catamaran* menggunakan *centerbulb* S/L 0.2

4. Kesimpulan

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan percobaan dan simulasi yang telah dilakukan terhadap model kapal *catamaran* original dan *catamaran* yang telah dilakukan penambahan *centerbulb* maka dapat disimpulkan bahwa kapal *catamaran* dengan S/L 0.2 dan penambahan *centerbulb* adalah kapal paling

efektif mengurangi hambatan total sebesar 8-14%. Sedangkan kapal dengan S/L 0.4 dan penambahan *centerbulb* adalah kapal dengan hambatan terkecil. Pada penelitian ini model yang paling optimal adalah model kapal *catamaran* dengan S/L 0.2 dengan penambahan *centerbulb* pada Fn 0.28. Respon gerakan dari model lambung tersebut memenuhi semua kriteria *vertical motion* pada kriteria *seakeeping* untuk kapal ikan dan memiliki respon gerakan paling minimum.

4.2. Saran

Adapun saran-saran yang dapat dilakukan terhadap analisa ini adalah: dalam pembuatan model sebaiknya diteliti dan dibuat lebih baik sehingga data yang didapatkan akan lebih akurat. Hasil dari analisa ini dapat dilanjutkan untuk dijadikan sebagai studi analisa hambatan dan olah gerak yang lebih mendalam.

Daftar Pustaka

- Bhattacharya, R (1978). *Dynamics of Marine Vehicles*, New York: Wiley
- Bruzzone, D., Grasso, A., & Zotti, I. (2008). Nonlinear seakeeping analysis of catamarans with central bulb. *Proceedings of the 6th conference on high-performance marine vehicles*, Naples, Italy, 47-61.
- Danisman, D. B. (2014). Reduction of demi-hull wave interference resistance in fast displacement catamarans utilizing an optimized centerbulb concept. *Ocean Engineering*, 91, 227–234
- Djarmiko, E. B. (2012). *Perilaku dan Operabilitas Bangunan Laut di Atas Gelombang Acak*. Surabaya: ITS Press
- Iqbal, M., & Rindo, G. (2015). Optimasi bentuk demihull kapal catamaran untuk meningkatkan kualitas. *Jurnal Teknik Perkapalan Fakultas Teknik UNDIP*, 12(1), 19–24
- Jamaluddin, A., Utama, I.K.A.P., Widodo, B., & Molland, A.F. (2013). Experimental and numerical study of the Resistance Component Interactions of catamarans. *Journal of Engineering for the Maritime Environment*, 227(1), 51–60
- Molland, A.F., Wellicome, J.F. & Couser, P.R. (1994). *Resistance experiments on a systematic series of high speed displacement catamaran forms: variation of length-displacement ratio and breadth-draught ratio*, Southampton: UK University of Southampton
- Tello, M., Ribeiro, S., Silva, E., Soares, C. & Guedes. (2011) Seakeeping performance of fishing vessels in irregular waves. *Ocean Engineering*, 38(5–6), 763–773
- Zotti, I. (2007). Medium speed catamaran with large centralbulbs: experimental investigation on resistance and vertical motions. *Proceedings of ICMRT'07*. Ischia, Naples, Italy