



ISSN 2338-0322

# JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

## Analisa Pengaruh Variasi Penambahan Fin pada Centerbulb terhadap Performa Seakeeping dan Hambatan Kapal Katamaran dengan metode Computational Fluid Dynamic (CFD)

Muhammad Naufal Syafiq<sup>1)</sup>, Untung Budiarto<sup>1)</sup>, Muhammad Iqbal<sup>1)</sup>

Laboratorium Hidrodinamika

<sup>1)</sup>Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Email : [nsyafiq86@gmail.com](mailto:nsyafiq86@gmail.com), [budiartountung@gmail.com](mailto:budiartountung@gmail.com), [iqbal.muhammad.1412@gmail.com](mailto:iqbal.muhammad.1412@gmail.com)

### Abstrak

Perkembangan teknologi perkapalan semakin maju. Hal ini penting karena dengan teknologi yang semakin maju maka dapat membantu dalam meningkatkan performa kapal. Salah satunya adalah kapal katamaran dimana dalam penelitian ini peneliti menambahkan variasi *centerbulb* dengan penambahan *fin* pada *centerbulbnya* dimana dengan penambahan ini ternyata menghasilkan hambatan yang cukup baik tetapi belum bisa memperbaiki nilai olah gerak kapal. Pada penelitian ini penulis menggunakan program komputer berbasis *Computational Fluid Dynamic* (CFD) didalam menyelesaikan masalah dari tujuan penelitian. Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan kecepatan, Jumlah dan ukuran *fin* pada *centerbulb*. Hasil penelitian didapatkan bahwa penambahan variasi Fin pada centerbulb tidak cocok digunakan dalam memperbaiki karakteristik seakeeping kapal karena tidak dapat mengurangi nilai vertical acceleration di setiap Fn-nya dengan kenaikan paling besar pada Fn 0,69 sebesar 2,0264% walaupun hasil ini sudah sesuai dengan standard NORDFORK, 1987. Sedangkan nilai hambatan total mengalami penurunan paling optimal pada model 1 mengalami penurunan hambatan total sebesar -20,91% pada Fn 0,36 dan -8,54% pada Fn 0,69.

Kata kunci : Seakeeping, Hambatan, Katamaran, *Centerbulb*, *fin*, CFD.

### 1. PENDAHULUAN

Katamaran merupakan kapal yang memiliki lambung ganda yang dihubungkan dengan struktur *bridging*. Bentuk lambung kapal dari katamaran mirip dengan *monohull* tetapi memiliki garis air yang lebih ramping sehingga tahanan yang dialami lebih kecil. Kelebihan katamaran dari pada *monohull* selain memiliki tahanan yang lebih kecil yaitu memiliki stabilitas yang lebih baik <sup>[1]</sup>.

Dewasa ini perkembangan perancangan di dunia perkapalan mengalami perkembangan yang sangat pesat. Kapal yang optimal baik dari segi ekonomis dan performa, kenyamanan dan keselamatan yang disebabkan oleh kapal itu sendiri (*manuevurbility*) maupun dari luar (*seakeeping*) juga menjadi salah satu faktor pertimbangan dalam perencanaan *design* kapal.

Beberapa usaha yang dilakukan dalam memperbaiki nilai hambatan dan kriteria seakeeping telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Kajian Yusuf<sup>[2]</sup> menganalisis hambatan pada kapal katamaran dengan mengubah bentuk hull kapal katamaran. Pada kajian Asep<sup>[3]</sup> meneliti tentang pengaruh penambahan centerbulb pada kapal katamaran MV. Laganbar terhadap hambatan kapal katamaran dengan penambahan variasi bulbousbow, dan pada kajian dengan variasi yang sama dilakukan oleh David<sup>[4]</sup> untuk meneliti pengaruh variasi tersebut terhadap karakteris seakeeping kapal tersebut. Kemudian kajian itu dilanjutkan lagi oleh Yosafat<sup>[5]</sup> dengan menambahkan variasi fin pada centerbulb untuk melihat pengaruhnya terhadap hambatan kapal katamaran. Pada kajian lain Rizki<sup>[6]</sup> melakukan

analisa pengaruh posisi foil terhadap gaya angkat dan hambatan kapal katamaran.

Maka pada tugas akhir kali ini *centerbulb* direncanakan akan ditambahkan *fin* pada *centerbulb* kapal katamaran karena diduga dengan adanya penambahan *fin* pada *centerbulb* ini dapat mengurangi gerakan *vertical motion* yang disebabkan memiliki semacam sayap untuk meredam gerakan *vertical* tersebut dan akan diteliti juga dari segi hambatannya.

### 1.1 Perumusan Masalah

Berdasarkan pokok permasalahan yang terdapat pada latar belakang maka penelitian ini diambil rumusan masalah yaitu:

1. Bagaimana seakeeping kapal katamaran sebelum dan sesudah penambahan fin pada *centerbulb* ?
2. Berapa jumlah dan lebar fin pada *centerbulb* yang optimal untuk menghasilkan seakeeping yang rendah dan sesuai dengan standar ?
3. Bagaimana hambatan total kapal katamaran sebelum dan sesudah penambahan fin pada *centerbulb*?
4. Bagaimana jumlah dan lebar fin pada *centerbulb* yang optimal untuk menghasilkan hambatan paling rendah?

### 1.2 Batasan Masalah

Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini, permasalahan akan dibatasi sebagai berikut :

1. Tipe *centerbulb* yang digunakan berbentuk oval.
2. Perhitungan *seakeeping* dan hambatan dengan variasi jumlah dan lebar fin pada *centerbulb*.
3. Perhitungan hambatan total adalah akibat dari fluida air dan tidak ada perhitungan hambatan udara dan angin.
4. Fokus pada kapal katamaran lambung simetris.
5. Analisa *seakeeping* dan hambatan kapal menggunakan *tdyn* dan *ansys aqwa*.
6. Diasumsikan kapal kondisi *evenkeel*.
7. Tidak ada pengujian *towing tank*.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah dan pembatasan masalah diatas, maka tujuan dari penelitian ini yaitu :

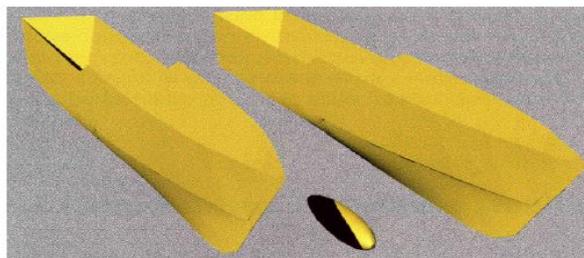
1. Mendapatkan kriteria seakeeping kapal katamaran sebelum dan sesudah penambahan fin pada *centerbulb*.
2. Mendapatkan nilai hambatan kapal katamaran sebelum dan sesudah penambahan fin pada *centerbulb*.

3. Mengetahui jumlah *Fin* pada *Centerbulb* yang memiliki pengaruh terbaik terhadap Hambatan dan olah gerak kapal.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 *Centerbulb* pada Kapal Katamaran

*Centerbulb* merupakan salah satu *outfit* kapal *Catamaran* yang diinstal terintegrasi pada bagian bawah lambung kapal tepatnya pada bagian antara *demi-hull* lambung kapal *Catamaran*. *Centerbulb* berguna dalam hal dinamika bertujuan untuk mengurangi hambatan gelombang yang terjadi di *demi-hull* kapal *Catamaran* [7].



Gambar 1. Kapal Katamaran yang Dipasangi *Centerbulb*

### 2.2 Penggunaan *Fin* pada *Centerbulb*

Pada penelitian yang telah dilakukan, sepasang *fin* berbentuk pipih memanjang yang diaplikasikan pada *centerbulb* memiliki pengaruh pada hambatan, dan *vertical motion* pada kapal katamaran tersebut. Hasil penelitian menunjukkan nilai heave motion dan pitch motion lebih baik pada semua variasi kecepatan yang dilakukan dalam pengujian serta nilai koefisien hambatan sisa yang lebih kecil dibandingkan tanpa pengaplikasian *fin* pada *centerbulb* [8].



Gambar 2. Pengaplikasian *fin* pada *centerbulb*

### 2.3 *Seakeeping*

*Seakeeping* adalah gerakan yang dipengaruhi oleh gaya-gaya luar yang disebabkan oleh kondisi air laut. Faktor luar yaitu iklim yang tidak mendukung dan mengakibatkan gelombang besar.

Dalam kajian olah gerak kapal, gerakan yang ditinjau adalah gerakan yang hanya mampu direspon oleh kapal, yaitu rolling, heaving, pitching [9].

### 2.4 Response Amplitudo Operator (RAO)

Respon gerakan kapal terhadap gelombang regular dinyatakan dalam RAO (Response Amplitudo Operator), dimana RAO adalah rasio antara amplitudo gerakan kapal (baik translasi maupun rotasi) terhadap amplitudo gelombang pada frekuensi tertentu.

Respon gerakan RAO untuk gerakan translasi merupakan perbandingan langsung antara amplitudo gerakan kapal ( $Z_0$ ) dengan amplitudo gelombang ( $\zeta_0$ ) (keduanya dalam satuan panjang) :

$$RAO = \frac{Z_0}{\zeta_0} \text{ (m/m)} \quad (1)$$

Pada kenyataannya, gelombang di laut adalah gelombang acak sehingga respon kapal terhadap gelombang regular yang dinyatakan dalam RAO tidak dapat menggambarkan respon kapal pada keadaan sesungguhnya di laut. Untuk mendapatkan respon gerakan kapal terhadap gelombang acak dapat digambarkan dengan spektrum respon <sup>[10]</sup>.

Spektrum respon didapatkan dengan mengalikan spectrum gelombang ( $S_\zeta$ ) dengan RAO2 :

$$S_{\zeta r}(\omega) = RAO^2 \times S_\zeta(\omega) \quad (2)$$

## 2.5 Gerak Vertikal (*Vertical Motion*)

*Vertical motion* di setiap titik sepanjang kapal di atas gelombang regular adalah gerakan harmonik sederhana. Gerakan vertikal di Centre of Gravity (CG) di kapal dinotasikan dengan <sup>[11]</sup>:

$$Z_b = Z + \zeta \sin\theta \quad (3)$$

dimana :

$Z$  = Gerakan *heaving* (m)

$\zeta$  = Jarak antara CG ke titik b pada haluan

$\theta$  = Gerakan *pitching* (rad)

## 2.6 Spektrum Gelombang

Adapun spektrum gelombang yang digunakan dalam penelitian ini adalah Bretschneider atau ITTC dengan menggunakan dua parameter, yaitu tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) dan periode rata-rata ( $T_{av}$ ) <sup>[10]</sup>.

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

dimana :

$\omega$  = Frekuensi gelombang (rad/s)

$$A = 172,75 \frac{H_s^2}{T_{av}^4}$$

$$B = \frac{691}{T_{av}^4}$$

Spektrum gelombang ( $S_w$ ) yang dihasilkan dari persamaan (4) sangat bergantung pada nilai frekuensi gelombang. Akibat pengaruh kecepatan kapal dan sudut datang gelombang, maka frekuensi gelombang insiden ( $\omega_w$ ) akan berubah menjadi frekuensi gelombang papasan atau *ecounterering wave frequency* ( $\omega_e$ ). Gelombang papasan inilah yang digunakan untuk membuat spectrum gelombang papasan ( $S_e$ ). Untuk dapat menghitung

frekuensi gelombang papasan dapat menggunakan :

$$\omega_e = \left(1 - \frac{\omega V}{g} \cos \mu\right) \quad (5)$$

dimana :

$\omega_e$  = Frekuensi gelombang papasan (rad/s)

$\omega$  = Frekuensi gelombang (rad/s)

$V$  = Kecepatan kapal (m/s)

$g$  = Percepatan gravitasi (9,81 m/s<sup>2</sup>)

## 2.7 Root Mean Square(RMS)

RMS merupakan luasan di bawah kurva spectrum respon yang dinyatakan dalam  $m_0$  <sup>[10]</sup>.

$$m_0 = \int_0^\infty S_{\zeta r}(\omega) d\omega \quad (6)$$

Jika nilai akar kuadrat atau RMS dari masing-masing amplitude gerakan ( $\zeta$ ) dinyatakan dalam  $\sqrt{m_0}$ , maka untuk mendapatkan nilai rata-rata amplitudo dinyatakan dalam persamaan :

$$(\zeta)_{av} = 1,253 \sqrt{m_0} \quad (7)$$

Kemudian untuk mendapatkan amplitude signifikan atau disebut dengan rata-rata dari 1/3 amplitudo tertinggi dinyatakan dalam persamaan :

$$(\zeta)_s = 2 \sqrt{m_0} \quad (8)$$

Sedangkan luasan spectrum respon kecepatan dan percepatan yang dinyatakan dalam  $m_2$  dan  $m_4$  .

$$m_2 = \int_0^\infty \omega^2 S_{\zeta r}(\omega) d\omega \quad (9)$$

$$m_4 = \int_0^\infty \omega^4 S_{\zeta r}(\omega) d\omega \quad (10)$$

RMS kecepatan dan percepatan dari setiap gerakan tersebut dinyatakan dalam  $\sqrt{m_2}$  dan  $\sqrt{m_4}$  . Selanjutnya metode untuk menghitung kecepatan dan percepatan rata-rata maupun signifikan dapat menggunakan persamaan (9) dan (10) dengan mengganti nilai RMS nya.

Adapun kriteria dalam melakukan penelitian ini peneliti menggunakan kriteria yang berdasarkan Rules General Operability Limiting Criteria for Ship (NORDFORSK, 1987).

Tabel 1. Rules General Operability Limiting Criteria for Ship (NORDFORSK, 1987).

General Operability Limiting Criteria for Ships (NORDFORSK, 1987)			
Description	Merchant Ships	Navy Vessels	Fast Small Craft
RMS of vertical acceleration at FP	0.275 g ( $L \leq 100$ m) 0.050 g ( $L \geq 330$ m)	0.275 g	0.65 g
RMS of vertical acceleration at Bridge	0.15 g	0.20 g	0.275 g
RMS of lateral acceleration at Bridge	0.12 g	0.10 g	0.10 g
RMS of Roll	6.0 deg	4.0 deg	4.0 deg
Probability of Slamming	0.03 ( $L \leq 100$ m) 0.01 ( $L \geq 300$ m)	0.03	0.03
Probability of Deck Wetness	0.05	0.05	0.05

Beam Over All (BOA)	9,90 m
Service Speed (Vs)	20 knots

## 2.8 Hambatan Kapal

Kapal yang bergerak maju diatas gelombang akan mengalami suatu perlawanan yang disebut hambatan. Berdasarkan pada proses fisiknya, [12] mengemukakan bahwa hambatan pada kapal yang bergerak di permukaan air terdiri dari dua komponen utama yaitu tegangan normal (nomal stress) dan tegangan geser (tangential stress). Tegangan normal berkaitan dengan hambatan gelombang (wave making) dan tegangan viskos. Sedangkan tegangan geser disebabkan oleh adanya viskositas fluida. Kemudian Hambatan disederhanakan lagi dengan komponen hambatan dalam dua kelompok utama yaitu hambatan viskos (viscous resistance) dan hambatan gelombang (wave resistance) [13].

## 2.9 Computational Fluid Dynamics (CFD)

Computational Fluid Dynamics (CFD) merupakan salah satu cabang dari mekanika fluida yang menggunakan metode numerik dan algoritma untuk menyelesaikan dan menganalisa permasalahan yang berhubungan dengan aliran fluida. Tujuan dari CFD adalah untuk memprediksi secara akurat tentang aliran fluida, perpindahan panas, dan reaksi kimia dalam sistem yang kompleks, yang melibatkan satu atau semua fenomena di atas

Computational fluid dynamics terdiri dari tiga elemen utama yaitu:

- Pre Processor
- Solver Manager
- Post Processor

Computational fluid dynamic tidak sepenuhnya dapat menggantikan pengukuran secara eksperimen, tetapi jumlah dan biaya eksperimen yang dilakukan dapat berkurang. Terdapat tiga hal yang merupakan alasan kuat dalam penggunaan CFD, yakni: insight, foresight, dan efficiency.

- Insight – pemahaman mendalam
- Foresight – prediksi menyeluruh
- Efficiency – efisiensi waktu dan biaya

## 3 METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Materi Penelitian

#### 1. Data Primer

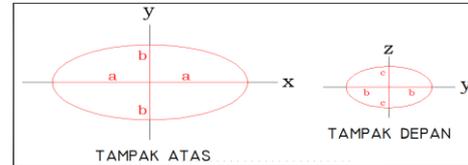
Pada penelitian ini akan dipakai kapal katamaran, Berikut data ukuran utama kapal :

Tabel 2. Data Ukuran Utama Kapal

Data Ukuran Utama Kapal	
Length of Waterline(LWL)	22,50 m
Draft(T)	1,00 m
Height(H)	2,50 m
Beam Hull(B)	2,75 m

#### 2. Data Sekunder

Data sekunder diperoleh dari (jurnal dan data yang didapat pada penelitian sebelumnya). Untuk memperoleh spesifikasi centerbulb yang sesuai dengan kapal yang diinginkan, digunakan metode perbandingan terhadap Pricipal Dimension.



Gambar 3. Geometri Centerbulb

Speifikasi centerbulb:

a(m)	: 1,26
b(m)	: 0,66
c(m)	: 0,24

- Ukuran fin yang digunakan untuk panjang yaitu 70% dari panjang centerbulb, kemudian lebar fin yang digunakan 1 cm.
- Variasi ada pada lebar fin serta jumlah fin centerbulb seperti table di bawah ini:

No Model	Jumlah Fin	Ukuran Lebar Fin	Tabel 3. Data variasi fin centerbulb
1	2	25%	
2	3	25%	
3	4	25%	
4	5	25%	
5	6	25%	
6	7	25%	
7	2	50%	
8	3	50%	
9	4	50%	
10	5	50%	
11	6	50%	
12	7	50%	

### 3.2 Parameter Penilitan

Penelitian ini difokuskan pada variasi geometri lunas bilga menggunakan beberapa parameter. Penelitian ini disimulasikan untuk mendapatkan model baru dengan performa kapal

yang paling baik. Parameter yang digunakan adalah sebagai berikut:

A. Parameter tetap

- Dimensi properties dari lambung kapal antara lain :
  - LengthOver All (LOA) (m)
  - Length Of Perpendicular (LPP) (m)
  - Breadth (B) (m)
  - Breadth Hull(BH) (m)
  - Draft (T) (m)
- Tinggi Gelombang Signifikan (Hs) yang digunakan yaitu 0,5 m, (sesuai dengan karakteristik tinggi gelombang di kepulauan seribu) dengan periode rata-rata (Tav) yaitu 2,733 [1] detik.

B. Parameter peubah

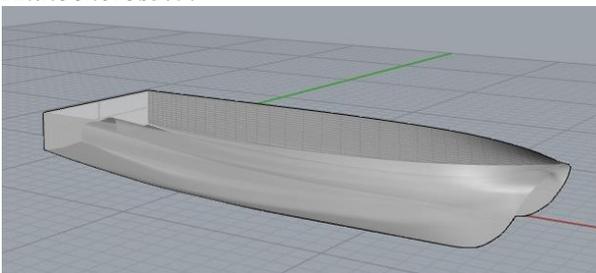
- Kecepatan Kapal = 10 ;12 ;14 ;16 ;18 ;20 ;22 ;24 Knot
- Lebar *fin centerbulb* yang dipakai yaitu sebesar 25% dan 50% dari diameter *centerbulb* yaitu : 0,33 m dan 0,66 m.
- Jumlah *fin* ang diggunakan : 2 ;3 ;4 ;5 ;6 ;7
- Arah gelombang yang ditinjau adalah gelombang dari sudut 180°.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengolahan Data

4.1.1. Desain Model Badan Kapal

Dari data pada metodologi dibuat permodelan badan kapal dengan bantuan *software Rhinocheros5.0*:

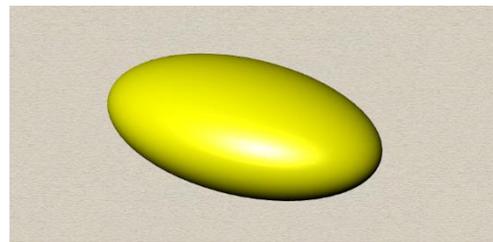


Gambar 4. Permodelan kapal original dengan *Rhinocheros*.

Hasil permodelan Kemudian diskala 1:1 dan 1:100 yang kemudian di *ekspor* kedalam bentuk *file .iges* kemudian dibuka di *software ansys aqua 18.1* dan *tydy 12.2.3.0*.

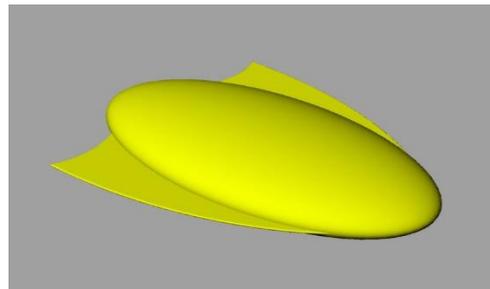
4.1.1. Desain Model *Centerbulb*

Setelah mendapatkan ukuran utama *centerbulb*, kita dapat membuat modelnya menggunakan *software Rhinoceros 5.0* untuk mendapatkan gambar 3D.



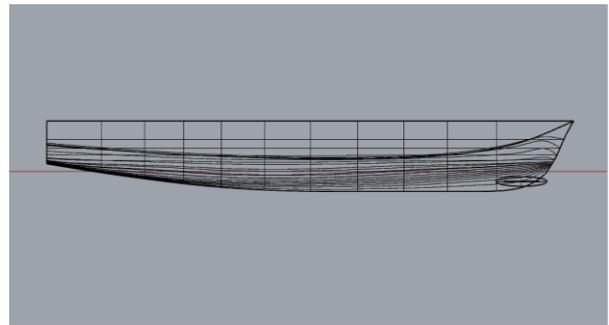
Gambar 5. Pembuatan *Centerbulb Software Rhinoceros 5.0*

Kemudian *centerbulb* tersebut dipasang *fin* pada badan *centerbulb*, untuk panjang yang digunakan yaitu 70% dari panjang *centerbulb* dan tebalnya 1 cm.

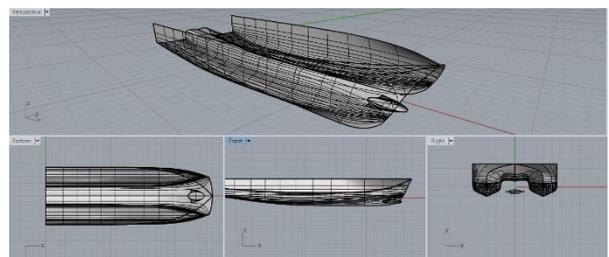


Gambar 6. Pembuatan *Fin pada Centerbulb Software Rhinoceros 5.0*

Setelah itu *Centerbulb* yang telah jadi bisa diintegrasikan dengan kapal yang telah dibuat di *software Rhinoceros 5.0*.



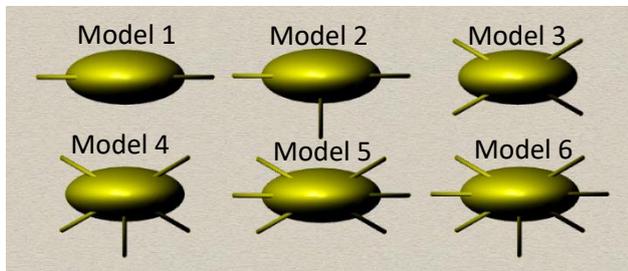
Gambar 7. Peletakan *Centerbulb* Pada Kapal (1/2T pada FP Kapal)



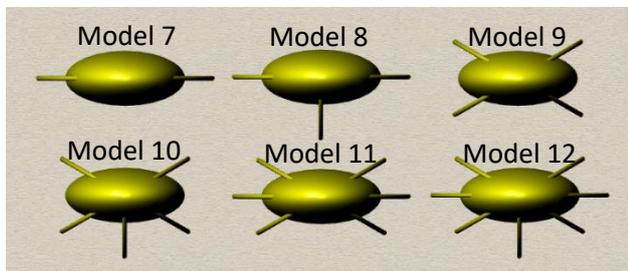
Gambar 8. Contoh 3d model dengan variasi 2 *fin* kecil *centerbulb*

#### 4.1.2. Variasi Jumlah dan Lebar *Fin Centerbulb*

Variasi jumlah *fin* ada dalam 6 jumlah *fin* dimulai dari 2,3,4,5,6, dan 7 yang dipasang memanjang pada badan *centerbulb*. Selain itu dilakukan juga dua variasi ukuran lebar *fin centerbulb*, yaitu 25% dan 50% dari diameter terlebar *centerbulb* yaitu 0,33 m dan 0,66 m. Maka variasi dari jumlah dan lebar *fin centerbulb* seluruhnya sebanyak 12 model.



Gambar 9. Variasi Jumlah dan Lebar *Fin* 0,33 m (Model 1,2,3,4,5,6)



Gambar 10. Variasi Jumlah dan Lebar *Fin* 0,66 m (Model 7,8,9,10,11,12)

#### 4.2 Analisis Olah Gerak Kapal

Pada penelitian ini perhitungan olah gerak kapal dilakukan menggunakan *software Ansys AQWA*. Program ini merupakan salah satu perangkat lunak yang mempunyai kemampuan untuk menganalisis *seakeeping performance* diantara beberapa *software* komersial yang telah ada. Analisis olah gerak dihitung dengan menggunakan metode *Hydrodynamic Diffraction* dengan 8 variasi kecepatan yaitu pada *froude number* 0,35 ; 0,42 ; 0,49 ; 0,56 ; 0,63 ; 0,69 ; 0,76 ; dan 0,83 pada sudut *heading* 180°.

Hasil analisa olah gerak ini berupa *Response Amplitudo Operator* (RAO) untuk *heave* dan *pitch*.

Pada kenyataannya, gelombang di laut adalah gelombang acak sehingga respon kapal terhadap gelombang reguler yang dinyatakan dalam RAO tidak dapat menggambarkan respon kapal pada keadaan sesungguhnya di laut. Untuk mendapatkan respon gerakan kapal terhadap gelombang acak dapat digambarkan dengan spektrum respon. Spektrum respon didapatkan dengan mengalikan

spektrum gelombang<sup>[10]</sup>. Untuk perairan laut jawa, data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) 0.5 m.

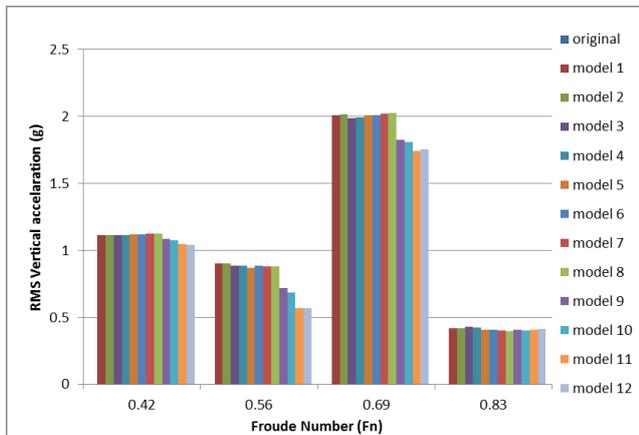
Berdasarkan analisa yang dilakukan menggunakan *software ansys aqua 18.1* didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 4. Nilai RMS *Vertical accelaration* dengan variasi *fin centerbulb* Fn 0,42 – Fn 0,83

Model	RMS vertical accelartion ( g)				kriteria standard
	Froude Number 0.42	0.56	0.69	0.83	
original	0.5330	0.5577	0.5983	0.6037	0.65
model 1	0.5389	0.5627	0.6103	0.6062	0.65
model 2	0.5389	0.5627	0.6103	0.6062	0.65
model 3	0.5389	0.5627	0.6102	0.6063	0.65
model 4	0.5389	0.5627	0.6102	0.6063	0.65
model 5	0.5390	0.5626	0.6103	0.6062	0.65
model 6	0.5390	0.5627	0.6103	0.6062	0.65
model 7	0.5390	0.5626	0.6104	0.6061	0.65
model 8	0.5390	0.5626	0.6104	0.6061	0.65
model 9	0.5388	0.5617	0.6092	0.6062	0.65
model 10	0.5387	0.5615	0.6091	0.6061	0.65
model 11	0.5386	0.5609	0.6087	0.6062	0.65
model 12	0.5386	0.5609	0.6088	0.6062	0.65

Tabel 5. Selisih *Vertical accelaration* Kapal dengan Variasi *Fin* pada *Centerbulb* Fn 0,42 – Fn 0,83

Model	Selisih RMS <i>Vertical accelaration</i> (%)			
	Froude Number 0.42	0.56	0.69	0.83
original	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
model 1	1.1145	0.9005	2.0115	0.4180
model 2	1.1142	0.9004	2.0130	0.4168
model 3	1.1125	0.8879	1.9896	0.4273
model 4	1.1121	0.8875	1.9906	0.4262
model 5	1.1185	0.8680	2.0086	0.4066
model 6	1.1180	0.8875	2.0088	0.4068
model 7	1.1248	0.8815	2.0221	0.3999
model 8	1.1235	0.8783	2.0264	0.3952
model 9	1.0864	0.7191	1.8265	0.4068
model 10	1.0768	0.6840	1.8104	0.3993
model 11	1.0456	0.5706	1.7434	0.4065
model 12	1.0440	0.5662	1.7516	0.4114



Gambar 11. Nilai RMS Vertical acceleration dengan variasi fin centerbulb Fn 0,42 – Fn 0,83

Dari tabel di atas kita dapat melihat bahwa penambahan variasi Fin pada centerbulb tidak dapat mengurangi kriteria seakeeping karena terjadi kenaikan pada vertical acceleration di setiap Fn-nya dengan kenaikan paling besar pada model 8 Fn 0,69 sebesar 2,0264% tetapi hasil secara keseluruhan masih memenuhi standard kriteria yang berdasarkan Rules General Operability Limiting Criteria for Ship (NORDFORSK, 1987).

#### 4.3 Validasi Hambatan Kapal Tanpa Variasi

Analisa hambatan menggunakan skala perbandingan antara model dan prototype yaitu 1:100. Perhitungan hambatan kapal Catamaran menggunakan Molland. Untuk menghitung Ct Catamaran. Persamaan empiris untuk menghitung hambatan total adalah :

$$RT = \frac{1}{2} \cdot WSA \cdot v^2 \cdot \rho \cdot Ct \quad (11)$$

$R_t$  = Hambatan Total (N)  
 $WSA$  = Watted Surface Area (m<sup>2</sup>)  
 $V$  = Kecepatan (m/s)  
 $\rho$  = Massa Jenis Air Laut (1025 kg/m<sup>3</sup>)  
 $C_t$  = Koefesien Hambatan Total

Kemudian perhitungan Hambatan menggunakan persamaan empiris sebelumnya dibandingkan dengan hasil runningan dari Tdyn. Hasilnya sebagai berikut :

Tabel 6. Validasi Hambatan Total Kapal Tanpa Lunas Bilga

Fn	v (m/s)	RT Empiris (N)	RT Simulasi CFD (N)	Error (%)
0,52	0.772	0.0372	0.0365	1.813%

#### 4.4 Analisa Koefisien Hambatan Kapal dengan Variasi Fin pada Centerbulb

Dalam simulasi numerik pada Computational Fluid Dynamic Tdyn 12.2.3.0 ini nilai hambatan dapat dilihat setelah melakukan running data pada menu "Force on Boundaries". Berikut hasil simulasi analisis hambatan :

Tabel 7. Nilai Hambatan Total Kapal dengan Variasi Fin pada Centerbulb Fn 0,35 – Fn 0,83

Model	Hambatan Total (KN)				
	Froude Number				
	0.35	0.42	0.56	0.69	0.83
original	13.57	21.13	41.17	59.67	78.31
model 1	10.73	16.93	35.70	54.58	70.83
model 2	10.88	17.32	36.52	54.94	70.53
model 3	11.93	18.84	37.10	55.67	72.83
model 4	11.82	18.57	36.97	55.62	72.51
model 5	11.80	18.52	38.00	57.35	75.28
model 6	11.97	18.69	37.73	56.65	73.67
model 7	11.65	18.16	36.83	55.77	72.23
model 8	12.92	19.30	39.21	59.65	77.15
model 9	13.45	21.07	41.22	59.54	77.81
model 10	13.52	21.05	40.97	59.16	78.04
model 11	13.48	21.05	41.00	59.59	78.55
model 12	13.55	21.09	41.36	59.23	77.84

Tabel 8. Nilai Hambatan Viscous Kapal dengan Variasi Fin pada Centerbulb Fn 0,63 – Fn 0,83

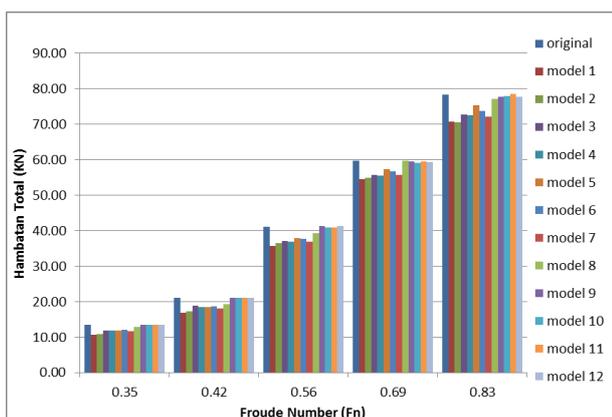
Model	Hambatan Viscous (KN)				
	Froude Number				
	0.35	0.42	0.56	0.69	0.83
original	11.43	15.86	26.44	38.79	53.78
model 1	11.06	15.27	25.38	37.05	50.63
model 2	11.17	15.42	25.60	37.32	50.91
model 3	11.32	15.65	25.99	38.13	52.21
model 4	11.32	15.64	25.96	38.00	52.11
model 5	11.39	15.74	26.23	38.47	52.81
model 6	11.35	15.69	26.11	38.23	52.22
model 7	11.17	15.40	25.49	37.19	50.77
model 8	11.01	14.97	24.41	35.39	48.33
model 9	11.42	15.88	26.46	38.79	53.74
model 10	11.42	15.86	26.43	38.75	53.75
model 11	11.42	15.86	26.43	38.79	53.83
model 12	11.43	15.86	26.46	38.78	53.74

Tabel 9. Nilai Hambatan Gelombang Kapal dengan Variasi Fin pada Centerbulb Fn 0,35 – Fn 0,83

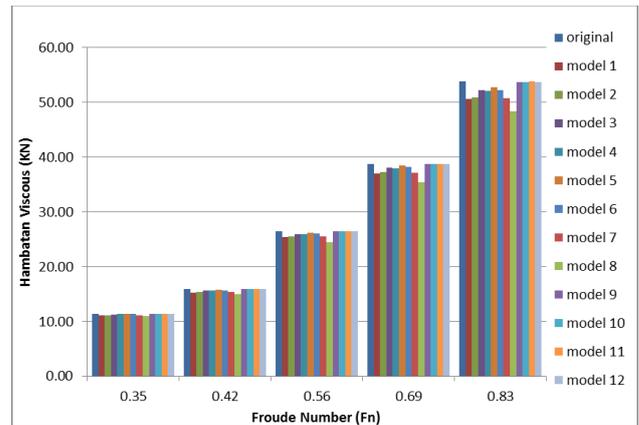
Hambatan Gelombang (KN)					
Model	Froude Number				
	0.35	0.42	0.56	0.69	0.83
original	2.14	5.27	14.73	20.88	24.54
model 1	0.33	1.65	10.33	17.53	20.21
model 2	0.29	1.90	10.92	17.62	19.62
model 3	0.61	3.19	11.11	17.54	20.62
model 4	0.50	2.94	11.01	17.62	20.40
model 5	0.41	2.77	11.77	18.88	22.47
model 6	0.62	2.99	11.62	18.42	21.45
model 7	0.49	2.76	11.34	18.58	21.46
model 8	1.92	4.33	14.79	24.26	28.82
model 9	2.03	5.19	14.76	20.75	24.07
model 10	2.10	5.19	14.54	20.41	24.29
model 11	2.06	5.19	14.56	20.80	24.72
model 12	2.13	5.23	14.90	20.46	24.10

Tabel 10 Selisih Hambatan Total Kapal dengan Variasi Fin pada Centerbulb Fn 0,35 – Fn 0,83

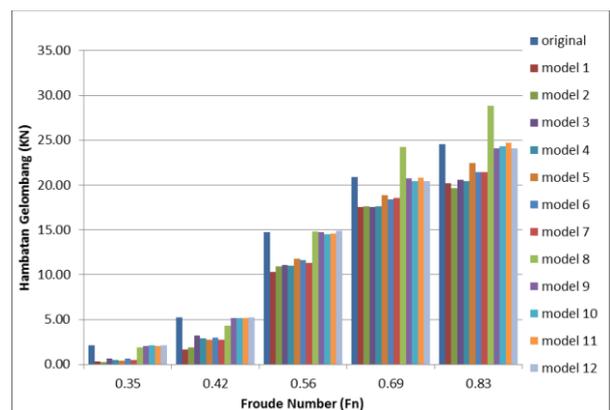
Selisih Hambatan Total					
Model	Froude Number				
	0.35	0.42	0.56	0.69	0.83
original	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
model 1	-20.91%	-19.89%	-13.28%	-8.54%	-9.55%
model 2	-12.10%	-10.85%	-9.90%	-6.70%	-7.01%
model 3	-13.06%	-12.37%	-7.71%	-3.89%	-3.88%
model 4	-14.10%	-14.05%	-10.54%	-6.54%	-7.77%
model 5	-0.86%	-0.31%	0.11%	-0.22%	-0.64%
model 6	-0.63%	-0.40%	-0.43%	-0.14%	0.30%
model 7	-19.78%	-18.06%	-11.31%	-7.93%	-9.94%
model 8	-12.88%	-12.11%	-10.21%	-6.80%	-7.41%
model 9	-11.77%	-11.57%	-8.37%	-5.06%	-5.93%
model 10	-4.74%	-8.68%	-4.78%	-0.03%	-1.49%
model 11	-0.32%	-0.41%	-0.49%	-0.86%	-0.36%
model 12	-0.10%	-0.19%	0.45%	-0.74%	-0.60%



Gambar 12. Grafik Hambatan Total Kapal dengan Variasi Fin pada Centerbulb Fn 0,35 – Fn 0,83



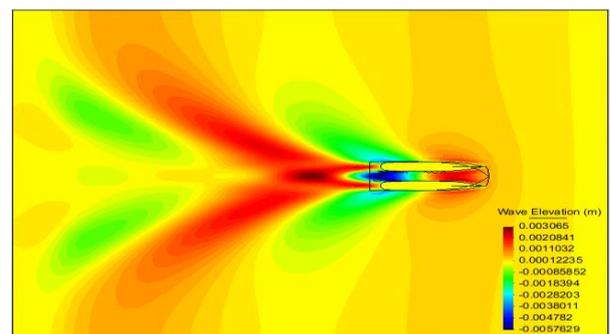
Gambar 13. Grafik Hambatan Viscous Kapal dengan Variasi Fin pada Centerbulb Fn 0,35 – Fn 0,83

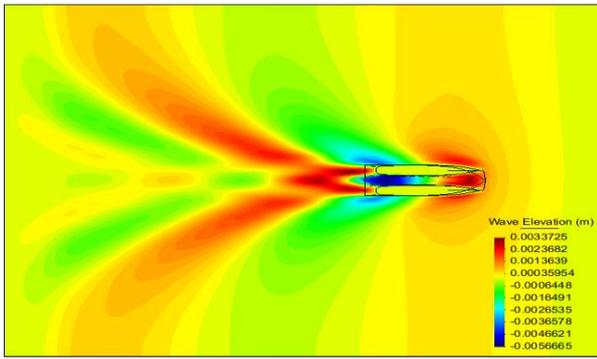


Gambar 14. Grafik Hambatan Gelombang Kapal dengan Variasi Fin pada Centerbulb Fn 0,35 – Fn 0,83

Dari Tabel 10 diperoleh nilai hambatan total dari seluruh konfigurasi model. Konfigurasi model Variasi Fin pada Centerbulb rata-rata dapat mengurangi hambatan total pada setiap Fn.

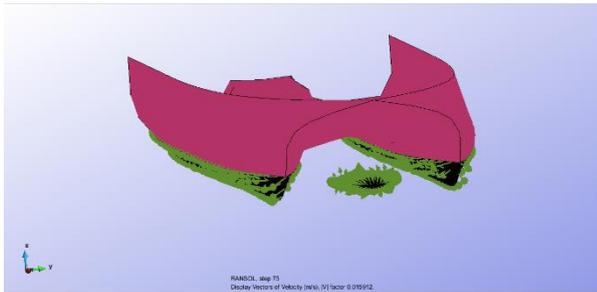
Berdasarkan perhitungan dengan analisis CFD diketahui bahwa model 1 yaitu penambahan 2 Fin pada centerbulb pada Fn 0,35 mempunyai efektifitas pengurangan hambatan total mencapai -20,91% sedangkan pada kecepatan dinas kapal dengan Fn 0,69 Hambatan berkurang paling besar pada model 1 sebesar -8,54%.





Gambar 15. Perbandingan *Wave Elevation* model Original dan model 1 pada  $Fn$  0,69

Pada Gambar 15 dapat kita lihat *Wave Elevation* yang terjadi pada kapal sehingga kita dapat melihat ketinggian gelombang pada kapal model original dan pada model 1.



Gambar 16. *Vector of Velocity* model 1 pada  $Fn$  0,69

Gambar 16 diatas menunjukkan arah dari aliran yang terjadi saat kapal melaju dengan kecepatan dinasnya yang terjadi pada  $Fn$  0,69.

## 5 PENUTUP

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari hasil simulasi mendapatkan bahwa penambahan variasi *Fin* pada *centerbulb* tidak cocok digunakan dalam memperbaiki kriteria seakeeping kapal karena tidak dapat mengurangi nilai vertical acceleration di setiap  $Fn$ -nya dengan kenaikan paling besar pada model 8  $Fn$  0,69 sebesar 2,0264% walaupun hasil ini sesuai dengan standard NORDFORK, 1987.
2. Nilai hambatan total yang didapat dari Variasi *Fin* pada *Centerbulb* terjadi penurunan, diketahui bahwa model 1 adalah model yang paling optimal mengurangi hambatan total dapat diperkecil hingga -20,91%, nilai ini terjadi pada *Froude Number* 0,35 sedangkan pada kecepatan dinasnya dengan  $Fn$  0,69 hambatan berkurang paling besar terjadi pada model 1 yaitu sebesar-8,54% dimana dalam hal ini

model dengan lebar *fin* 25% dari lebar *centerbulb* lebih baik dalam hal mengurangi hambatan dibandingkan dengan model dengan lebar *fin* 50% dari lebar *centerbulb*.

3. penambahan *Fin centerbulb* pada kapal katamaran dapat mengurangi hambatan dengan baik tetapi belum bisa memperbaiki karakteristik olah gerak kapal.

### 5.2. Saran

Dari analisis performa kapal telah divariasi penambahan jumlah *Fin centerbulb* pada kapal katamaran penulis menyarankan:

1. Perlu dilakukan kajian lebih lanjut terhadap biaya yang dikeluarkan dengan dilakukannya penggunaan *fin centerbulb* pada kapal katamaran.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap penggunaan tipe *centerbulb* yang mungkin dapat digantikan dengan foil agar dapat memperbaiki nilai olah gerak kapal.
3. Dalam analisa menggunakan *CFD*, sebaiknya menggunakan spesifikasi komputer yang tinggi sehingga dalam simulasi bisa menghemat waktu proses simulasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Adi dan Amiadji, "Analisa Penerapan Bulbous Bow pada Kapal Katamaran untuk Meningkatkan Efisiensi Pemakaian Bahan Bakar," *Teknik POMITS*, Vol. 3, No.1, 2013.
- [2] D. Chrismianto, . B. . A. A and Y. Sobirin, "Pengaruh Variasi Bentuk Hull Kapal Catamaran Terhadap Besar Hambatan Total Menggunakan CFD," *TEKNIK PERKAPALAN* ,vol. II, no. 2, pp. 1-8, 2014.
- [3] A. . K. Nugraha, Samuel and M. Iqbal, "Analisa Peningkatan Performa Hambatan Kapal Katamaran MV. Laganbar menggunakan Centerbulb dan Bulbous Bow dengan Metode Computation Fluid Dynamic (CFD)," *TEKNIK PERKAPALAN* , vol. V, no. 1, pp. 1-9, 2017.
- [4] D. Hermanto, Samuel and M. Iqbal, "Analisa Peningkatan Performa Seakeeping Pada Kapal Katamaran Mv. Laganbar Menggunakan Centerbulb Dan Bulbous Bow," *TEKNIK PERKAPALAN* , vol. 5, no. 1, pp. 1-8, 2017.

- [5] Y. N. Putra, P. Manik and M. Iqbal, "Analisa Pengaruh Variasi Penambahan Fin Pada Centerbulb Terhadap Hambatan Kapal Katamaran MV.Laganbar Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamic (CFD)," *TEKNIK PERKAPALAN*, vol. v, no. 3, pp. 1-10, 2017.
- [6] M. R. D. A. Kusuma, D. Chrismianto and S. Jokosisworo, "Analisa Pengaruh Posisi Foil Terhadap Gaya Angkat dan Hambatan Pada Kapal Catamaran Menggunakan Metode CFD," *TEKNIK PERKAPALAN*, vol. V, no. 4, pp. 1-10, 2017.
- [7] Danisman, Devrim Bulent, "Reduction Of Demi Hull Wave Interference Resistance in Fast Displacement Catamarans Utilizing an Optimized Centerbulb Concept," Istanbul Technical University of Naval Architecture : Turkey, 2014
- [8] I. Zotti, "Medium Speed Catamaran With Large Central Bulbs : Experimental Investigation on Resistance and Vertical Motions," In Proceedings of ICMRT'07, 167–74. Ischia, Naples, Italy, 2007
- [9] F.B, Robert, "Motion In Waves and Controllability," Principles of Naval Architecture Volume III, The Society of Naval Architects and Marine Engineers, USA, 1988
- [10] M. Iqbal and G. Rindo, "Optimasi bentuk demihull kapal katamaran untuk meningkatkan kualitas seakeeping," *Kapal*, vol. 12, pp. 19–24, 2015
- [11] Bhattacharyya, R. , " Dynamic of Marine Vehicles," New York, United State of America, 1972
- [12] Couser, P R, Molland, A F, Armstrong N and Utama, I K A P, "Calm Water Powering Predictions for High Speed Catamarans," Procs. Of International Conference on Fast Sea Transportation, FAST 1997, Sydney, 21-23 July, 1997
- [13] Molland, A.F., " A Guide to Ship Design, Construction and Operation," Butterworth - Heinemann : Elsevier, 2008