

# PENGARUH POSISI *CENTERBULB* BERBENTUK FOIL TERHADAP KOMPONEN HAMBATAN KAPAL IKAN KATAMARAN MV. LAGANBAR

Muhammad Iqbal\*, Parlindungan Manik\*, Eko Sasmito Hadi\*, and Achmad Kurniawan\*

\* Diponegoro University  
Department of Naval Architecture  
Jl. Prof. Soedarto, SH – Tembalang, Semarang 50275, Indonesia  
E-mail: m\_iqbal@live.undip.ac.id

## Abstrak

Kapal katamaran adalah kapal berlambung ganda yang mempunyai banyak keunggulan dibandingkan kapal berlambung tunggal dengan displasemen yang sama. Untuk meningkatkan hasil tangkapan, para nelayan di Cilacap melakukan konversi salah satu kapal dari semula lambung tunggal dengan cadik menjadi katamaran. Displasemen kapal meningkat 2 kali lipat. Namun hambatan kapal meningkat hingga hampir 4 kali lipat. Untuk mengurangi hambatan kapal katamaran beberapa peneliti menggunakan konsep *centerbulb*. Pada penelitian ini, bentuk *centerbulb* yang digunakan bentuk foil. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh posisi *centerbulb* terhadap komponen hambatan kapal dengan membandingkan 9 posisi *centerbulb*. Hasil penelitian menyatakan bahwa dari kesembilan konfigurasi posisi *centerbulb*, Model 6, posisi memanjang *centerbulb* 4,5 m dan posisi vertikal 0,35 m, merupakan model terbaik karena pada Fr (Froude Number) 0,35 dapat mengurangi hambatan kapal hingga 33%. Untuk komponen hambatan viskos tidak terlalu terpengaruh secara signifikan terhadap penggunaan *centerbulb*. Namun pada komponen hambatan gelombang, penggunaan *centerbulb* ini dapat mengurangi hambatan gelombang sebesar 47% pada Fr 0,35.

**Kata kunci:** Hambatan, Katamaran, *Centerbulb*, Foil, CFD

## Abstract

*Catamarans are double hull ships which have many advantages over single hull ships with the same displacement. To increase catches, fishermen in Cilacap converted ships from the original single hull with outrigger to double hull (catamaran). Displacement of ships has doubled. But the ship's resistance increased to almost 4 times. To reduce the resistance of catamarans, some researchers use the concept of centerbulb. In this study, the centerbulb form used foil. The purpose of this study was to determine the effect of centerbulb position on ship resistance components by comparing 9 centerbulb positions. The results stated that of the nine centerbulb position configurations, Model 6, longitudinal position of 4,5 m and vertical position of 0.35 m, is the best model because at Fr (Froude Number) 0.35 it can reduce ship resistance by up to 33%. For the viscous resistance component it is not significantly affected by the use of the centerbulb. But on the wave resistance component, the use of this centerbulb can reduce wave resistance by 47% at Fr 0.35.*

**Keywords:** Resistance, Catamaran, *Centerbulb*, Foil, CFD

## 1. Introduction

Kapal katamaran adalah kapal berlambung ganda yang mempunyai banyak keunggulan dibandingkan kapal berlambung tunggal dengan displasemen yang sama. Diantara keunggulan tersebut adalah kapal katamaran mempunyai geladak yang luas sehingga desainer lebih leluasa dalam menata ruang akomodasi kapal. Selain itu kapal katamaran mempunyai stabilitas kapal yang baik sehingga kapal katamaran

lebih aman dan nyaman bagi penumpang [1, 2].

Di Indonesia, hampir seluruh kapal ikan tradisional menggunakan lambung tunggal (*monohull*). Untuk meningkatkan hasil tangkapan, para nelayan di Cilacap melakukan konversi salah satu kapal nelayan tradisional yang bernama Laganbar dari semula lambung tunggal dengan cadik menjadi katamaran. Dalam mengkonversi kapal tersebut, nelayan Cilacap mempertahankan nilai sarat kapal (T) sehingga

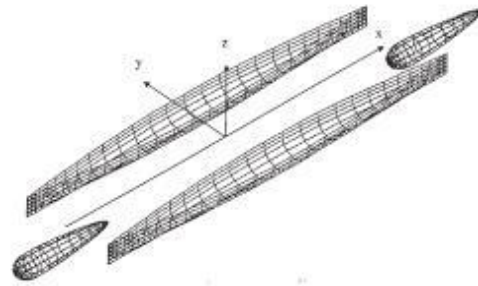
displasemen kapal meningkat 2 kali lipat. Namun, berdasarkan hasil penelitian [3] peningkatan displasemen tersebut harus dibayar dengan peningkatan hambatan hingga hampir 4 kali lipat. Tentunya hal ini menjadi kabar buruk bagi para nelayan karena kebutuhan konsumsi bahan bakar kapal mereka juga meningkat.

Penelitian lain telah dilakukan oleh [4] untuk mengurangi hambatan kapal Laganbar yaitu dengan memodifikasi bentuk lambung demihull kapal dengan metode Luckenby. Metode tersebut mengubah bentuk CSA kapal untuk membentuk lambung kapal baru. Metode ini berhasil mengurangi hambatan total kapal sebesar 6,5%. Metode tersebut juga telah sukses digunakan [5] untuk meningkatkan kualitas olah gerak kapal katamaran.

Penelitian lain untuk mengurangi hambatan kapal katamaran telah dilakukan oleh beberapa peneliti dengan menggunakan konsep *centerbulb*. *Centerbulb* adalah bulbous (tonjolan) yang ada pada kapal katamaran yang berada diantara 2 lambung kapal katamaran (ditengah-tengah). Tujuan dari pemasangan *centerbulb* ini adalah untuk memberikan interferensi gelombang diantara 2 lambung katamaran. Ketika gelombang berinterferensi diharapkan gelombang akan pecah dan mengurangi hambatan gelombang. Selain mengurangi hambatan kapal aplikasi *centerbulb* juga dapat meningkatkan kualitas seakeeping kapal katamaran [6, 7].

Pada penelitian [8], *centerbulb* yang digunakan berukuran besar dan diletakkan pada posisi depan dan belakang seperti pada Gambar 1. Hasil penelitian tersebut memberikan rekomendasi bahwa hambatan gelombang pada kapal katamaran dengan *centerbulb* tergantung dari interaksi hambatan gelombang kapal katamaran tersebut, ukuran *centerbulb* dan posisi *centerbulb* terhadap lambung kapal katamaran.

Pada penelitian yang lain, Zotti [7] memberikan fin pada *centerbulb* untuk meneliti pengaruhnya terhadap hambatan dan olah gerak kapal (Gambar 2). Hasil penelitian tersebut adalah *centerbulb* dengan fin mengurangi hambatan kapal pada  $Fr > 0,3$  dan meningkatkan hambatan pada  $Fr < 0,3$ . Puncak kurva RAO dari heaving dan pithing *centerbulb* dengan fin menjadi turun dibandingkan dengan katamaran tanpa *centerbulb*. Hal ini mengindikasikan *centerbulb* dengan fin memberikan dampak positif terhadap olah gerak kapal.



Gambar 1. *Centerbulb* Pada Kapal katamaran Saha et. al. [8]



(a)



(b)

Gambar 2. *Centerbulb* Pada Kapal Katamaran Zotti [7].

(a) Bentuk *Centerbulb* Menggunakan Fin. (b) Bentuk *Centerbulb* Menggunakan Fin Ketika Dipasang di Kapal Katamaran

Danisman [9] melakukan optimasi posisi dan geometri *centerbulb* yang berbentuk elipsoidal (Gambar 3). Penelitian tersebut telah berhasil mengurangi hambatan gelombang kapal sebesar 15% berdasarkan hasil perhitungan numerik dan 13% berdasarkan hasil pengujian eksperimen di towing tank. Metode Artificial Neural Networks (ANN) digunakan untuk mengoptimasi dimensi *centerbulb* yang berupa elipsoidal dan posisi *centerbulb*. Hasil penelitian ini mengurangi hambatan gelombang kapal sebesar 15% berdasarkan hasil perhitungan numerik dan 13% berdasarkan hasil pengujian eksperimen di towing tank.



Gambar 3. Pengujian Eksperimen Katamaran Tanpa (a) Dan Dengan *Centerbulb* (b) Danisman [9].

Pada penelitian ini, bentuk *centerbulb* yang berupa elipsoidal akan diganti menjadi bentuk foil. Bentuk ini diduga akan lebih mengurangi hambatan kapal karena bentuk belakang foil yang meruncing akan membuat pola aliran menjadi streamline dan tidak akan menimbulkan vortex shading atau ulekan seperti ketika aliran melewati bentuk lingkaran atau elipsoid. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh posisi *centerbulb* terhadap komponen hambatan kapal.

## 2. Metode

### Objek Penelitian

Objek dari penelitian adalah kapal ikan yang didapat dari hasil survey lapangan pada salah satu kapal katamaran nelayan tradisional di Cilacap, yaitu MV. Laganbar. Pada saat perhitungan pada software CFD model kapal diskala dengan perbandingan 1:10. Perbandingan ukuran ukuran asli dan model skala terdapat pada Tabel 1. Gambar kapal katamaran terdapat pada Gambar 4. Kecepatan kapal yang akan diuji pada penelitian ini adalah pada nilai Froude Number,  $Fr$  0,15 – 0,35.

Tabel 1. Data Ukuran Utama Kapal

Parameter	Nilai	
	Ukuran Asli	Model Skala
Panjang Garis Air (LWL)	8,90 m	0,89 m
Sarat (T)	0,50 m	0,05 m
Tinggi (H)	0,80 m	0,08 m
Lebar Demi Hull (B)	1,10 m	0,11 m
Lebar Keseluruhan (BOA)	3,40 m	0,34 m



(a)



(b)

Gambar 4. Kapal *Catamaran* M.V. Laganbar (a) dan Model 3D Kapal (b)

### Penyesuaian *Centerbulb*

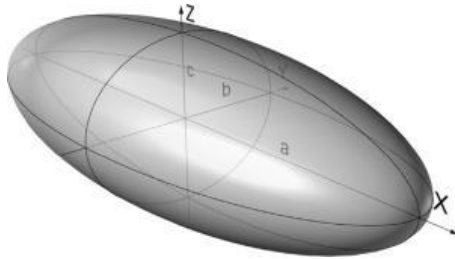
Bentuk geometri elipsoidal *centerbulb* yang ada pada kapal Danisman [9] perlu disesuaikan dengan kapal Laganbar dengan cara membandingkan panjang lebar dan tinggi *centerbulb* terhadap panjang, lebar dan sarat kapal. Adapun ukuran utama dan model kapal Danisman [9] terdapat pada Tabel 2 dan Gambar 5. Sedangkan ukuran serta perhitungan perbandingan dimensi *centerbulb* terdapat pada Tabel 3. Perbandingan tersebut digunakan untuk menentukan geometri *centerbulb* berbentuk foil.

Tabel 2. Ukuran Utama Kapal Danisman [9]

Parameter	Ukuran Asli	Model Skala
Lwl	25,25 m	2,525 m
B	2,6 m	0,26 m
T	1,4 m	0,14 m
Cb	0,41	0,41

Tabel 3. Perbandingan Dimensi *Centerbulb*

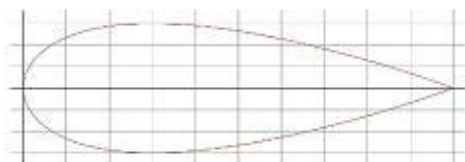
Dimensi Elipsoidal <i>Centerbulb</i> Danisman [9]	Perbandingan	Dimensi Elipsoidal <i>Centerbulb</i> Kapal Laganbar
Panjang (a) = 1,41 m	$1,41/25,25 = 0,0558$	Panjang (a) = 0,486 m
Lebar (b) = 0,62 m	$0,62/2,6 = 0,2384$	Lebar (b) = 0,241 m
Tinggi (c) = 0,34 m	$0,34/1,4 = 0,2428$	Tinggi (c) = 0,121 m



Gambar 5. Geometri Elipsoidal *Centerbulb* Danisman [9]

### Centerbulb Berbentuk Foil

Bentuk foil yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah NACA 0030. Bentuk ini adalah bentuk foil simetris yang mempunyai nilai maksimum chamber 30% dari panjang foil. Pada Tabel 3 panjang *centerbulb* untuk kapal Laganbar adalah 0,486 m, sehingga lebar dan tinggi *centerbulb* berbentuk foil adalah 30% dari 0,486 yaitu 0,1458 m. Bentuk foil NACA 0030 terdapat pada Gambar 6.



Gambar 6. Bentuk Foil NACA 0030

### Posisi *Centerbulb*

Posisi *centerbulb* divariasikan terhadap panjang dan sarat kapal. Posisi terhadap panjang kapal dibagi menjadi 3 bagian, belakang (10% Lwl) tengah (50% Lwl) dan depan (90% Lwl). Posisi terhadap sarat kapal juga dibagi menjadi 3 bagian, bawah (30 % T) tengah (50 % T) dan atas (70 % T). Penentuan posisi *centerbulb* dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 7.

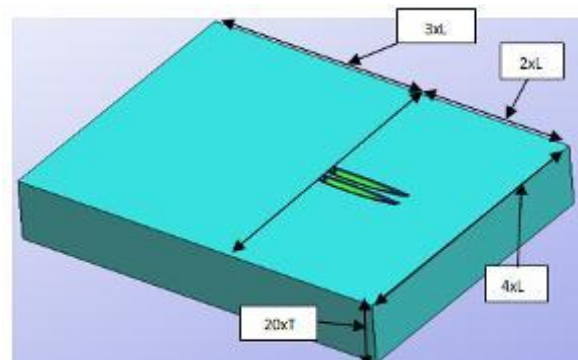
Tabel 4. Posisi *Centerbulb* (m)

Model	Posisi Memanjang (x)	Posisi Melintang (y)	Posisi Vertikal (z)
Awal	Tanpa <i>Centerbulb</i>		
1	8,1	0	0,12
2	8,1	0	0,235
3	8,1	0	0,35
4	4,5	0	0,12
5	4,5	0	0,235
6	4,5	0	0,35
7	0,9	0	0,12
8	0,9	0	0,235
9	0,9	0	0,35

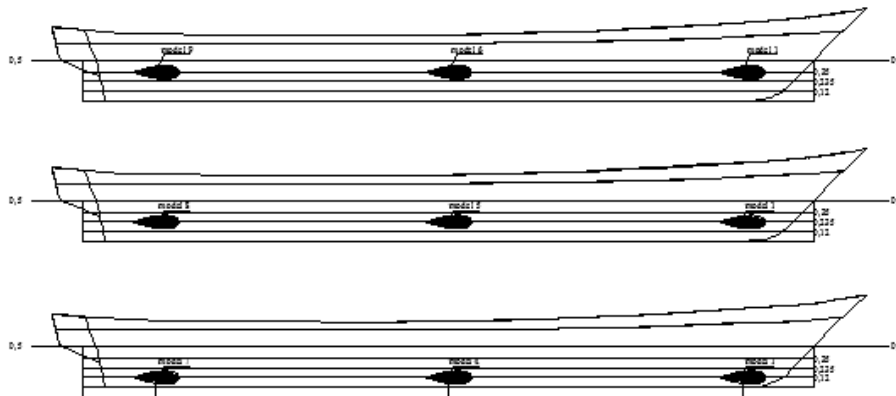
### Perhitungan Hambatan Kapal Menggunakan CFD

Software CFD yang digunakan adalah Tdyn versi 12.2.3.0. Salah satu tahap pada *pre processor* atau tahap *set up* adalah penentuan domain fluida (Gambar 8) dimana ukuran pada sumbu memanjang (x) pada bagian belakang kapal berukuran 3 x L dan di depan kapal berukuran 2 x L. Untuk sumbu melintang (y) berukuran masing-masing 2 x L pada kiri dan kanan kapal. Sedangkan sumbu vertikal (z) berukuran 20 x T (sarat kapal).

Selanjutnya adalah penentuan *Materials and Properties*, yaitu penentuan spesifikasi fluida yang akan dianalisis. Volume yang berada dalam *domain fluida* dianggap sebagai fluida dengan mengisi massa jenis air 1025 kg/m<sup>3</sup> dan kekentalan jenis 0,001025 kg/m.s. Setup selanjutnya adalah *Initial Condition Data*, yaitu pengaturan pada masing-masing *Boundary Condition* di domain fluida tersebut. Pengaturan tersebut meliputi *freesurface*, *wall*, *inlet* dan *bottom surface*, *outlet*, dan pengaturan permukaan lambung (*wall/bodies*).

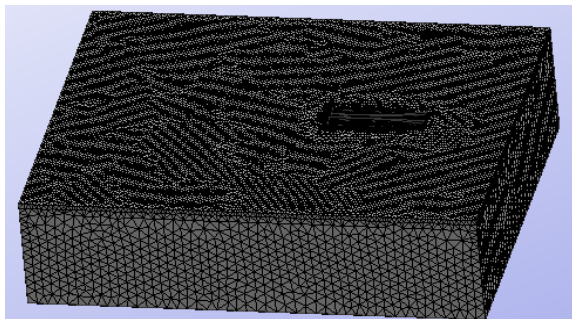


Gambar 8. *Boundary Layer* dan Model Kapal



Gambar 7. Posisi Centerbulb

Pengaturan kecepatan kapal terdapat pada menu *initial and condition data* dan submenu *initial and field data*. Input besarnya kecepatan pada sumbu x. Selanjutnya pada tahap *Modules Data* diatur pemilihan model *turbulence*. Pada penelitian ini model *turbulence* yang digunakan adalah *K\_Omega\_SST*. Tahap berikutnya adalah pembuatan *Meshing Data*. Bentuk *unstructured mesh* digunakan pada penelitian ini dengan ukuran mesh 0,01 untuk daerah kapal dibawah air, 0,05 untuk *freesurface*, 0,1 untuk seluruh komponen sisa kecuali *Centerbulb* 0,005. Hasil *mesh* dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Hasil Meshing

### Validasi Hasil Perhitungan CFD

Standar untuk menghitung hambatan total kapal terdapat pada Persamaan 1. dimana  $\rho$  adalah massa jenis air laut  $1050 \text{ kg/m}^3$ ,  $v$  adalah kecepatan kapal dalam  $\text{m/s}$ ,  $WSA$  adalah luas permukaan basah kapal dalam  $\text{m}^2$  dan  $C_T$  adalah koefisien hambatan kapal. Perbedaan komponen koefisien hambatan total ( $C_T$ ) katamaran dengan kapal *monohull* terdapat pada interferensi dari masing-masing komponen hambatan kapal yang disebabkan karena interaksi dari 2 lambung tersebut. Interferensi adalah perbandingan masing-masing komponen hambatan katamaran terhadap 2x komponen hambatan demihullnya. Interferensi dari masing-masing komponen hambatan kapal katamaran terdapat pada Persamaan 2.

$$R_T = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot WSA \cdot C_T \quad (1)$$

$$C_T = (1 + \phi k) \sigma C_f + \tau C_w \quad (2)$$

$$C_T = (1 + \beta k) C_f + \tau C_w \quad (3)$$

dimana  $\phi$  adalah interferensi hambatan bentuk,  $\sigma$  adalah interferensi hambatan viskos dan  $\tau$  adalah interferensi hambatan gelombang. Untuk tujuan praktis [10] mengkombinasikan  $\phi$  dan  $\sigma$  kedalam interferensi hambatan viskos (*viscous*), yakni faktor  $\beta$ , dimana  $(1 + \phi k) \sigma = (1 + \beta k)$  seperti pada Persamaan 3. Sedangkan faktor interferensi hambatan gelombang (*wave-making*),  $\tau$ , dapat diperoleh dari hasil eksperimen atau hasil pengurangan antara total hambatan dan hambatan viskos [11].

Jamaluddin [12] meneliti mengenai interferensi dari masing-masing komponen hambatan kapal katamaran. Hasil penelitian tersebut mendapatkan formula empiris untuk menentukan nilai masing-masing interferensi hambatan kapal katamaran. Disamping itu [12] juga memodifikasi formula Molland untuk menentukan faktor bentuk kapal katamaran  $(1 + \beta k)$  dengan menambah variabel  $S/L$ . Formula empiris hasil penelitian [12] terdapat pada Persamaan 4 – 12.

$$\phi = 0,00006(S/L) + 0,998 \quad (4)$$

$$\sigma = 1,008e^{-3(S/L)} \quad (5)$$

$$(1 + \beta k) = 3,03(L/Vol^{1/3})^{-0,4} + 0,016(S/L)^{-0,65} \quad (6)$$

$$\tau = 0,068(S/L)^{-1,38} \quad \text{Pada Fr } 0,19 \quad (7)$$

$$\tau = 0,359(S/L)^{-0,87} \quad \text{Pada Fr } 0,28 \quad (8)$$

$$\tau = 0,574(S/L)^{-0,33} \quad \text{Pada Fr } 0,37 \quad (9)$$

$$\tau = 0,790(S/L)^{-0,14} \quad \text{Pada Fr } 0,47 \quad (10)$$

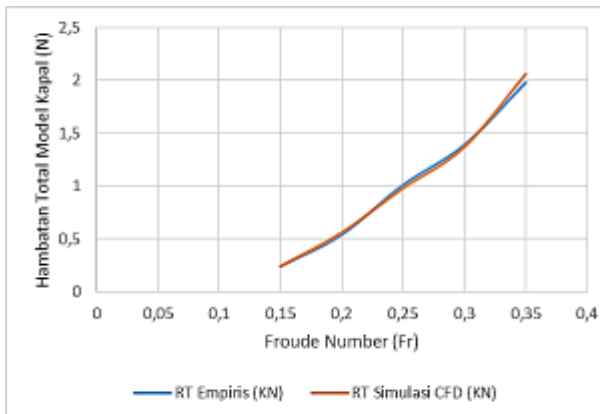
$$\tau = 0,504(S/L)^{-0,31} \quad \text{Pada Fr } 0,56 \quad (11)$$

$$\tau = 0,501(S/L)^{-0,18} \quad \text{Pada Fr } 0,65 \quad (12)$$

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### Hasil Validasi

Hasil perhitungan hambatan kapal katamaran tanpa *centerbulb* dengan metode CFD divalidasi dengan hasil perhitungan hambatan dengan metode empiris sesuai pada Persamaan 6 – 12. Validasi dilakukan untuk memastikan bahwa *set up* yang dilakukan sudah benar. Pada Gambar 10 dapat dilihat bahwa hasil CFD mempunyai kesamaan hasil dengan empiris. Error dari masing-masing kecepatan adalah 1% hingga 4% dimana error ini termasuk kecil sehingga *set up* tersebut bisa digunakan pada model model lainnya.



Gambar 10. Validasi CFD dengan Empiris

#### Pengaruh Posisi *Centerbulb* Terhadap Hambatan Total

Hasil perhitungan hambatan kapal berdasarkan *Computational Fluid Dynamic Tdyn 12.2.3.0* untuk *Froude Number* (Fr) 0,15, 0,20, 0,25, 0,30 dan 0,35 disajikan pada Tabel 5. Dari Tabel tersebut diperoleh nilai hambatan total dari seluruh konfigurasi model. Konfigurasi model masih menambah hambatan total model original pada Fr 0,15 sampai Fr 0,30. Tetapi mengurangi pada Fr 0,35. Hambatan total pada Fn 0,35 terkecil terdapat pada Model 6 (Gambar 12).

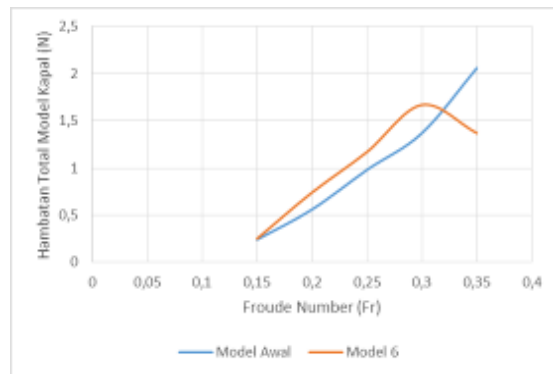
Tabel 5 dan Gambar 11 adalah grafik perbandingan hambatan total model original dengan model terbaik yaitu Model 6. Berdasarkan perbandingan tersebut

kecepatan efektif kapal dengan penambahan *centerbulb* berbentuk foil berada pada Fr 0,32 karena pada Fr tersebut hambatan total kapal berkurang.

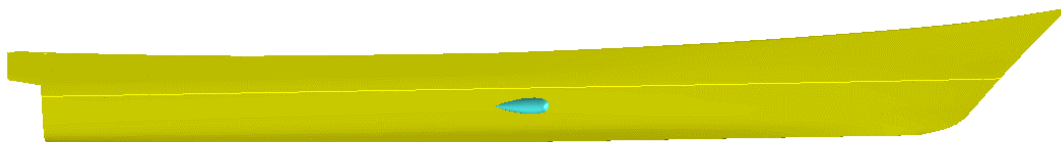
Pada Gambar 13 elevasi gelombang yang terbentuk akibat kapal melaju pada Fr 0,35 berdasarkan hasil CFD disajikan. Dapat dilihat bahwa bentuk tinggi permukaan air di belakang kapal lebih rendah yang menandakan bahwa hambatan gelombang kapal lebih rendah dibandingkan dengan model awal. Hal ini disebabkan karena terjadi superposisi antara gelombang yang ditimbulkan oleh kedua lambung demihull katamaran dan *centerbulb* itu sendiri sehingga tinggi permukaan gelombang menjadi lebih rendah.

Tabel 5. Perhitungan Hambatan (N)

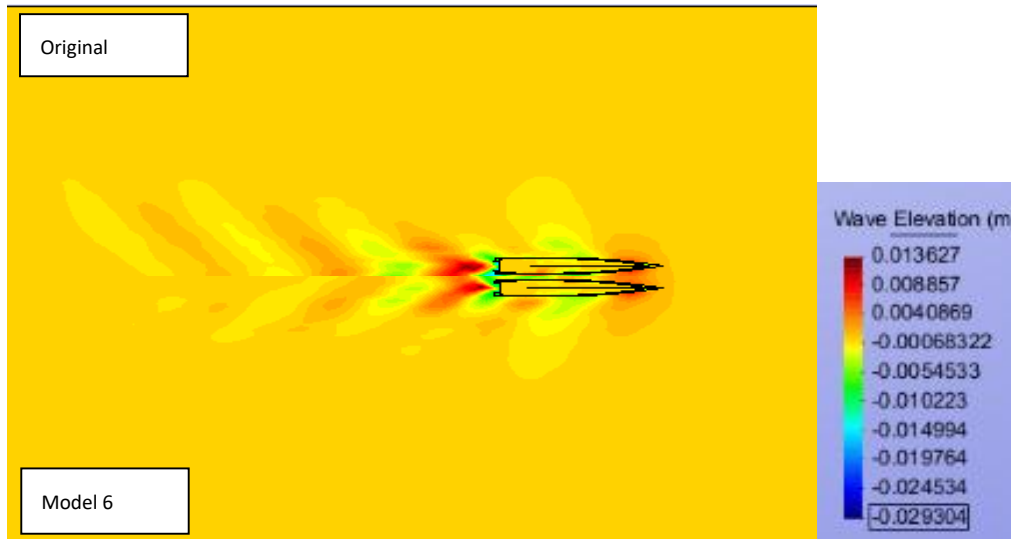
Model	Fr 0,15	Fr 0,20	Fr 0,25	Fr 0,30	Fr 0,35
Awal	0,24	0,56	0,98	1,37	2,06
1	0,25	0,70	1,25	1,76	1,79
2	0,23	0,75	1,17	1,65	1,49
3	0,23	0,78	1,23	1,73	1,41
4	0,23	0,70	1,17	1,66	1,50
5	0,21	0,74	1,17	1,66	1,41
6	0,25	0,74	1,17	1,67	1,37
7	0,24	0,72	1,24	1,75	1,97
8	0,25	0,73	1,24	1,75	1,92
9	0,23	0,77	1,21	1,71	1,80



Gambar 11. Grafik Perbandingan Hambatan Model terbaik



Gambar 12. Model 6 (Posisi memanjang *Centerbulb* 4,5 m dan posisi tegak *Centerbulb* 0,35 m)



Gambar 13. Perbandingan Contour model original (atas) dan model 6 (bawah)

### Hambatan Viskositas dan Hambatan Gelombang

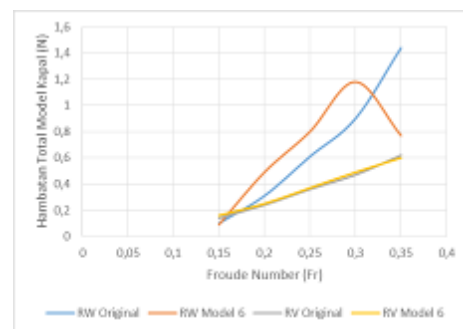
Komponen hambatan total kapal terdiri dari 2 komponen yaitu hambatan viskos yang arah gayanya tangensial (singgung) dan hambatan gelombang yang arah gayanya tegak lurus. Berdasarkan Tabel 6 dan Gambar 14, penambahan *centerbulb* menambah hambatan viskositas meskipun tidak signifikan. Penambahan ini disebabkan karena adanya *centerbulb* yang mengakibatkan luas permukaan kapal (WSA) yang bergesekan dengan fluida bertambah.

Di sisi lain, penggunaan *centerbulb* menambah hambatan gelombang hingga pada  $Fr$  0,3. Pada  $Fr$  0,4 penggunaan *centerbulb* mulai efektif. Hambatan gelombang dapat berkurang hingga 47%. Interferensi gelombang yang terjadi di antara kedua lambung dapat berkurang dengan adanya *centerbulb*. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Danisman [9] dimana pada kecepatan rendah penggunaan *centerbulb* tidak efektif. Karena pada kecepatan rendah, komponen hambatan kapal didominasi oleh hambatan viskos. Sehingga keberadaan *centerbulb* hanya akan menambah hambatan kapal.

Namun pada kecepatan tinggi, gelombang yang ditimbulkan akibat gerakan kapal muncul, sehingga hambatan gelombang pun mulai meningkat. Disaat kecepatan inilah *centerbulb* bekerja, yaitu memecah gelombang yang ditimbulkan oleh badan kapal dengan gelombang yang ditimbulkan oleh *centerbulb* itu sendiri. Kedua gelombang akan saling bertabrakan dan menghasilkan amplitudo gelombang yang lebih rendah.

Tabel 6. Hasil Penambahan Hambatan

Fr	RW Original	RW Model 6	Selisih	RV Original	RV Model 6	Selisih
0,15	0,10	0,09	-3%	0,14	0,16	9%
0,20	0,31	0,49	57%	0,24	0,25	2%
0,25	0,61	0,80	30%	0,36	0,37	2%
0,30	0,90	1,18	32%	0,47	0,49	3%
0,35	1,44	0,77	-47%	0,62	0,60	-4%



Gambar 14. Perbandingan Komponen Habatan Kapal Katamaran Model Original dan Model 6 (terbaik)

## 4. Kesimpulan

Dari kesembilan konfigurasi posisi *centerbulb*, Model 6 merupakan model terbaik karena Pada  $Fr$  0,35 dapat mengurangi hambatan kapal hingga 33%. Untuk komponen hambatan viskos tidak terlalu terpengaruh secara signifikan terhadap penggunaan *centerbulb*. Namun pada komponen hambatan gelombang, penggunaan *centerbulb* ini dapat mengurangi hambatan gelombang sebesar 47% pada  $Fr$  0,35.

## Daftar Pustaka

- [1] M. S. Seif dan E. Amini, "Performance Comparison Between Planing Monohull and Catamaran at High Froude Numbers," *Iranian Journal of Science & Technology*, vol. 28, no. B4, 2004.
- [2] F. Zouridakis, "A Preliminary Design Tool for Resistance and Powering Prediction of Catamaran Vessels," Master Thesis Massachusetts Institute of Technology. Dept. of Ocean Engineering. , 2005.
- [3] Samuel, M. Iqbal dan I. K. A. P. Utama, "An Investigation Into The Resistance Components Of Converting A Traditional Monohull Fishing Vessel Into Catamaran Form," *International Journal of Technology*, vol. 6, no. 3, pp. 432-441, 2015.
- [4] M. Iqbal dan Samuel, "Traditional Catamaran Hull Form Configurations That Reduce Total Resistance," *International Journal of Technology*, vol. 8, no. 1, pp. 989-997, 2017.
- [5] M. Iqbal dan G. Rindo, "Optimasi Bentuk Demihull Kapal Katamaran Untuk Meningkatkan Kualitas Seakeeping," *KAPAL : Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan*, vol. 12, no. 1, pp. 19-24, 2015.
- [6] D. Bruzzone, A. Grasso dan I. Zotti, "Nonlinear Seakeeping Analysis of Catamarans with Central Bulb," Naples, 2008.
- [7] I. Zotti, "Medium Speed Catamaran with Large Centralbulbs: Experimental Investigation on Resistance and Vertical Motions," Naples, 2007.
- [8] G. K. Saha, K. Suzuki dan H. Kai, "Hydrodynamic Optimization of a Catamaran Hull With Large Bow and Stern Bulbs Installed on the Center Plane of the Catamaran," *Journal of Marine Science and Technology*, vol. 10, pp. 32-40, 2005.
- [9] D. B. Danisman, "Reduction of Demi-Hull Wave Interference Resistance in Fast Displacement Catamarans Utilizing an Optimized Centerbulb Concept," *Ocean Engineering*, vol. 91, pp. 227-234, 2014.
- [10] M. Insel dan A. F. Molland, "An Investigation into the Resistance Components of High Displacement Catamarans," *Transaction Royal Institutions of Naval Architecture*, vol. 134, 1992.
- [11] A. F. Molland, *A Guide to Ship Design, Construction and Operation*, The Maritime Engineering Reference Book, Butterworth-Heinemann, Elsevier, 2008.
- [12] A. Jamaluddin, I. K. A. P. Utama, B. Widodo dan A. F. Molland, "Experimental and Numerical Study of the Resistance Component Interactions of Catamarans," *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment*, vol. 227, no. 1, pp. 51-60, 2012.
- [13] S. A. Harvald, *Resistance and Propulsion of Ships*, New York : Wiley, 1983.