

# Studi Penambahan Centerbulb Bentuk Foil terhadap Besarnya Hambatan pada Kapal Katamaran Tipe NPL 4A

Satria Nur Ikhsan<sup>1</sup>, Ali Munazid\*<sup>1</sup>, Sutiyo<sup>1</sup>, Bagiyo Suwasono<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Prodi Sarjana Teknik Perkapalan, Universitas Hang Tuah Surabaya

<sup>2</sup>Prodi magister Teknik Kelautan, Universitas Hang Tuah Surabaya

\*Email: ali.munazid@hangtuah.ac.id

DOI: 10.25042/jpe.052024.03

## Abstrak

Hambatan hidrodinamika merupakan faktor utama yang memengaruhi efisiensi pelayaran pada kapal katamaran. Penelitian ini mengkaji pengaruh penambahan *centerbulb* berbentuk *foil* NACA 0030 pada lambung katamaran tipe NPL 4a terhadap besarnya hambatan total. Empat model demi-hull simetris dengan rasio slenderness (S/L) 0,2 diuji pada bilangan Froude  $Fr = 0,19; 0,28; \text{ dan } 0,37$  menggunakan simulasi CFD di ANSYS CFX. *Centerbulb* dimodelkan dengan rasio panjang terhadap panjang antara perpendicular (Lpp) sebesar 10 %, 20 %, dan 30 %, ditempatkan pada 1/3 Lpp dari haluan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa model tanpa *centerbulb* memiliki hambatan terendah pada semua kecepatan. Dari variasi *centerbulb*, ukuran 10 % memberikan peningkatan performa relatif terbaik dengan penurunan hambatan gelombang dan total yang lebih kecil dibandingkan rasio yang lebih besar. Namun, potensi pengurangan hambatan pada model 20 % dapat ditingkatkan lagi dengan optimasi posisi *centerbulb*.

## Abstract

**Study of the Addition of Foil-Shaped Centerbulb on the Resistance of NPL 4A Type Catamaran Ship.** Hydrodynamic resistance is a critical factor affecting the sailing efficiency of catamarans. This study examines the effect of adding a NACA 0030 foil centerbulb to the hull of an NPL 4a catamaran on its total resistance. Four symmetric demi-hull models with a slenderness ratio (S/L) of 0.2 were tested at Froude numbers  $Fr = 0.19, 0.28, \text{ and } 0.37$  using CFD simulations in ANSYS CFX. The centerbulb was modeled at 10 %, 20 %, and 30 % of the length between perpendiculars (Lpp), positioned at one-third Lpp from the bow. Simulation results indicate that the baseline model (without centerbulb) exhibits the lowest resistance at all speeds. Among the centerbulb variations, the 10 % configuration offers the best relative performance, causing the smallest increase in wave and total resistance compared to larger ratios. The 20 % model shows potential for further resistance reduction if its position is optimized.

**Kata Kunci:** *Centrebulb, foil, kapal katamaran, NPL4A*

## 1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi kapal terus mengalami peningkatan untuk memenuhi kinerja yang lebih baik dalam industri kelautan. Kecepatan kapal merupakan salah satu parameter kritis yang dapat memengaruhi kinerja kapal. Beberapa faktor yang dapat memengaruhi kecepatan kapal salah satunya adalah hambatan kapal. Hal tersebut bisa didapatkan dengan upaya penambahan *Centerbulb* berbentuk *Foil* pada kapal *katamaran* MV. Laganbar [1].

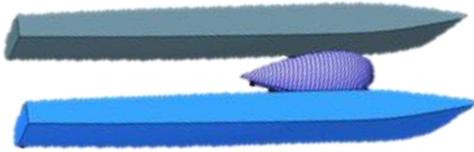
Kapal *katamaran* memiliki stabilitas yang relatif lebih kecil dibandingkan kapal jenis monohull [2]. Salah satu bentuk lambung kapal *katamaran* yang sering digunakan pada penelitian adalah tipe NPL (*National Physical Laboratory*) [3]. Ada beberapa seri dari tipe NPL, salah satunya NPL seri 4a karena layak digunakan sebagai parameter untuk menghitung hambatan bentuk lambung *katamaran*. Penelitian [4] menggunakan seri NPL 4a untuk mengevaluasi kinerja lambung lainnya yaitu

penambahan *bulbousbow* tipe *axe bow* dan *wave piercing*.

*Centerbulb* merupakan tojolan menyerupai ellips memiliki panjang tertentu pada bagian bawah lambung kapal tepatnya diantara dua lambung *katamaran*, memiliki potensi untuk mengurangi hambatan dan meningkatkan efisiensi ketika kapal berlayar. Penggunaan *centerbulb* sudah ada di industri maritim salah satunya pada kapal *katamaran* MV. Laganbar dan juga pada penelitian [1] menyatakan bahwa *centerbulb* dengan bentuk *foil* dapat mengurangi hambatan kapal hingga 33% pada kecepatan  $Fr = 0,35$ . *Centerbulb* yang baik atau berfungsi secara optimal perlu memperhatikan beberapa faktor, yaitu bentuk dan peletakkan *centerbulb* di kapal *katamaran*. Bentuk yang dimaksud harus dipengaruhi oleh koefisien bentuk dan geometri yang sesuai dengan prinsip hidrodinamika.

Bentuk *Foil* yang memiliki prinsip hidrodinamika atau aerodinamika dan kerap digunakan di industri Perkapalan yaitu *FOIL* NACA dengan kode 0030 yang memiliki nilai

maksimum chamber 30% dan diduga akan lebih mengurangi hambatan kapal karena bentuk belakang *foil* yang meruncing dapat membuat pola aliran menjadi *streamline* dan tidak akan *vortex shading*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan *centerbulb* bentuk *foil* terhadap besarnya hambatan kapal *katamaran* tipe NPL 4a.



Gambar 1. Kapal *katamaran* tipe NPL 4a dengan *centerbulb*

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1. Katamaran NPL 4a

Merupakan bentuk lambung kapal yang sering digunakan untuk penelitian biasa disebut NPL (*National Physical Laboratory*). Salah satu bentuk lambung kapal NPL yang dicirikan bagian haluan melebar dekat garis air disebut NPL 4a dengan bodi buritan yang membulat dan *buttock lines* lurus berakhir tajam. Bentuk lambung NPL 4a sering digunakan sebagai standar untuk studi banding dalam analisis CFD-CFX. Seperti sebelumnya signifikansi NPL 4a digunakan untuk evaluasi kinerja bentuk lambung lainnya atau memodifikasi bentuk haluan kapal.

### 2.2. Centerbulb

Adalah salah satu komponen bantu untuk mengetahui besarnya hambatan pada kapal *katamaran* yang fungsinya hampir menyerupai *bulbousbow* dikapal lambung ganjil (*monohull*). *Centerbulb* dipasang terintegrasi di bawah lambung kapal tepatnya pada bagian antara demihull lambung *katamaran*.

### 2.3. Foil NACA 0030

NACA (*National Advisory Committee for Aeronautics*) merupakan lembaga penelitian tentang airfoil secara lebih baik dan sistematis. Foil NACA kerap kali digunakan di Industri penerbangan hingga maritim. NACA 0030

merupakan seri Foil atau digit yang memiliki arti spesifikasi Foil simetris dengan garis chord dan *camber* yang sama yaitu *Max camber* = 0.0%, *Position camber max* = 0.0%, dan *Thickness* = 30%.

### 2.4. Hambatan Pada Kapal

Menurut standar internasional ITTC mengklasifikasikan hambatan kapal di perairan tenang, terbagi menjadi dua komponen hambatan utama yakni, hambatan *viscous* terkait bilangan Reynolds dan hambatan gelombang terkait dengan *Froude number*. Kedua komponen tersebut pada Persamaan 1.

$$R_T(Re, Fr) = R_V(Re) + R_W(Fr) = (1+k)(Fr)R_F(Re) + R_W(Fr) \quad (1)$$

Hambatan gelombang (*R<sub>W</sub>*) memiliki komponen fluida yang ideal (*inviscid*) dan resistansi viskos juga termasuk komponen drag akibat tegangan geser (*frictional drag*) dan tekanan viskos (*viscous pressure*).

Pada tahun 1954 diusulkan sebuah metode untuk perhitungan hambatan total kapal, yaitu [5]:

1. Hambatan Gesek (*Friction Resistance*)
2. Hambatan Bentuk (*Form Resistance*)
3. Hambatan permukaan bebas (*Free Surface Resistance*)

### 2.5. Analisa Hambatan CFD

CFD (*Computational Fluid Dynamic*) merupakan cabang dari mekanika fluida yang berdasar dengan metode numerik dan algoritma untuk menyelesaikan dan menganalisa masalah yang terjadi pada aliran fluida. Akan tetapi ini hanyalah pendekatan karena tergantung pada jumlah mesh pada bagian meshing yang memengaruhi keakuratan penyelesaian CFD.

## 3. Metode Penelitian

### 3.1. Data

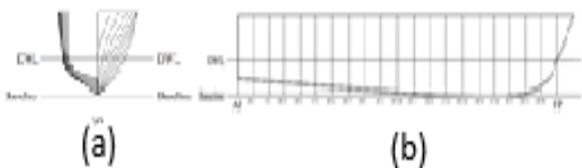
Data kapal yang digunakan merupakan salah satu kapal NPL 4a yang telah dilakukan uji sebelumnya pada penelitian Sutiyo (2014) dan Aditya (2023) dengan rasio S/L yang akan digunakan nantinya yaitu 0,2. Menggunakan demihull simetris dengan variasi 3 kecepatan Fr 0,19 – 0,37 [6].

**Tabel 1. Dimensi Kapal NPL 4a**

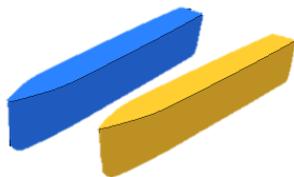
Parameter	Besaran	Unit
LOA	1,439	M
LWL	1,372	M
B	0,132	M
T	0,078	M
WSA	0,514	M <sup>2</sup>
Displacement	14,044	Kg

**3.2. Pemodelan Katamaran NPL 4a**

Pemodelan kapal katamaran NPL 4a ini ada 4 model yang terdiri dari 1 model kapal katamaran tanpa Centerbulb dan 3 model Kapal katamaran menggunakan Centerbulb dengan variasi 3 ukuran yang berbeda yaitu 10% - 30% dari LPP. Berikut spesifikasi kapal katamaran NPL 4a yang digunakan.



**Gambar 2. Demihull NPL 4a S/L 0,2 (a) Body Plan, (b) Sheer Plan**



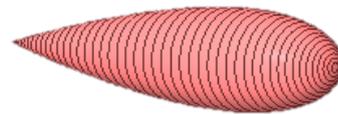
**Gambar 3. Model NPL 4a di Ansys Discovery**

**3.3. Pemodelan Centerbulb**

Bentuk geometri yang akan digunakan untuk pemodelan centerbulb diambil dari sketsa bentuk Foil 0030 yang didesain rupa menjadi centerbulb, dengan berbagai penyesuaian perbandingan dimensi dengan Lwl kapal katamaran NPL 4a. Berikut perhitungan Rasio dimensi centerbulb pada Tabel 2.

**Tabel 2. Perhitungan rasio dimensi Centerbulb**

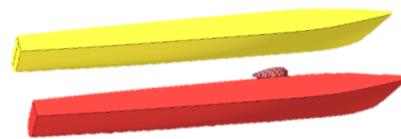
Uk Kapal NPL 4a	Perbandingan	Unit
Lwl = 1372	$1372 \times 0,1 = 137,2$	mm
Lwl = 1372	$1372 \times 0,2 = 274,4$	mm
Lwl = 1372	$1372 \times 0,3 = 411,6$	mm



**Gambar 4. Model centerbulb di Ansys Discovery**

**3.4. NPL 4a dengan centerbulb 10%**

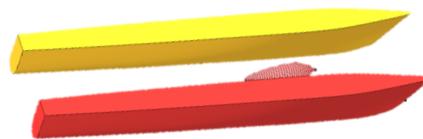
Penambahan *Centerbulb* rasio ukuran 10% di Kapal katamaran NPL 4a tidak ada perubahan dimensi pada kapalnya yang dimana Panjang Lwl dan S/L tetap. Memiliki spesifikasi peletakkan centerbulb 1/3 dari depan LWL kapal katamaran 457 mm dan di sarat kapal 78 mm pas titik kordinat centerbulb dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5. Model NPL 4a dengan Centerbulb 10%**

**3.5. NPL 4a dengan centerbulb 20%**

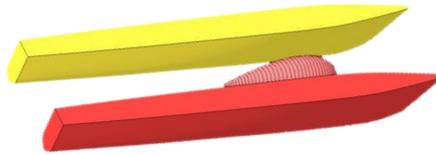
Penambahan *Centerbulb* rasio ukuran 20% di Kapal katamaran NPL 4a tidak ada perubahan dimensi pada kapalnya yang dimana Panjang Lwl dan S/L tetap. Memiliki spesifikasi peletakkan centerbulb 1/3 dari depan LWL kapal katamaran 457 mm dan di sarat kapal 78mm pas titik kordinat centerbulb dapat dilihat pada Gambar 6.



**Gambar 6. Model NPL 4a dengan Centerbulb 20%**

**3.6. NPL 4a dengan Centerbulb 30%**

Penambahan *Centerbulb* rasio ukuran 20% di Kapal katamaran NPL 4a tidak ada perubahan dimensi pada kapalnya yang dimana Panjang Lwl dan S/L tetap. Memiliki spesifikasi peletakkan centerbulb 1/3 dari depan LWL kapal katamaran 457 mm dan di sarat kapal 78 mm pas titik kordinat centerbulb dapat dilihat pada Gambar 7.

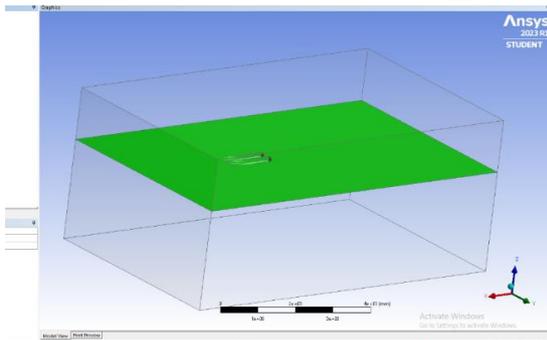


Gambar 7. Model NPL 4a dengan Centerbulb 30%

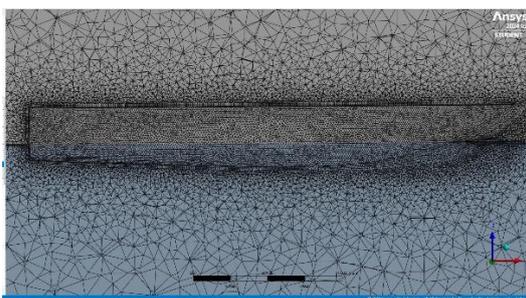
## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1. Geometri dan Mesh

Proses simulasi CFD dilakukan menggunakan software ANSYS CFX. Yang bertujuan menghitung, memprediksi, dan memperkirakan aliran fluida yang dibuat oleh pergerakan badan Kapal. Pada metode CFD ini menggunakan Free surface yang dimana memasukkan dua aliran yaitu air dan udara. Ukuran 3L kedepan, 4L kebelakang, 2L untuk jarak ketinggian domain dan 4L untuk lebar domain lihat Gambar 8.



Gambar 8. Parameter di CFD pada domain



Gambar 9. Meshing pada model NPL 4°

### 4.2. Grid Independen

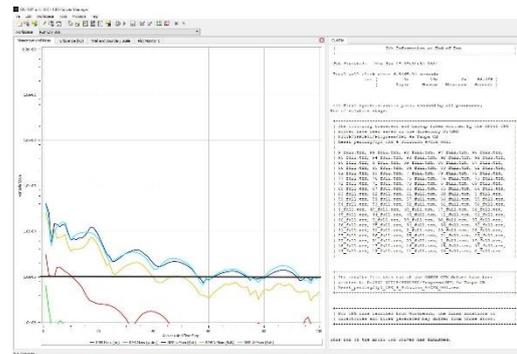
Grid atau mesh merupakan suatu kumpulan elemen yang saling mengikat sehingga membentuk suatu geometri menjadi solid dan utuh. Menentukan jumlah meshing sangat penting karena dapat memengaruhi ketelitian dan keakuratan simulasi. Berikut jumlah grid independence pada setiap model lihat tabel 3

Tabel 3. Jumlah elemen optimum dari setiap model

Model	Jumlah Elemen
NPL 4a tanpa Centerbulb	1661168
NPL 4a dengan Centerbulb 10%	1661220
NPL 4a dengan Centerbulb 20%	1696710
NPL 4a dengan Centerbulb 30%	1848812

### 4.3. Konvergensi

Konvergensi adalah suatu pendekatan menggunakan metode numerik untuk mendapatkan data yang ideal. Pada tahap solving pada ansys CFX, perhitungan aka dilakukan sesuai pada banyaknya maksimal koefisien Loop yang telah diatur dan terkontrol oleh sebuah persamaan pengendali. Konvergensi bisa dikatakan apabila sudah menyentuh persamaan RMS (*Root Mean Square*). Berikut hasil simulasi yang telah menyentuh batas RMS dan sudah dapat dikatakan konvergen.



Gambar 10. Batas konvergensi di display monitor CFX solver

Nilai Root Mean Square (RMS) yang ditetapkan ialah 10-5. Nilai tersebut dianggap merupakan nilai yang ideal digunakan pada perhitungan ANSYS [7].

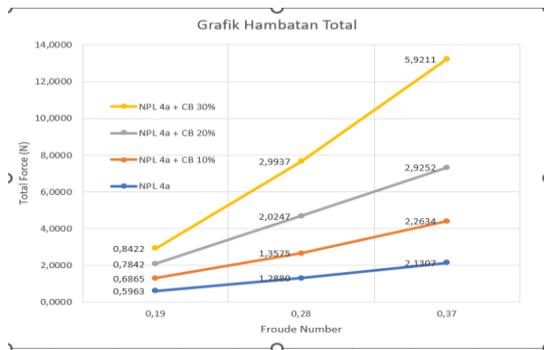
### 4.4. Validasi dan Hasil Total Hambatan

Validasi dilakukan untuk memastikan bahwa set up yang dilakukan sudah benar, hasil CFD mempunyai persamaan hasil dengan empiris, Error dari masing-masing meshing adalah 1% hingga 4% dimana error ini termasuk kecil sehingga set up tersebut bisa digunakan pada model model lainnya. Pada penelitian sebelumnya oleh [4] diperoleh data hambatan kapal pada  $S/L = 0,2$  dan kecepatan 0,19 m/s dengan nilai Meshing 204881 adalah sebesar 1,2459 N sedangkan hasil simulasi penulis dengan Meshing yang berbeda 1661168 yang dimana memiliki jumlah elemen 2x lebih kecil dari penelitian sebelumnya berpengaruh terhadap

kerapatan lambung yang semakin halus dan hasil yang semakin akurat yaitu sebesar 0,5963 N

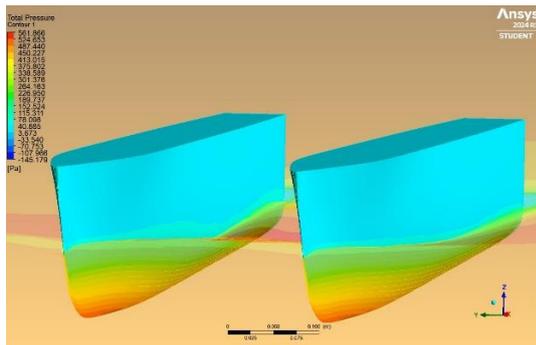
**Tabel 4. Resume hambatan total**

Fr	m/s	NPL 4a	NPL 4a + Cb 10%	NPL 4a+ Cb 20%	NPL 4a+ Cb 30%
0,19	0,688	0,5963	0,6865	0,7842	0,8422
0,28	1,030	1,2880	1,3575	2,0247	2,9937
0,37	1,373	2,1307	2,2634	2,9252	5,9211

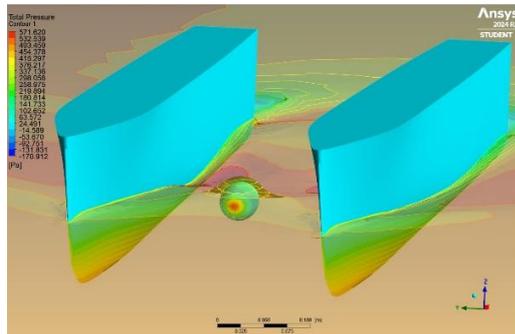


**Gambar 11. Grafik nilai hambatan total**

Dari Gambar 11 diperlihatkan jika hasil komparasi yang diperoleh



**Gambar 12. Gelombang NPL 4a tanpa CB**

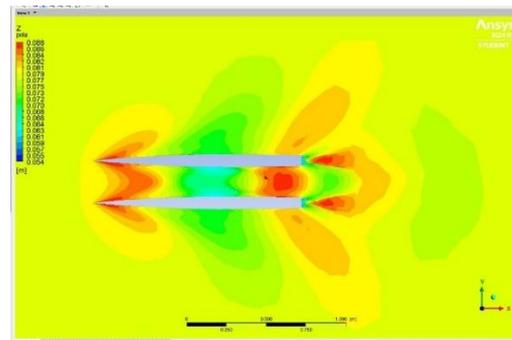


**Gambar 13. Gelombang NPL 4a dengan CB 10%**

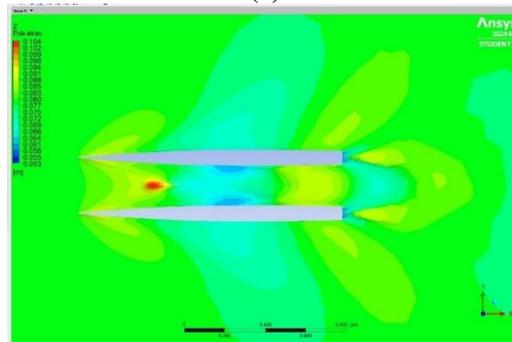
Dari Gambar 12 dan 13 membuktikan hasil simulasi CFD aliran fluida yang mengalir pada keempat sisi model dan juga memperlihatkan tekanan yang dihasilkan oleh pergerakan aliran pada kecepatan Fr 0,37 atau setara dengan 1,373 m/s. Pola gelombang Model 1 (tanpa centerbulb)

memiliki amplitudo yang tinggi daripada model 2 (dengan Centerbulb 10%) yang memiliki amplitudo gelombang cenderung kearah landau.

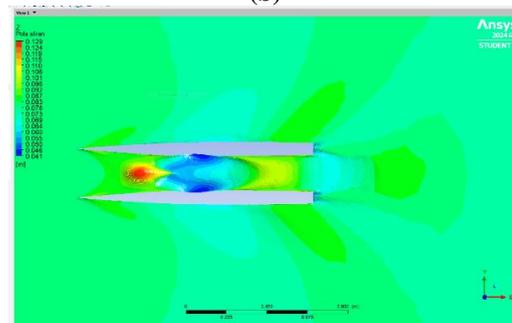
Tekanan yang diakibatkan aliran mengenai centerbulb dengan indikasi warna, yang dimana warna semakin merah dan lebar cenderung tekanan memiliki nilai yang lebih besar. Dan tekanan terendah pada model 2 (dengan centerbulb 10%) yang menimbulkan efek tekanan pada badan kapal menjadi kecil.



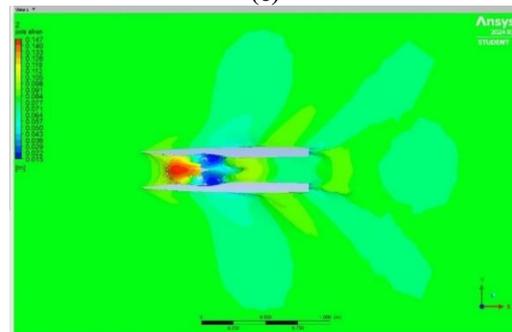
(a)



(b)



(c)



(d)

**Gambar 14. Pola tinggi Gelombang (a) model 1, (b) model 2, (c) model 3, (d) model 4**

Dari gambar diatas terlihat pola aliran tinggi gelombang pada kecepatan 0,37 di setiap model, pola aliran tinggi gelombang yang dihasilkan model 1 memiliki ketinggian maksimal gelombang senilai 0,088 yang dimana nilai ketinggian maksimal lebih rendah daripada model lainnya. Namun terlihat pada model 2 memiliki amplitudo yang landau dibanding model 1. Pada kecepatan Fr 0,37 model 2 lebih tinggi daripada model 1 yang dimana hal ini dapat memengaruhi laju atau lambatnya kecepatan pada kapal. Semakin tinggi hambatan gelombang maka semakin tinggi pula besar daya yang dibutuhkan untuk menjaga kecepatan kapal [8].

#### 4.5. Pengaruh Rasio Ukuran *Centerbulb* terhadap Hambatan Total

Hasil simulasi hambatan kapal berdasarkan *Computational Fluid Dynamic* untuk *Froude Number* 0,19, 0,28 dan 0,37 disajikan pada tabel 4. Dari tabel tersebut diperoleh nilai hambatan total dari seluruh konfigurasi model. Dari konfigurasi model menunjukkan bahwa masih menambah hambatan total model 1 (tanpa *centerbulb*) pada Fr 0,19 – 0,37. Namun untuk Variasi Rasio ukuran *centerbulb*, model 2 merupakan model yang lebih layak digunakan pada kapal meninjau dari fungsi pengaruh besar rasio ukuran *centerbulb*, Dilihat dari gambar 14 grafik hasil perbandingan besarnya hambatan pada setiap model *centerbulb* ( pada model 3 – model 4) cenderung mengalami kenaikan hambatan yang dimana berarti semakin besar ukuran *Centerbulb* berakibat besarnya hambatan total pada kapal.

## 5. Kesimpulan

Dari pembahasan hasil penelitian yang dilakukan maka disimpulkan *centerbulb* sebagai komponen dalam mengurangi hambatan pada kapal cepat tidak dianjurkan karena hanya menimbulkan penambahan pada hambatan. Namun *Centerbulb* digunakan pada kapal komersil seperti general cargo, kapal ikan dan sejenisnya memiliki potensi dapat memberikan kinerja hambatan yang menurun atau lebih baik, dengan catatan penelitian selanjutnya harus memperhatikan faktor peletakkan *centerbulb* pada lambung kapal dan ukuran dimensi *centerbulb* tidak boleh lebih dari 20% Lpp kapal.

## Referensi

- [1] M. Iqbal, P. Manik, E. S. Hadi, and A. Kurniawan, "Pengaruh Posisi *Centerbulb* Berbentuk Foil terhadap Komponen Hambatan Kapal Ikan Katamaran MV. Laganbar," *J. Integr.*, vol. 12, no. 1, pp. 64–71, 2020, doi: 10.30871/ji.v12i1.1885.
- [2] M. Insel and A. F. Molland, "An Investigation into the Resistance Components of High Speed Displacement Catamarans," in *Royal Institution of Naval Architects Spring Meetings*, London: Royal Institution of Naval Architects, 1992, pp. 1–20.
- [3] D. Bailey, *The NPL High Speed Round Bilge Displacement Hull Series: Resistance, Propulsion, Manoeuvring and Seakeeping Data*. London: Royal Institution of Naval Architects, 1976.
- [4] A. Purwoadikusumo and A. Munazid, "Studi *Computational Fluid Dynamics* Penambahan Bulbous Bow Model Axe Bow dan Wave Piercing pada Kapal NPL 4A," Universitas Hang Tuah, 2023.
- [5] A. F. Molland, S. R. Turnock, and D. A. Hudson, *Ship Resistance and Propulsion: Practical Estimation of Ship Propulsive Power*, 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2017.
- [6] D. B. Danişman, "Reduction of Demi-Hull Wave Interference Resistance in Fast Displacement Catamarans Utilizing an Optimized *Centerbulb* Concept," *Ocean Eng.*, vol. 91, pp. 227–234, 2014, doi: 10.1016/j.oceaneng.2014.09.018.
- [7] I. ANSYS, *ANSYS CFX Introduction & Tutorials*. Canonsburg, Pennsylvania: ANSYS, Inc., 2011.
- [8] A. B. Dharma, "Analisis Pengaruh Pengurangan Kecepatan Kapal terhadap Hambatan/Propulsi Kapal, Tingkat Emisi Gas Buang, dan Kualitas Seakeeping: Studi Kasus Kapal General Cargo," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2017.