



ISSN 2338-0322

# JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

## ANALISA PENAMBAHAN BULBOUS BOW PADA KAPAL RO-RO GUNA MEMPERKECIL NILAI HAMBATAN KAPAL

Muhammad Thareq Fajri Hanzallah<sup>1)</sup>, Andi Trimulyono<sup>1)</sup>, Hartono Yudo<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Laboratorium Hidrodinamika

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

\*e-mail : [thareqhanzallah@students.undip.ac.id](mailto:thareqhanzallah@students.undip.ac.id),

### Abstrak

Berdasarkan hasil studi yang dilakukan oleh (IMO), Emisi rumah kaca yang disebabkan oleh aktivitas perkapalan telah meningkat dari 977 juta ton pada tahun 2012 menjadi 1.076 juta ton pada tahun 2018 salah satu upaya adalah dengan mengurangi hambatan kapal. Hambatan gelombang menunjukkan potensi desain yang cukup besar. Perubahan moderat pada rancangan garis dapat mengakibatkan perubahan yang cukup besar dari hambatan gelombang. Salah satu komponen kapal yang dapat didesain untuk mempengaruhi hambatan kapal adalah dengan penambahan bulbous bow. Bulbous bow merupakan suatu bentuk haluan yang dapat mempengaruhi aliran fluida disekitar lambung kapal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besar performa hambatan kapal kebutuhan daya mesin yang ketika kapal ditambahkan bulbous bow. Variasi yang digunakan untuk menghitung hambatan kapal adalah variasi kecepatan, 3,75 knot, 7,5 knot, 11,25 knot, dan 15 knot. Berdasarkan hasil simulasi dengan CFD, Pada kecepatan lebih tinggi pengaruh bulbous lebih terlihat. Kapal dengan bulbous bow tipe V menghasilkan nilai hambatan total paling optimal, sebesar 97,9574 kN dibandingkan dengan kapal tanpa bulbous bow sebesar 114,4592 kN. Nilai hambatan yang rendah maka daya mesin yang dibutuhkan pada kapal dengan bulbous bow tipe V adalah sebesar 1692,51 HP dan membutuhkan penggunaan bahan bakar sebesar 21,99 ton pada jarak pelayaran 1000 Nm.

**Kata Kunci:** bulbous bow, performa Hambatan kapal, daya mesin, CFD.

## 1. PENDAHULUAN

Perlindungan lingkungan saat ini menjadi salah satu topik penting yang sering dibicarakan semenjak meningkatnya emisi gas rumah kaca dan pemanasan global. Sementara itu kegiatan pelayaran di dunia termasuk kegiatan yang cukup besar dan signifikan, termasuk dalam membantu memutar roda ekonomi dunia yang di dalamnya terdapat kegiatan ekspor import. Sudah sangat wajar jika kapal itu sendiri berkontribusi dalam menghasilkan emisi rumah kaca dan gas buang yang cukup besar, mengingat masih sangat umum jika kapal menggunakan mesin pembakaran internal. Berdasarkan hasil studi yang dilakukan oleh *international maritime organization* (IMO), Emisi rumah kaca yang disebabkan oleh aktivitas perkapalan telah meningkat dari 977 juta ton pada tahun 2012 menjadi 1.076 juta ton pada tahun 2018 (peningkatan sebesar 9,6%). Sementara itu untuk

Emisi gas CO<sub>2</sub> Pada tahun 2012 sendiri sebesar 962 juta ton dan selalu mengalami peningkatan menjadi 1.056 juta ton terdata pada tahun 2018, mengalami peningkatan sekitar 9.3%. Berdasarkan estimasi *international maritime organization* (IMO), diprediksikan bahwa potensi emisi gas CO<sub>2</sub> diakibatkan aktivitas perkapalan dapat meningkat sebesar 50% hingga 250% pada tahun 2050 [1].

Melihat perkembangan yang signifikan, IMO, melalui komite perlindungan laut (MPEC) mengeluarkan regulasi dan rekomendasi perihal pengurangan emisi gas buang pada kapal dengan target pengurangan emisi gas CO<sub>2</sub> pada kapal mendekati 40% pada tahun 2030 untuk mengejar upaya pengurangan hingga 70% pada tahun 2050 [2]. Berbagai cara digunakan untuk mengatasi efisiensi bahan bakar dan emisi yang dihasilkan kapal, salah satu bentuk upaya adalah dengan

mengurangi beban kerja mesin induk pada kapal.

Banyak penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mencari desain kapal yang lebih optimal agar dapat meningkatkan efisiensi mesin pada kapal. Tantangan utama dalam mendesain sebuah kapal adalah bagaimana mendapatkan kecepatan kapal yang terbaik dengan menggunakan tenaga yang sesedikit mungkin. Hambatan gelombang menunjukkan potensi desain yang cukup besar. Perubahan moderat pada rancangan garis dapat mengakibatkan perubahan yang cukup besar dari hambatan gelombang [3]. Salah satu komponen kapal yang dapat didesain untuk mempengaruhi hambatan kapal adalah dengan penambahan *bulbous bow*. Karena Panjang gelombang yang dihasilkan berhubungan secara kuadrat dengan kecepatan, interaksi *bulbous bow* dan bagian depan lambung kapal bervariasi dengan kecepatan. *Bulbous bow* dapat mengubah efisiensi dengan kecepatan [4].

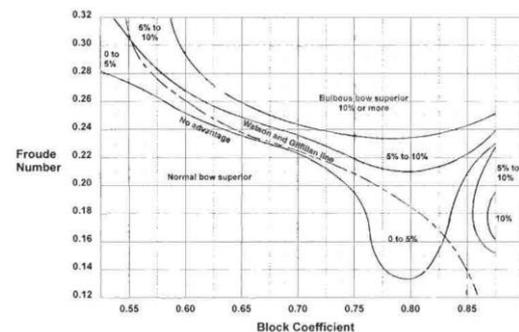
Dalam mendesain kapal, kapal dengan *bulbous bow* tidak hanya merupakan solusi efektif untuk mengurangi total hambatan atau kebutuhan mesin induk pada kapal, namun juga dapat menambah performa, efisiensi, serta mengurangi konsumsi bahan bakar pada kapal [5]. Optimalisasi yang tepat biasanya disarankan karena ini dapat memberikan penghematan besar pada desain tipikal, biasanya 4-5% dapat dengan mudah dicapai dan peningkatan 1-2% dapat dilakukan pada lambung kapal yang dianggap sudah sangat 'optimal' [4]. Berdasarkan penelitian yang telah dikemukakan oleh M.S.P. Raju dkk mengatakan bahwa efek pada *bulbous bow* dapat mengurangi hambatan total hingga 5,35% yang dapat mengurangi penggunaan bahan bakar pada kapal ikan *Tuna Longliner* [6]. Pada penelitian H.R. Diaz-Ojeda dkk menyatakan hal yang sama, bahwa penambahan *bulbous bow* dengan bentuk dihedral dapat mengurangi hambatan total walaupun mengalami penambahan tahanan pada hambatan viskositas, namun hambatan viskositas tidak berpengaruh secara signifikan dibanding dengan gaya tekan yang terjadi pada lambung kapal [7].

Berdasarkan pemaparan diatas, dapat disimpulkan bahwa dengan menambahkan *bulbous bow* dapat mempengaruhi efisiensi penggunaan mesin induk pada kapal. Oleh karena itu peneliti mengangkat judul "Analisa Penambahan *Bulbous Bow* Pada Kapal *Ro-ro* Guna Meningkatkan Efisiensi Kinerja Mesin Induk" diharapkan dapat mengatasi masalah yang ada berupa menurunkan hambatan yang dihasilkan oleh kapal, meningkatkan efisiensi kinerja mesin induk kapal, serta dapat mengurangi beban mesin induk kapal.

## 2. DASAR TEORI

### 2.1 *Bulbous Bow*

*Bulbous bow* merupakan suatu bentuk haluan yang berbentuk bulat dan ditempatkan pada linggi haluan bagian depan. Penggunaan *bulbous bow* mempengaruhi aliran air di sekitar lambung kapal. Secara teori *bulbous bow* dengan bentuk tertentu bekerja dengan cara mempercepat aliran fluida di atas *bulbous bow*, sehingga menciptakan area bertekanan rendah pada permukaan fluida. Dengan penggunaan *bulbous bow* diharapkan dapat mengurangi hambatan kapal sesuai dengan asas *bernoulli* [8]. Daerah bertekanan rendah kemudian bereaksi dengan tekanan gelombang di haluan, dimana reaksi tersebut terjadi untuk mengurangi dampak gelombang dari haluan. Hal ini pada akhirnya dapat mengurangi tekanan pada lambung dan hambatan kapal [9].



Gambar 1 grafik keuntungan bulbous bow

Gambar 2.1 menunjukkan kisaran bilangan Froude ( $F_n$ ) dan koefisien blok ( $C_b$ ) di mana peningkatan performa mungkin dapat diperoleh saat beroperasi pada beban sarat. Penempatan garis Watson dan Gilfillan  $C_b$  pada diagram di atas menunjukkan area yang menjadi perhatian dan dapat dilihat bahwa *bulbous bow*:

1. Menguntungkan untuk kapal cepat dengan nilai  $C_b$  kurang dari 0,625 dan  $F_n$  lebih besar dari sekitar 0,26.
2. tidak memberikan keuntungan untuk kapal dengan nilai  $C_b$  antara 0,625 dan 0,725 kecuali jika kapal tersebut "dipacu berlebih" menurut kriteria Watson dan Gilfillan.
3. kembali menguntungkan untuk nilai  $C_b$  antara 0,725 dan 0,825, tetapi mungkin tidak untuk nilai  $C_b$  di atas 0,825.

Pada semua koefisien blok, *bulbous bow* menunjukkan keuntungan yang terbaik pada kapal dengan kecepatan tinggi dan seringkali tidak



kerusakan / korosi bila terkena dengan air laut yang mempunyai kadar garam sangat tinggi dan mengandung unsur - unsur mineral dan biota laut merusak lainnya. [13] Perhitungan besar BHP kapal dapat ditentukan dengan menjumlahkan shaft horse power (SHP) dengan persentase sea margin (SM), yang berkisar antara 15% - 20%, kemudian membagi BHP dan penambahan SM dengan 0,85. Sea margin biasanya sekitar 20% [14]:

$$BHP_{SM} = (SM \times SHP) + SHP$$

$$BHP_{scr} = \frac{SHP}{\eta G}$$

$$BHP_{MCR} = \frac{BHP_{SM}}{0,85}$$

## 2.4 Computational Fluid Dynamics (CFD)

*Computational Fluid Dynamics* (CFD) adalah sebuah metode numerik yang digunakan untuk menggambarkan perilaku aliran fluida dan transfer panas dalam suatu sistem menggunakan computer. CFD digunakan dalam berbagai bidang, termasuk Teknik mesin, Teknik sipil, kedirgantaraan, energi, dan banyak lagi. Pada dasarnya, CFD memanfaatkan prinsip dasar fisika dan matematika untuk memodelkan aliran fluida dan transfer panas. [15]

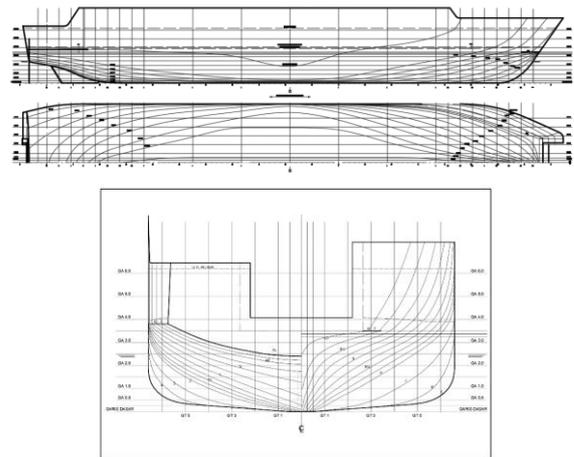
## 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Data Penelitian

Data penelitian berikut merupakan data pokok yang digunakan sebagai bahan penelitian keseluruhan. Data utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah data ukuran utama dan gambar rencana garis kapal. Kapal yang digunakan adalah kapal *Ro-ro vessel*. Berikut adalah data kapal yang akan digunakan dalam penelitian :

<i>Length Between Perpendicular</i> ( $L_{pp}$ )	55 m
<i>Length over all</i>	61,30 m
<i>Breadth</i> (B)	13,20 m
<i>Height</i> (H)	3,90 m
<i>Draught</i> (d)	2,50 m
<i>Velocity service</i> ( $V_s$ )	15 knot
<i>Block coefficient</i> ( $C_b$ )	0,53

Tabel 1 ukuran utama kapal



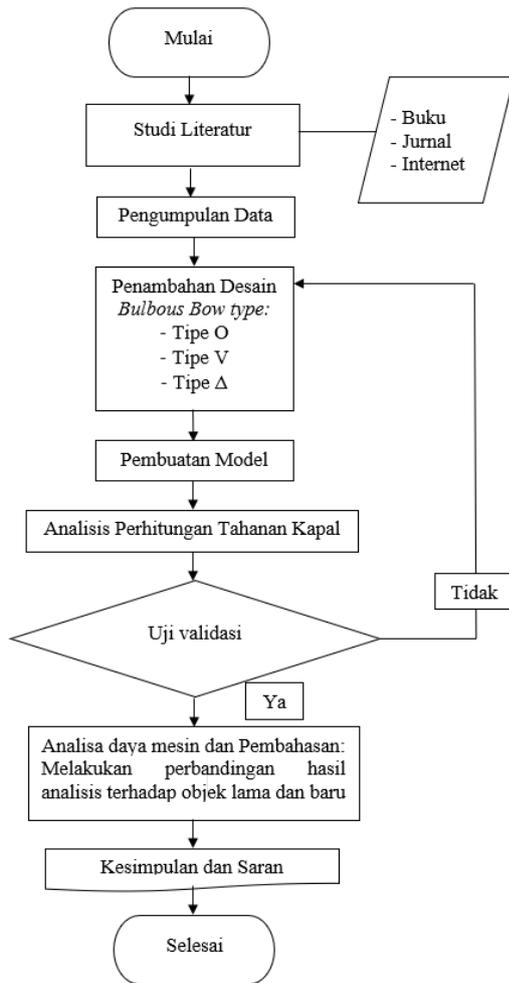
Gambar 4 rencana garis *Ro-ro vessel*

### 3.2 Perlakuan Pada Objek

Penelitian dilakukan untuk mengetahui performa tahanan kapal ketika ditambahkan dengan variasi *bulbous bow* dan kapal tanpa *bulbous bow*. Variasi *bulbous bow* dibedakan dengan tiga jenis tipe *bulbous bow* yaitu, tipe V,

tipe O, dan tipe  $\Delta$ . Perlakuan yang dilakukan pada ke-empat model adalah dengan variasi perbedaan kecepatan kapal yaitu pada kapal kecepatan 3,75 knot, 7,5 knot, 11,25 knot dan 15 knot. Adapun besar nilai hambatan telah ditemukan maka selanjutnya akan dihitung beban daya mesin yang dibutuhkan kapal setelah ditambahkan variasi tipe *bulbous bow*. Perhitungan tahanan kapal menggunakan *computational fluid dynamics* (CFD) dengan aplikasi *ansys fluent*.

### 3.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 5 Diagram Alir Penelitian

Gambar diatas menunjukkan langkah-langkah dari penelitian yang dilakukan. Berdasarkan gambar diatas, penelitian dimulai dengan melakukan studi literatur. Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan teori yang akan digunakan pada penelitian. Penelitian dilanjutkan dengan pengumpulan data. Data yang dibutuhkan adalah ukuran utama dan gambar lines plan kapal. Data kemudian diolah dengan penambahan bulbous tipe V, tipe O, dan Tipe Δ dan akan dimodelkan ke dalam bentuk 3 dimensi. Model selanjutnya dapat dilakukan analisis tahanan kapal. Uji validasi dari penelitian adalah membandingkan hasil simulasi dengan perhitungan analitik dengan metode *holtrop* jika hasil validasi memenuhi kriteria maka hasil penelitian dapat dijadikan acuan hasil jika tidak maka penelitian dapat diperiksa kembali pada tahap desain. Setelah mendapatkan hasil dari nilai tahanan kapal maka dapat ditentukan kebutuhan mesin kapal dan dapat dilakukan tahap analisa hasil

penelitian yang pada akhirnya dapat ditarik kesimpulan dan saran.

### 3.4 Uji Validasi

Uji validasi dapat mengetahui apakah hasil simulasi telah sesuai dengan sistem yang diwakilkannya. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian validasi dari tahanan kapal. Penelitian melakukan uji validasi menggunakan perhitungan analitik dengan metode *holtrop*. Uji validasi akan dibantu dengan aplikasi *Maxsurf Resistance*. Berdasarkan hasil simulasi CFD dan perhitungan analitik dihasilkan besar hambatan pada Fn 3,26 sebagai berikut :

Tabel 2 hasil validasi

Jenis Kapal	CFD	holtrop	MoF
Tipe V	97,956 kN	101,699 kN	3,66%
Tipe O	98,074 kN	101,879 kN	3,72%
Tipe Δ	104,26 kN	102,280 kN	1,94%

Berdasarkan data diatas, menunjukkan bahwa rata-rata *Margin of Error* perhitungan hambatan menggunakan CFD dibawah 5%. Menunjukkan hasil tersebut sudah memenuhi target persyaratan error validasi dibawah 10%. Maka dapat disimpulkan bahwa hasil simulasi hambatan kapal dengan CFD dapat dijadikan acuan hasil dan sudah sesuai.

## 4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Perancangan Ukuran *Bulbous Bow*

Tabel 3 *Values of the linear coefficients*

	MIN	MAX
$C_{BB}$	0.170	0.200
$C_{LPR}$	0.018	0.031
$C_{ZB}$	0.260	0.550

Tabel 4 *Values of the non-linear coefficients*

	MIN	MAX
$C_{ABT}$	0.064	0.122
$C_{ABL}$	0.068	0.146
$C_{VPR}$	0.0011	0.00272

A. Kapal dengan penambahan bulbous bow tipe V  
Parameter linear dan non-linear desain bulbous bow yang telah dihitung adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} C_{BB} &= 0,17 & B_b &= 1,122 \text{ m} \\ C_{LPR} &= 0,03 & C_{LPR} &= 0,030 \text{ m} \\ C_{ZB} &= 0,55 & Z_b &= 1,380 \text{ m} \\ C_{ABT} &= 0,076 & A_{BT} &= 2,426 \text{ m}^2 \\ C_{ABL} &= 0,77 & A_{BL} &= 2,475 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

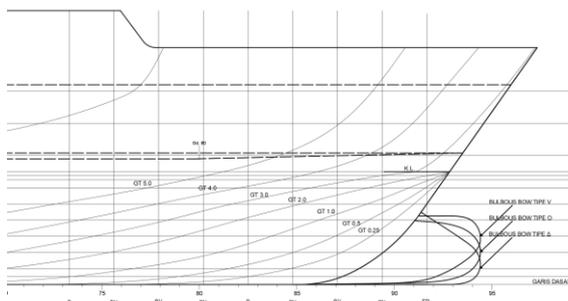
B. Kapal dengan penambahan bulbous bow tipe O  
Parameter linear dan non-linear desain bulbous bow yang telah dihitung adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} C_{BB} &= 0,17 & B_b &= 1,122 \text{ m} \\ C_{LPR} &= 0,03 & C_{LPR} &= 0,030 \text{ m} \\ C_{ZB} &= 0,405 & Z_b &= 1,013 \text{ m} \\ C_{ABT} &= 0,076 & A_{BT} &= 2,426 \text{ m}^2 \\ C_{ABL} &= 0,77 & A_{BL} &= 2,475 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

C. Kapal dengan penambahan bulbous bow tipe  $\Delta$   
Parameter linear dan non-linear desain bulbous bow yang telah dihitung adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} C_{BB} &= 0,17 & B_b &= 1,122 \text{ m} \\ C_{LPR} &= 0,03 & C_{LPR} &= 0,030 \text{ m} \\ C_{ZB} &= 0,260 & Z_b &= 0,650 \text{ m} \\ C_{ABT} &= 0,076 & A_{BT} &= 2,426 \text{ m}^2 \\ C_{ABL} &= 0,77 & A_{BL} &= 2,475 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Setelah ditemukan besar dimensi bulbous bow maka dapat digambar menjadi berikut :



Gambar 6 kapal setelah ditambah variasi tipe *Bulbous bow*

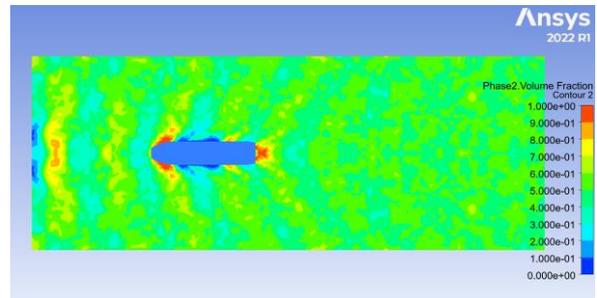
Setelah ukuran dimensi bulbous bow ditemukan maka dapat digambarkan ke dalam gambar rancangan garis kapal. Gambar diatas menunjukkan gambar variasi tipe bulbous bow ketika ditambahkan ke kapal yang sebelumnya tidak memiliki bulbous bow, diatas merupakan tampak samping dari gambar rancangan garis.

#### 4.2 Perhitungan Hambatan Kapal

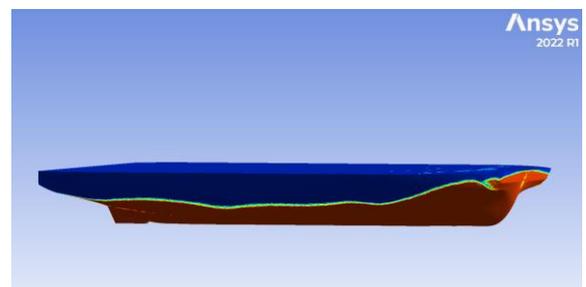
Perhitungan hambatan kapal dibantu dengan menggunakan aplikasi CFD yaitu *Ansys Fluent*. Pada tahap ini kapal tanpa bulbous dan kapal dengan variasi tipe bulbous akan disimulasikan berdasarkan variasi kecepatan yang sudah

ditentukan sebelumnya. Berikut adalah hasil simulasi hambatan yang terjadi pada kapal :

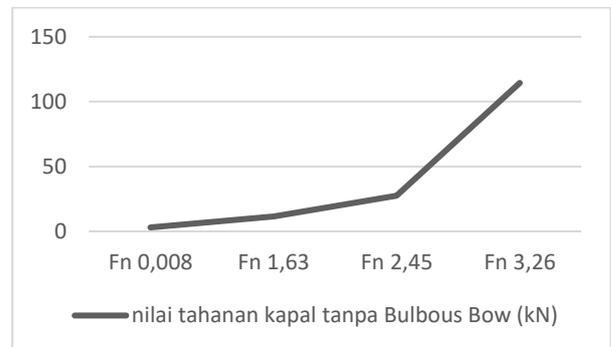
A. Hasil hambatan pada kapal tanpa bulbous bow



Gambar 7 *wave making* kapal tanpa *bulbous bow*



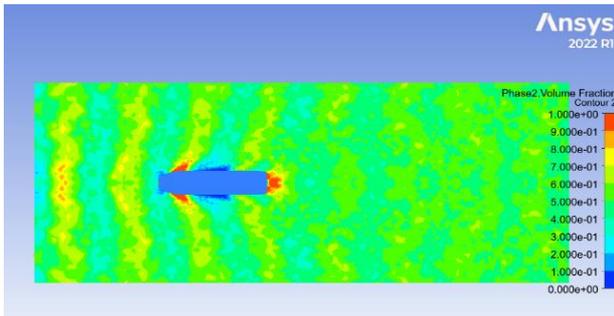
Gambar 8 *wave pressure* kapal tanpa *bulbous bow*



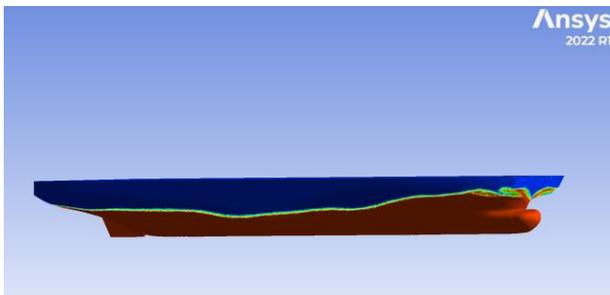
Gambar 9 hasil tahanan kapal tanpa *bulbous bow*

Dapat dilihat pada gambar 4.5, Hasil simulasi kapal tanpa bulbous bow menunjukkan bahwa hambatan kapal pada *froude number* (Fn) 0,008 adalah sebesar 3,0442 kN. Ketika kecepatan ditambahkan, besar hambatan yang dihasilkan kapal terus meningkat. Berdasarkan gambar grafik diatas maka besar hambatan pada *froude number* (Fn) 1,63 sebesar 11,5572 kN. Besar hambatan pada *froude number* (Fn) 2,45 sebesar 27,43 kN. Besar hambatan pada *froude number* (Fn) 3,26 sebesar 114,4592 kN.

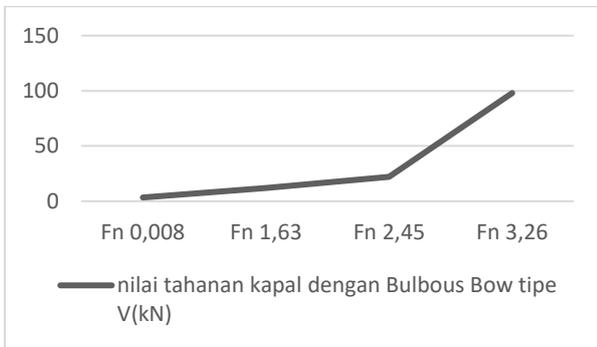
B. Hasil hambatan kapal dengan bulbous bow tipe V



Gambar 10 wave making kapal dengan bulbous bow tipe V



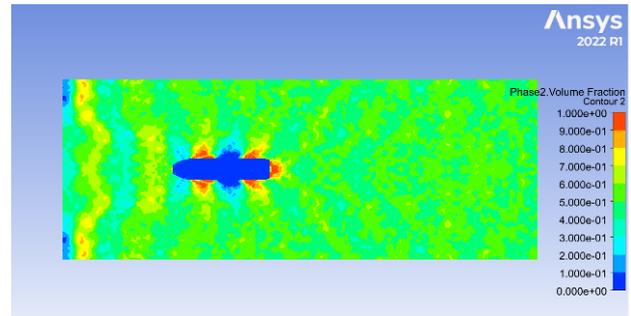
Gambar 11 wave pressure kapal dengan bulbous bow tipe V



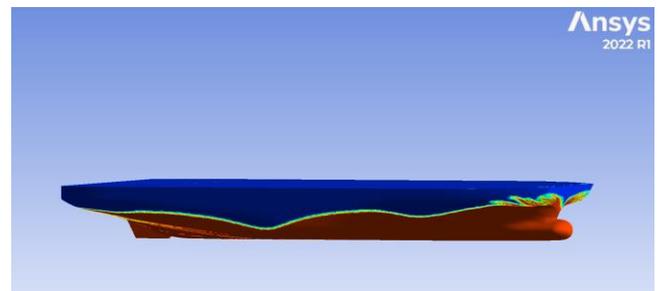
Gambar 12 hasil tahanan kapal dengan bulbous bow tipe V

Dapat dilihat pada gambar 4.7, Hasil simulasi kapal dengan bulbous bow tipe V menunjukkan bahwa hambatan kapal pada froude number (Fn) 0,008 adalah sebesar 3,3882 kN. Ketika kecepatan ditambahkan besar hambatan yang dihasilkan kapal terus meningkat. Berdasarkan gambar grafik diatas maka besar hambatan pada froude number (Fn) 1,63 sebesar 12,0698 kN. Besar hambatan pada froude number (Fn) 2,45 sebesar 22,1414 kN. Besar hambatan pada froude number (Fn) 3,26 sebesar 97,9574 kN.

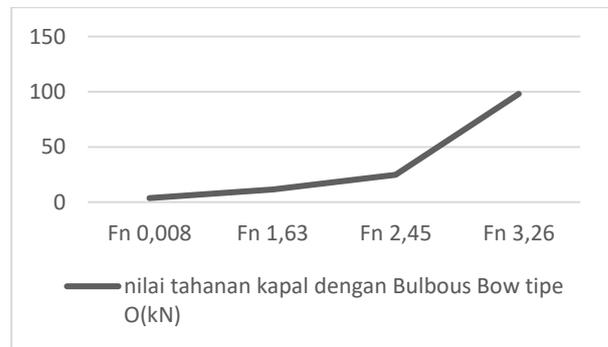
C. Hasil hambatan kapal dengan bulbous bow tipe O



Gambar 13 wave making kapal dengan bulbous bow tipe O



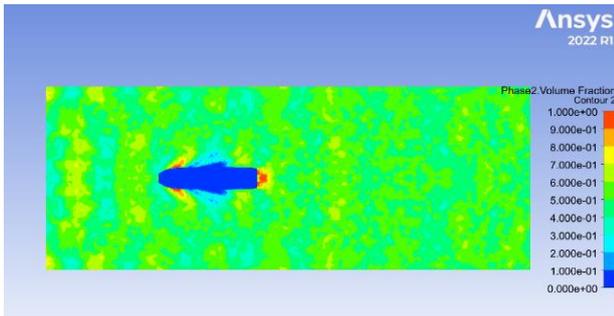
Gambar 14 wave pressure kapal dengan bulbous bow tipe O



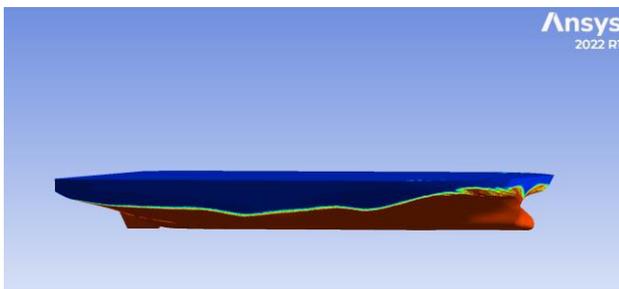
Gambar 15 hasil tahanan kapal dengan bulbous bow tipe O

Dapat dilihat pada gambar 4.9, Hasil simulasi kapal dengan bulbous bow tipe O menunjukkan bahwa hambatan kapal pada froude number (Fn) 0,008 adalah sebesar 3,6588 kN. Ketika kecepatan ditambahkan besar hambatan yang dihasilkan kapal terus meningkat. Berdasarkan gambar grafik diatas maka besar hambatan pada froude number (Fn) 1,63 sebesar 11,4366 kN. Besar hambatan pada froude number (Fn) 2,45 sebesar 24,873 kN. Besar hambatan pada froude number (Fn) 3,26 sebesar 98,074 kN.

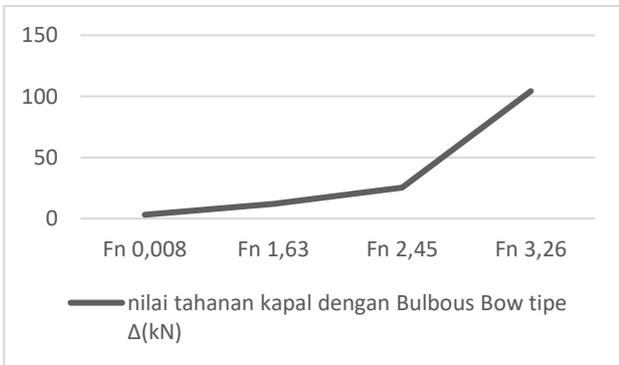
D. Hasil hambatan kapal dengan bulbous bow tipe  $\Delta$



Gambar 16 wave making kapal dengan bulbous bow tipe  $\Delta$



Gambar 17 wave pressure kapal dengan bulbous bow tipe  $\Delta$

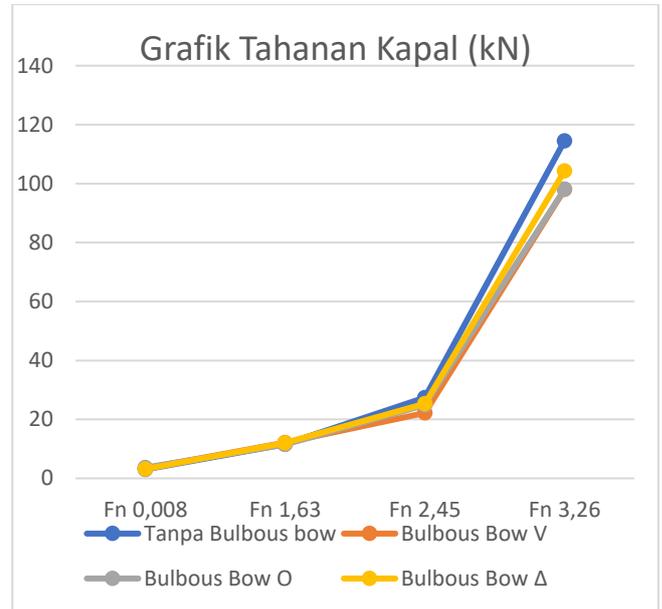


Gambar 18 hasil tahanan kapal dengan bulbous bow tipe  $\Delta$

Dapat dilihat pada gambar 4.9, Hasil simulasi kapal dengan bulbous bow tipe  $\Delta$  menunjukkan bahwa hambatan kapal pada *froude number* (Fn) 0,008 adalah sebesar 3,1466 kN. Ketika kecepatan ditambahkan besar hambatan yang dihasilkan kapal terus meningkat. Berdasarkan gambar grafik diatas maka besar hambatan pada *froude number* (Fn) 1,63 sebesar 12,0265 kN. Besar hambatan pada *froude number* (Fn) 2,45 sebesar 25,3492 kN. Besar hambatan pada *froude number* (Fn) 3,26 sebesar 104.265 kN.

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, perbandingan besar tahanan kapal yang dihasilkan

oleh kapal tanpa bulbous bow dan kapal dengan variasi tiga tipe bulbous bow dapat digambarkan melalui grafik dibawah ini.



Gambar 19 grafik tahanan kapal

Kapal dengan penambahan *bulbous bow* pada kecepatan lebih rendah tidak menunjukkan pengaruh signifikan terhadap tahanan kapal. Dapat ditunjukkan pada gambar 21 bahwa pada Fn 0,008 kapal tanpa bulbous bow menghasilkan nilai tahanan lebih rendah namun ada sedikit pengaruh pada bulbous bow tipe ellipse pada Fn 1,63 sebesar 0,1% nilai tahanan kapal lebih kecil dari kapal yang tidak di tambahkan bulbous bow.

Pada kecepatan lebih tinggi terlihat pengaruh penambahan bulbous terhadap performa tahanan kapal. Pada Fn 3,26, kapal dengan tipe bulbous bow nabla, menunjukkan nilai tahanan kapal paling rendah hingga sebesar 16,5018 kN lebih rendah dari pada kapal tanpa bulbous bow dengan rincian nilai tahanan kapal sebesar 97,9574 kN dan kapal tanpa bulbous sebesar 114,4592 kN. Fenomena yang sama juga terjadi pada kapal dengan bulbous bow tipe elipse dan delta dengan besar nilai hambatan secara berturut-turut sebesar 98,074 kN dan sebesar 104,265 kN.

### 4.3 Perhitungan Daya Mesin

Perhitungan daya efektif (EHP)

$$EHP = R_t \times V_t$$

Perhitungan DHP (*Delivery Horse Power*)

$$DHP = EHP / P_c$$

$$P_C = \eta_H \times \eta_R \times \eta_O$$

Perhitungan SHP (*Shaft Horse Power*)

$$\text{SHP} = \text{DHP} / 0,98$$

Perhitungan BHP (*Brake Horse Power*)

BHP kapal dapat ditentukan dengan menambahkan nilai SHP dengan *persentase sea margin* (*Sm*) sebesar 15 – 20%. Nilai BHP<sub>sm</sub> lalu dibagi dengan 0,85 karena margin mesin berkisar 20%. Maka nilai BHP adalah sebagai berikut :

$$\text{BHP}_{sm} = (\text{SHP} \times \text{Sm}) + \text{SHP}$$

$$\text{BHP}_{scr} = \text{SHP} / \eta_G$$

$$\text{BHP}_{mcr} = \text{BHP}_{scr} / 0,85$$

Perhitungan konsumsi bahan bakar

$$W_{FO} = \text{BHP}_{scr} \times \text{SFOC} \times \frac{S}{V_S} \times C \times 10^{-6}$$

Berdasarkan hasil nilai hambatan yang sudah dihitung maka beban mesin yang dibutuhkan kapal adalah sebagai berikut. Kapal dengan tidak menggunakan *bulbous* dengan nilai hambatan penuh sebesar 114,4592 kN membutuhkan daya mesin sebesar **1977,63 HP**. Kapal dengan *bulbous bow* tipe V dengan nilai hambatan penuh sebesar 97,9574 kN membutuhkan daya mesin sebesar **1692,511 HP**. Kapal dengan *bulbous bow* tipe O dengan nilai tahanan 98,074 kN membutuhkan daya mesin sebesar **1694,526 HP** dan untuk kapal dengan *bulbous bow* tipe Δ dengan nilai hambatan 104,265 kN membutuhkan daya mesin sebesar **1801,494 HP**. Maka dengan asumsi pelayaran sejauh 1000Nm konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan kapal adalah sebagai berikut; kapal tanpa penambahan *bulbous bow* sebesar **25,70 ton**, *bulbous bow* tipe V sebesar **21,99 ton**, *bulbous bow* tipe O sebesar **22,02 ton**, *bulbous bow* tipe Δ sebesar **23,41 ton**.

#### 4.4 Pembahasan

Tabel 5 perbandingan WSA, Hambatan total, Daya mesin dan kebutuhan bahan bakar

Tipe Kapal	WSA	Hambatan total	Daya Mesin	Kebutuhan Bahan Bakar /100 Nm
kapal tanpa <i>bulbous bow</i>	700,015 m <sup>2</sup>	114,4592 kN	1977,630 HP	25,70 ton
kapal dengan <i>bulbous bow</i> tipe V	715,408 m <sup>2</sup>	97,9574 kN	1692,511 HP	21,99 ton
kapal dengan <i>bulbous bow</i> tipe O	717,100 m <sup>2</sup>	98,0740 kN	1694,526 HP	22,02 ton
kapal dengan <i>bulbous bow</i> tipe Δ	720,716 m <sup>2</sup>	104,2650 kN	1801,494 HP	23,41 ton

Secara teori *bulbous bow* bekerja dengan cara mempercepat aliran fluida di atas *bulbous bow*, sehingga menciptakan area bertekanan rendah pada permukaan fluida [8]. Daerah bertekanan rendah kemudian bereaksi dengan tekanan gelombang di haluan, dimana reaksi tersebut terjadi untuk mengurangi dampak gelombang dari haluan [17]. Ketika kapal dijalankan dengan kecepatan tertentu, tekanan yang terjadi pada haluan akan besar, ketika

ditambahkan *bulbous bow* tekanan tersebut akan tereduksi sehingga mempengaruhi gelombang pada lambung kapal. Berdasarkan gambar 13 menunjukkan bahwa kapal dengan *bulbous bow* tipe V dapat mereduksi tekanan gelombang pada haluan dengan efisien sehingga menghasilkan nilai tahanan total lebih rendah dibandingkan kapal tanpa *bulbous bow* dapat dilihat pada gambar 10. Dengan penambahan *bulbous bow* tipe 5 nilai tahanan total kapal dapat direduksi sehingga sebesar 6,2%. Berdasarkan tabel menunjukkan perbandingan luasan WSA ketika kapal sebelum ditambahkan *bulbous bow* dan setelah ditambah variasi tipe *bulbous bow*. Nilai besaran hambatan total berdasarkan kecepatan 15 knot. Pada desain paling optimal dengan *bulbous bow* tipe V dapat mengurangi kebutuhan daya mesin hingga sebesar 6,2%. Berdasarkan tabel diatas menunjukkan bahwa selisih kebutuhan bahan bakar dengan asumsi jarak pelayaran 1000 nautical mile adalah sebesar 3,71 ton. Berdasarkan data diatas menunjukkan bahwa perubahan luasan area yang tercelup dan perubahan bentuk dapat mempengaruhi hambatan total yang terjadi pada kapal.

#### 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan bahwa penerapan *bulbous bow* pada variasi kecepatan adalah sebagai berikut:

- 1 Pada kecepatan rendah penerapan *bolbous bow* tidak mempengaruhi performa kapal, cenderung meningkatkan nilai Hambatan kapal. Pengaruh penerapan *bulbous bow* akan lebih terlihat ketika kapal dijalankan pada kecepatan tinggi.
- 2 *Bulbous bow* dengan tipe V menghasilkan nilai Hambatan total paling optimal jika dibandingkan dengan model lainnya. Pada kecepatan 15 knot kapal dengan *bulbous bow* tipe V menghasilkan nilai Hambatan 6,2% lebih rendah dibanding dengan kapal tanpa *bulbous bow*
- 3 Nilai hambatan yang rendah mempengaruhi kebutuhan daya mesin yang digunakan kapal. Kapal dengan variasi *bulbous bow* tipe V membutuhkan daya mesin sebesar 1692,511 HP.
- 4 Kebutuhan bahan bakar dengan desain kapal dengan penambahan *bulbous bow* tipe V memiliki selisih kebutuhan sebesar 3,71ton dibandingkan dengan kapal tanpa penambahan *bulbous bow*.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Faber, S. Hanayama, S. Zhang and etc, "Forth IMO GHG Study 2020," International Maritime Organization (IMO), London, UK, 2021.
- [2] M. E. P. C. (MPEC), "Resolution MPEC.304(72) Initial IMO Strategy on Reduction of GHG Emissions From Ship," International Maritime Organization , London , 2018.
- [3] Bertram dan Volker, Practical Ship Hydrodynamics, Oxford: Elsevier Ltd., 2012.
- [4] Hochkirch, Karsten, Betram dan Volker, "Options for Fuel Saving for Ships," DNVGL, New York, 2010.
- [5] T. G. Tran, C. V. Huynh dan H. C. Kim, "Optimal Design Method of Bulbous Bow for Fishing Vessel," *International Jurnal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, pp. 858-876, 2021.
- [6] M. Raju, P. Sivabalan, T. Thamby dan B. saravanan, "Effect of Bulbous Bow on Resistance of a Tuna Longliner," *Intenational Journal of Advanced Research in Engineering and Technology (IJARET)*, vol. 11, no. 2020, pp. 136-145, 2020.
- [7] H. Díaz-Ojeda, F. Pérez-Arribas dan S. R. Turnock, "The influence of dihedral bulbous bows on the resistance of small fishing," *Ocean Engineering*, vol. 281, no. April 2023, pp. 1-12, 2023.
- [8] B. N. Haksa, E. H. Sasmito dan M. Iqbal, "Analisa Penambahan Bulbous Bow Pada Kapal Perintis 750 DWT Guna Mengurangi Efek Slamming," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 05, no. 01, pp. 253-261, 2017.
- [9] P. W. Putra, H. Poernomo dan B. D. Alfanda, "Analisis Pengaruh Bulbous Bow Tipe  $\Delta$ , O, V Terhadap Hambatan Kapal, Konsumsi Bahan Bakar, Dan Rotasi Per Menit Motor Pada Kapal Dengan LPP 160,7 M," *Conference on Marine Engineering and its Application*, vol. 3, no. 1, 2020.
- [10] G. Watson dan David, Practical Ship Design, Scotland: Elsevier, 1998.
- [11] M. Kracht dan Alfred, "Design of Bulbous Bow," *Transactions SNAME*, 1978.
- [12] V. Lewis dan Edward, Principles of Naval Architecture Second Revision, Jersey City: The Society of Naval Architects and Marine Engineers, 1988.
- [13] Djatmiko, Kasih dan Perlambang, "Analisa Pengaruh Penerapan Bulbous Bow Terhadap Pemakaian Bahan Bakar Pada Kapal Trawler Vessel di Perairan Laut Arafura," *Jurusan Teknik Sistem Perkapalan*, 2016.
- [14] R. Undap dan F. Arif, "The Effect of Trim On Tanker, Container, and Bulk Carrier Ship Toward The Reduction of Ship's Exhaust Gas Emission," *Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan*, vol. 18, no. 2, pp. 58-68, 2021.
- [15] J. D. Anderson, Computational Fluid Dynamics The Basics with Applications, New York: McGraw-Hill, Inc, 1995.