

## SIMULASI NUMERIK PENGARUH PENAMBAHAN *BULBOUS BOW* BENTUK TANDUK BANTENG PADA HULL KRI FATAHILLAH 361 TERHADAP GAYA HAMBAT

**Arsal Naufal Yudhatama**

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
Email: arsal.19082@mhs.unesa.ac.id

**A. Grummy Wailanduw**

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
Email: grummywailanduw@unesa.ac.id

### Abstrak

Hull kapal adalah bagian yang paling penting dalam desain kapal karena mempengaruhi performa kapal secara keseluruhan. Ketika sebuah benda bentuk dikenai fluida yang mengalir maka akan menghasilkan gaya hambat benda. Penambahan *bulbous bow* pada haluan kapal merupakan cara yang efektif untuk mereduksi hambatan dengan cara memanipulasi gelombang air pada haluan kapal agar gaya hambatnya menjadi lebih kecil. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh penambahan *bulbous bow* bentuk tanduk banteng pada hull terhadap nilai gaya hambat pada kapal menggunakan simulasi numerik dengan software Maxsurf Enterprise V8i. Simulasi dilakukan menggunakan referensi kapal KRI Fatahillah 361 dengan penambahan *bulbous bow* yang divariasikan menjadi 3 tipe menggunakan parameter *linear form coefficient* dengan nilai koefisien minimal, tengah, dan maksimal serta diuji pada kondisi laju kapal pada kecepatan 12 knot; 21 knot; 30 knot. Dari hasil simulasi dapat diketahui bahwa dengan melakukan variasi geometri dari *bulbous bow* dapat mempengaruhi bentuk pola kontur ketinggian dan nilai  $C_D$  yang berbeda, semakin panjang *bulbous bow* yang digunakan pada kecepatan tinggi maka akan semakin baik pemecahan gelombangnya sehingga minim menimbulkan *coefficient of drag* pada permukaan kapal. Berdasarkan data  $C_D$  seiring berubahnya kecepatan kapal dan tujuan dari kapal KRI Fatahillah 361 yang merupakan kapal patroli, maka *bulbous bow* tipe – 3 dipilih karena meskipun pada kecepatan 12 knot menghasilkan hambatan yang lebih tinggi, namun perbedaan tersebut tidak terlalu signifikan. Selain itu pada kecepatan 21 knot dan 30 knot lebih unggul dalam memecah ombak sehingga gesekan pada permukaan kapal dapat berkurang dan *coefficient of drag* kapal dapat diminimalisir.

**Kata Kunci:** *Bulbous bow*, Coefficient Of Drag, Hull, linear form coefficient, Simulasi Numerik.

### Abstract

*The hull of the ship is the most important part in the ship design as it affects the overall ship performance. When a shape object is subjected to fluid that flows, it will produce an obstacle style of the object. The addition of a bulbous bow to a ship's hallway is an effective way to reduce obstacles by manipulating the water waves on the boat's halve so that the barrier strength becomes smaller. The study aims to examine the influence of bulbous bow-shaped bulb corn additions on the hull on the barrier-style values on the ship using numerical simulations with Maxsurf Enterprise V8i software. The simulation was carried out with the addition of bulbous bows varied into 3 types and tested at ship speed conditions at speeds of 12 knots; 21 knot; 30 knot. From the results of the simulation can be seen that by performing a geometric variation of the bulbous bow can affect the shape of the pattern of the contour of the height and the different  $C_D$  values, the longer the bulb bow is used at high speeds, the better will be the breaking of its wave so that the minimum causes coefficient of drag on the surface of the ship. Based on  $C_D$  data as the speed of the ship changes and the destination of the KRI Fatahillah 361 ship, which is a patrol ship, the bulbous bow type – 3 is chosen because although at the speed 12 knots produce a higher obstacle, but the difference is not too significant. In addition, at the speed of 21 knots and 30 knots are superior in breaking waves so that friction on the surface of the ship can be reduced and the coefficient of drag of the vessel can be minimized.*

**Keywords:** *Bulbous bow*, Coefficient of Drag, Hull, linear form coefficient, Numerical Simulation.

### PENDAHULUAN

Kapal merupakan alat transportasi yang berperan penting dalam kegiatan ekonomi, perdagangan, dan pertahanan negara suatu negara. Melakukan fungsi-fungsi ini membutuhkan kinerja kapal yang optimal. KRI Fatahillah 361 merupakan salah satu kapal perang milik TNI Angkatan Laut dan digunakan untuk berbagai misi pertahanan dan keamanan maritim. Dalam menjalankan fungsinya, KRI Fatahillah 361 harus memiliki kinerja

lambung yang optimal untuk mencapai kecepatan yang dibutuhkan dan efisiensi bahan bakar yang baik.

Saat sebuah kapal bergerak, secara alami ia mengalami hambatan dari medium yang dilaluinya. Hambatan sangat bergantung terhadap kedalaman suatu perairan dimana semakin dangkal suatu perairan maka hambatan yang ditimbulkan akan semakin besar.

Menurut Suteja, dkk. (2013) *bulbous bow* merupakan struktur di haluan kapal yang membulat dan berada di bawah permukaan air yang berfungsi menghasilkan

gelombang sebelum kapal mendorong air. *Bulbous bow* merupakan salah satu elemen yang dapat meningkatkan kinerja lambung kapal. *Bulbous bow* dapat mempengaruhi hidrodinamika kapal dan mengurangi hambatan kapal, sehingga meningkatkan kecepatan dan efisiensi bahan bakar kapal. Gelombang yang dihasilkan *bulbous bow* berlawanan arah dengan gelombang yang dihasilkan oleh badan kapal, sehingga kedua gelombang tersebut akan saling menghilangkan dan membuat gelombang yang dihasilkan menjadi lebih kecil.

Kasih, dkk. (2016) menyampaikan bahwa diperlukan penambahan *bulbous bow* sebagai pengurang tahanan pada kapal sekaligus pemecah ombak agar kapal dapat bermanuver lebih baik serta berfungsi sebagai stabilitas kapal. Pada penelitiannya diketahui bahwa penggunaan *bulbous bow* dapat mengurangi tahanan kapal yang dapat mempengaruhi dalam menentukan kebutuhan power dalam pemilihan mesin utama kapal, dimana semakin kecil *power* yang di butuhkan maka akan semakin kecil juga nilai dari kebutuhan bahan bakar.

Menurut Kracht (1978) tonjolan pada bagian depan kapal berpengaruh secara hidrodinamis, mengubah ketinggian gelombang di sekitar area tersebut. *Bulbous bow* dipasang pada kapal-kapal dengan kecepatan tinggi untuk mengurangi hambatan, dimana sifatnya bergantung pada fungsi koefisien blok dan *Froude number* kapal, untuk kapal dengan  $C_B$  dan  $F_n$  tertentu dapat memakai *bulbous bow* karena pertimbangan keuntungan pengurangan *resistance* yang cukup besar, atau sebaliknya (Romadhoni, 2017).

*Bulbous bow* berbentuk khusus bekerja dengan mempercepat aliran fluida di area permukaan di atas *bulbous bow*, sehingga menciptakan area bertekanan rendah di permukaan fluida. Area bertekanan rendah ini kemudian bereaksi dengan gelombang tekanan di haluan, dan reaksi tersebut mengurangi efek gelombang dari haluan. Akhirnya, mengurangi tekanan pada lambung dan mengurangi hambatan, pemasangan *bulbous bow* juga mempengaruhi nilai gaya dorong efektif yang diperlukan untuk menggerakkan kapal karena diketahui bahwa gaya dorong efektif berhubungan langsung dengan fungsi besarnya *resistance* pada lambung kapal serta kecepatan kapal.

Dengan demikian melalui penelitian terdahulu yang sudah diuraikan diatas, hambatan alami yang muncul dapat diatasi dengan penambahan variasi geometri pada *bulbous bow* dengan tipe 0 (elips) dibagian haluan kapal.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh penambahan variasi geometri pada *bulbous bow* berbentuk tanduk banteng pada performa hull KRI Fatahillah 361 dalam membuat kontur ketinggian saat memecah ombak dan mengidentifikasi coefficient of drag yang diterima oleh KRI Fatahillah 361.

## METODE

### Jenis Penelitian

Penelitian untuk mengetahui pengaruh variasi geometri *bulbous bow* terhadap  $C_D$  dan kontur ketinggian yang dilakukan menggunakan pendekatan simulasi, dengan

menggunakan perangkat lunak simulasi numerik *Computational Fluid Dynamic* (CFD).

### Objek Penelitian

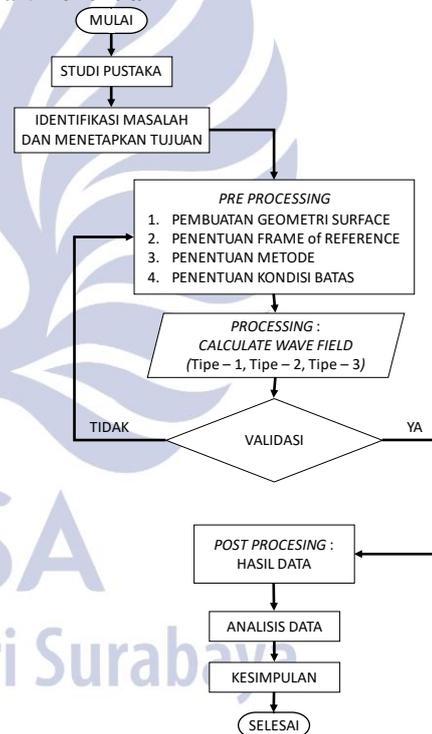
Objek penelitian yang digunakan saat penelitian adalah hull KRI Fatahillah 361 dengan spesifikasi sebagai berikut:

Type warship	: Korvet
Displacement	: 1487,83 ton
LOA	: 83,85 meter
LWL	: 79,0 meter
LPP	: 78,50 meter
BMS	: 11,10 meter
T	: 3,35 meter
V	: 30,0 knot



Gambar 1. Objek penelitian

### Flowchart Penelitian



Gambar 2. Flowchart penelitian

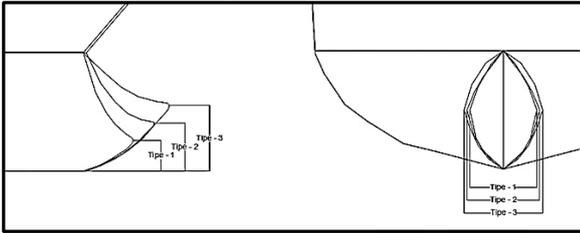
### Variasi Geometri *Bulbous bow*

Pengambilan angka *linear form coefficient* didasari oleh buku *design of bulbous bow* (Kracht, 1978). Dengan mengambil 3 nilai yaitu minimal, tengah, dan maksimal yang dicantumkan pada buku tersebut.

Tabel 1. Nilai angka *linear form coefficient* yang digunakan

	Min	Mid	Max
$C_{BB}$	0,17	0,185	0,20
$C_{LPR}$	0,018	0,0245	0,031
$C_{ZB}$	0,26	0,405	0,55

- Tipe – 1 (Minimal)
  - $B_B = 1,89$  m
  - $L_{PR} = 1,41$  m
  - $Z_B = 0,87$  m
- Tipe – 2 (Tengah)
  - $B_B = 2,05$  m
  - $L_{PR} = 1,92$  m
  - $Z_B = 1,36$  m
- Tipe – 3 (Maksimal)
  - $B_B = 2,22$  m
  - $L_{PR} = 2,43$  m
  - $Z_B = 1,84$  m



Gambar 3. Variasi geometri *bulbous bow*

**Variabel Penelitian**

- Variabel Bebas
  - Variasi geometri panjang, lebar, dan tinggi yang digunakan adalah :
    - ❖  $C_{LPR} = 0,018 ; 0,0245 ; 0,031$
    - ❖  $C_{BB} = 0,17 ; 0,185 ; 0,20$
    - ❖  $C_{ZB} = 0,26 ; 0,405 ; 0,55$
- Variabel Terikat
  - ❖ *Coefficient Of Drag* ( $C_D$ )
  - ❖ Kontur ketinggian
- Variabel Kontrol
  - ❖ Dimensi Kapal
    - $LOA : 83,85$  meter
    - $LWL : 79,0$  meter
    - $LPP : 78,50$  meter
    - $B_{MS} : 11,10$  meter
    - $T : 3,35$  meter
  - ❖ Kecepatan kapal 12 knot, 21 knot, 30 knot

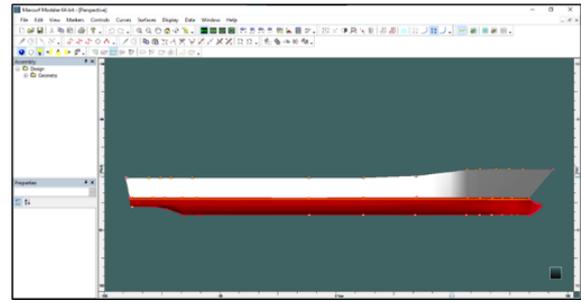
**Teknik Pengumpulan Data**

**Tahap Pre-processing**

Tahap awal pada simulasi numerik komputasi fluida dinamik yaitu tahap *pre-processing* ini dilakukan pembuatan geometri dan *surface*, penentuan *frame of reference*, penentuan metode, dan penentuan kondisi batas.

• **Pembuatan Geometri dan Surface**

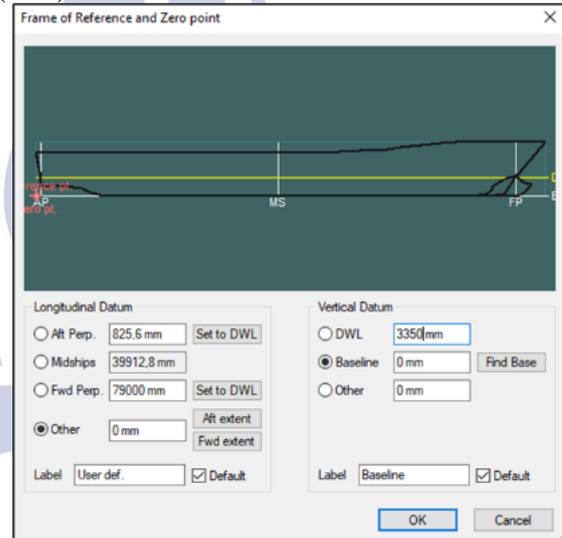
Pembuatan geometri dan surface KRI Fatahillah 361 dengan *bulbous bow* mengacu pada data spesifikasi kapal dari penelitian (Muhammah. Dkk, 2022) menggunakan software Maxsurf Modeller.



Gambar 4. Pembuatan geometri

• **Penentuan *Frame of Reference***

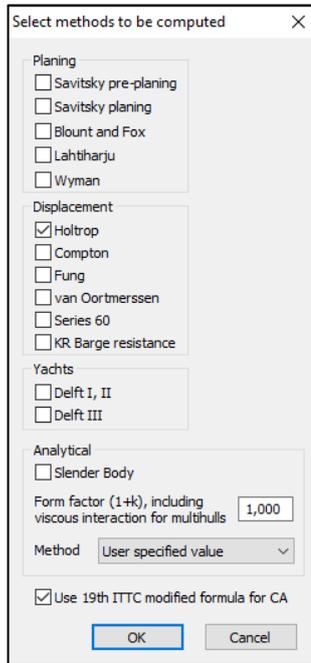
Menentukan *frame of reference* dari desain dengan mengatur titik koordinat bagian *Longitudinal Datum* yaitu pada bagian *Aft Perp.* (*perpendicular* belakang), *Midship* (bagian tengah kapal), dan *Fwd Perp.* (*perpendicular* depan). Lalu pada bagian *Vertical Datum* bagian DWL dapat diisi sesuai dengan tinggi garis air dari desain kapal dan *Baseline* diisikan sesuai dengan tinggi koordinat pada bagian paling bawah dari kapal. Selanjutnya desain disimpan dalam bentuk (.msd).



Gambar 5. Penentuan *frame of reference*

• **Penyesuaian Metode Komputasi**

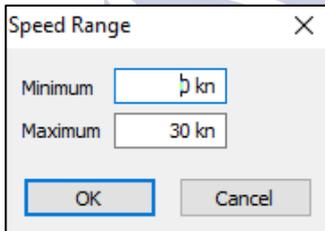
Penyesuaian metode komputasi dilakukan menggunakan software Maxsurf Resistance dengan awalan yaitu melakukan import file msd dari Maxsurf Modeller. Kemudian atur metode komputasi perhitungan desain yang akan dianalisa. Tipe komputasi yang dipakai adalah adalah *Displacement* dengan perhitungan *Holtrop* dan memakai standar dari *International Towing Tank Conference (ITTC) 1957* yang mana perhitungan tersebut cocok untuk menghitung tahanan hambatan dan untuk mengestimasi karakteristik propulsi, seperti efisiensi baling-baling dan daya yang dibutuhkan untuk mencapai kecepatan tertentu (Holtrop, 1984).



Gambar 6. Penentuan metode komputasi

• **Menentukan Rentang Kecepatan Kapal**

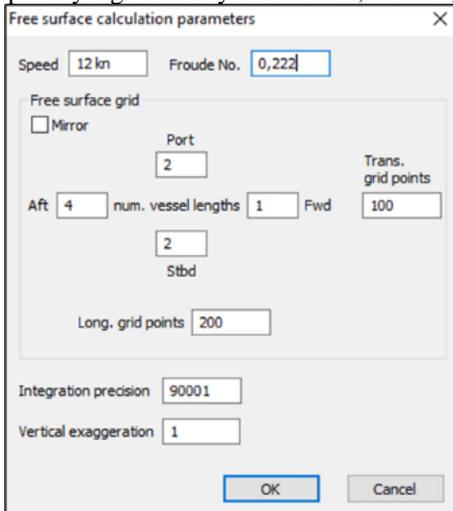
Pada proses menentukan rentang kecepatan kapal, angka yang dipakai adalah minimal sebesar 0 knot dan maksimal 30 knot yang disesuaikan dengan kecepatan maksimal dari KRI Fatahillah 361.



Gambar 7. Penentuan rentang kecepatan

• **Menentukan Parameter Free Surface**

Tahap ini dilakukan untuk menentukan kontur kecepatan dan kontur tekanan yang divisualisasikan dengan desain kapal yang sudah dibuat, pemilihan nilai variasi parameter disesuaikan dengan nilai variabel kecepatan yang diambil yaitu 12 knot, 21 knot, 30 knot



Gambar 8. Penentuan kondisi free surface

**Tahap Processing**

Pada tahap ini semua kondisi yang telah diatur sebelumnya akan dilakukan perhitungan. Pada tahap ini diharapkan tercapai nilai dan hasil yang diinginkan. Apabila validasi nilai dan hasil telah sesuai maka dapat dilanjutkan ke *post processing*.

**Tahap Post-Processing**

Pada tahap ini hasil dari perhitungan yang telah dilakukan dapat ditampilkan secara kuantitatif ataupun kualitatif. Data kuantitatif dapat berupa nilai kecepatan, *Froude No. LWL*, *Froude No. Volume*, gaya hambat (metode *holtrop*), nilai daya (metode *holtrop*) dan data dapat berupa tampilan gambar kontur tekanan dan kecepatan.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Validasi Data**

Pengujian validasi data dilakukan menggunakan referensi model kapal dan jenis perhitungan yang digunakan dari (Romadhoni, 2017) yang diujikan dengan *software Maxsurf Resistance* dengan metode perhitungan yang digunakan adalah *Holtrop* dan pada data kecepatan kapal 10 knot, 12 knot, 14 knot, 16 knot, dan 18 knot seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. Perbandingan hasil resistance analisa desain kapal

Holtrop Resist. (kN)			
Speed (knot)	Romadhoni, 2017	Data Peneliti	Error
10	236,88	233,85	1,28%
12	336,12	334,96	0,34%
14	455,93	462,15	1,35%
16	603,99	629,79	4,10%
18	793,05	861,38	7,93%

Tabel 3. Perbandingan hasil power analisa desain kapal

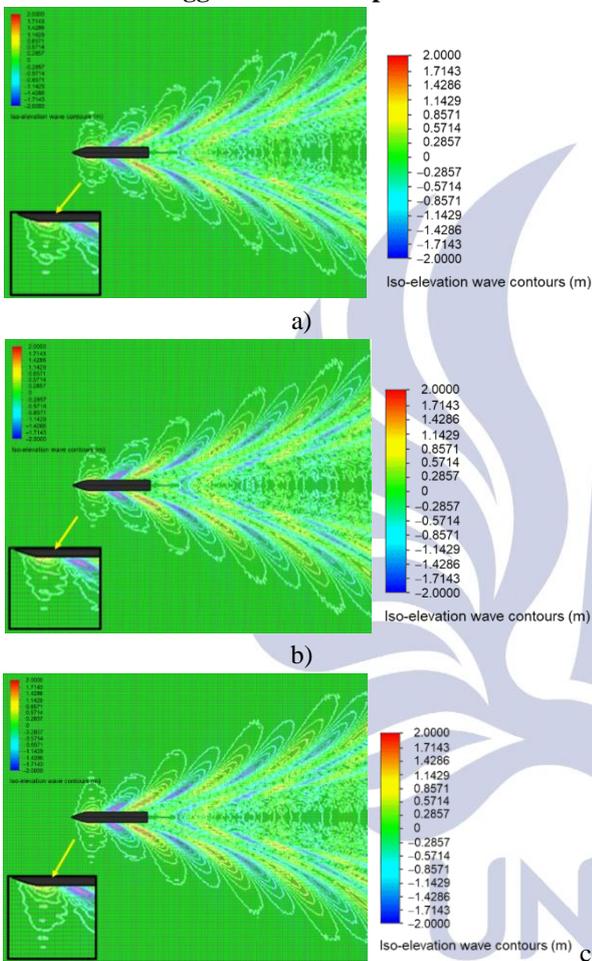
Holtrop Power (hp)			
Speed (kn)	Romadhoni, 2017	Dokumen Pribadi	Error
10	1815,78	1613,295	11,15%
12	3091,8	2773,004	10,31%
14	4892,85	4463,57	8,77%
16	7407,65	6951,725	6,15%
18	10942,16	10696,441	2,25%

**Hasil Penelitian**

• **Kontur Ketinggian**

Dalam menentukan besarnya tahanan pada kapal dapat diketahui dari beberapa indikator seperti kemampuan *bulbous bow* dalam memecah ombak yang datang ke haluan kapal, banyaknya gelombang ombak yang menabrak *bulbous bow*, serta jumlah dan ukuran dari gelombang sisa yang menggesek permukaan sehingga menghasilkan *coefficient of drag* pada kapal.

**Kontur Ketinggian Pada Kecepatan 12 Knot**



**Gambar 9.** Kontur ketinggian tipe pada kecepatan 12 knot : a) Tipe – 1, b) Tipe – 2, c) Tipe – 3

Berdasarkan pada gambar di atas tahanan terbesar pada kecepatan 12 knot terletak pada tipe – 3, pada tipe – 1 dan tipe - 2 terlihat *trail* saat setelah kapal melaju berwarna ungu yang menunjukkan ketinggian elevasi pada area tersebut pada elevasi lebih rendah sekitar 1,4286 – 1,7143 m dari permukaan laut, lalu disusul dengan kembalinya ketinggian kearah elevasi normal yaitu berwarna biru muda sekitar 0,5714 – 0,8571 m dibawah permukaan laut, selanjutnya elevasi dari area berangsur-angsur menjadi lebih tinggi ditandakan dengan warna kuning sekitar 0,8571 – 1,1429 m lalu lebih tinggi lagi setinggi 1,1429 – 1,4286 m ditunjukkan dengan warna oranye.

Pada tipe – 1 terlihat pada haluan kapal kontur pola pemecahan gelombang yang berbentuk seperti oval yang lebih luas dari tipe lainnya sehingga menyebabkan gelombang yang datang dapat dipecah oleh *bulbous bow*, tetapi pemecahan pada tipe ini masih kurang baik karena sisa pemecahan gelombang membentuk bagian-bagian kecil pada area tengah hingga belakang kapal dan pada area setelah kapal melintas terjadi penumpukan gelombang yang mengartikan pada area tengah hingga belakang kapal masih terdapat gaya hambat hidrodinamis yang menekan area tersebut dan menggesek permukaan kapal sehingga menjadi penyebab *coefficient of drag* pada kapal.

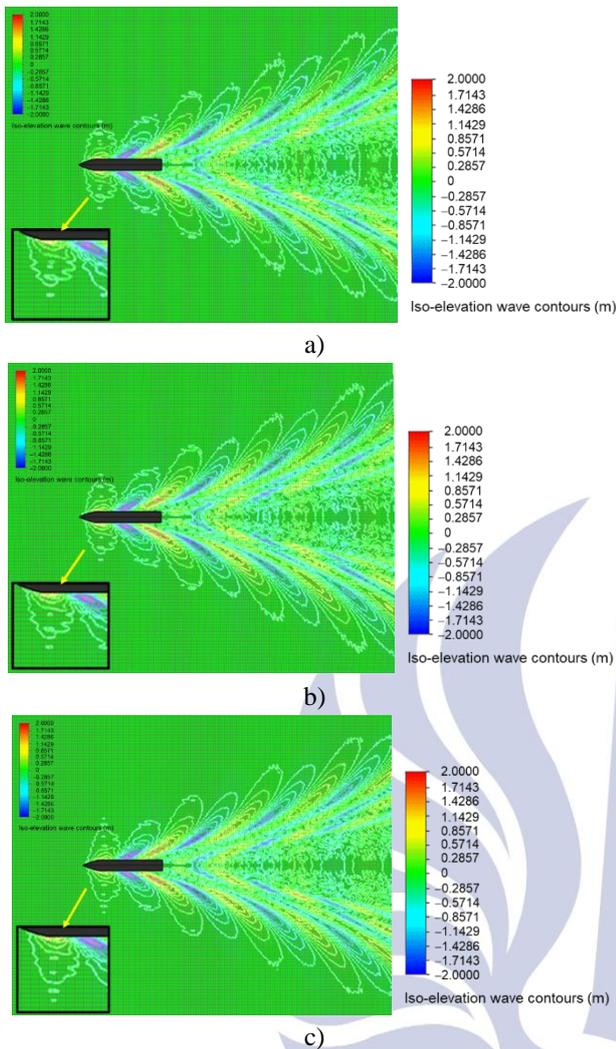
Pada tipe – 2 terlihat pada haluan kapal kontur pola pemecahan gelombang berbentuk oval kecil dan oval lebih besar dibelakangnya tetapi tidak sebesar tipe – 1 sehingga *bulbous bow* masih dapat memecah gelombang yang datang. Tetapi pemecahan gelombang pada tipe ini lebih baik dari tipe – 1 sehingga pola kontur sisa gelombang terbentuk setelah kapal melintas yang menyebabkan gaya hambat hidrodinamis pada area tersebut tidak menimbulkan *coefficient of drag* pada permukaan kapal.

Pada tipe – 3 terlihat pada haluan kapal kontur pola pemecahan gelombang dengan bentuk yang lebih kecil seperti segitiga serta terdapat cekungan pada pola setelahnya akibat gelombang sisa sehingga menghasilkan hambatan yang lebih tinggi dari tipe lainnya pada permukaan kapal, hal itu menyebabkan tidak terlihatnya kontur sisa gelombang yang terbentuk setelah kapal melintas.

**Kontur Ketinggian Pada Kecepatan 21 Knot**

Pada gambar di bawah diperlihatkan kontur ketinggian kapal dengan *bulbous bow* tipe – 1, tipe – 2, dan tipe – 3 pada kecepatan 21 knot. Pada trail yang dihasilkan terlihat berwarna kuning yang menunjukkan ketinggian elevasi diatas permukaan laut sekitar 0,5714 – 0,8571 m pada area haluan kapal lalu disusul dengan menurunnya ketinggian elevasi dari batas normal yaitu berwarna biru muda sekitar 0.5714 – 0,8571 m dibawah permukaan laut, selanjutnya elevasi dari area berangsur-angsur menjadi lebih rendah ditandakan dengan warna ungu muda sekitar 1,1429 – 1,4286 m.

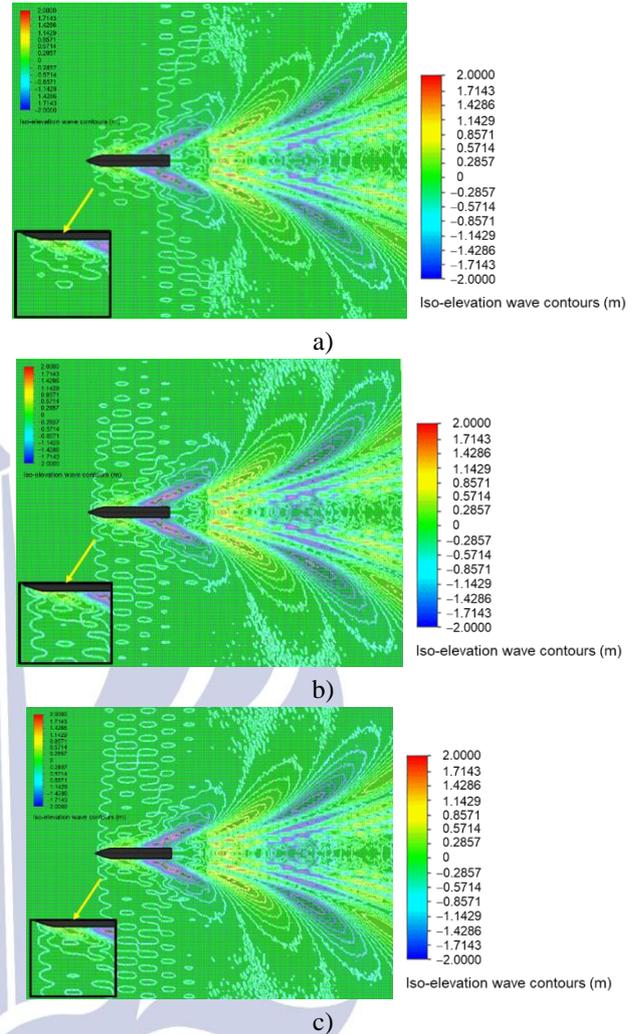
Namun pada pola selanjutnya menunjukkan elevasi yang lebih tinggi dan lebih rendah dengan maksimal mencapai sekitar 1,1429 – 1,4286 m diatas permukaan laut dan elevasi minimal berada sekitar 1,4286 – 1,7143 m dibawah permukaan laut yang ditunjukkan dengan warna oranye dan ungu. Tetapi trail pada kecepatan ini di bagian samping terlihat lebih panjang dan trail pada bagian tengah tidak terbentuk, hal ini dikarenakan panjangnya trail pada bagian samping akan menghasilkan gaya tekan kearah tengah sehingga trail pada bagian tengah akan semakin mengecil.



**Gambar 10.** Kontur ketinggian tipe pada kecepatan 21 knot : a) Tipe – 1, b) Tipe – 2, c) Tipe – 3

Pada kecepatan ini pemecahan gelombang terlihat memiliki bentuk yang hampir serupa pada haluan kapal disetiap tipe, tetapi hal tersebut masih dapat menghasilkan *coefficient of drag* yang berbeda-beda, itu dikarenakan saat gelombang terpecah, masih terdapat sisa gelombang dalam pecahan tersebut seperti yang terlihat pada pola kontur tipe – 1 terlihat sisa gelombang yang lebih banyak dibanding tipe lainnya sehingga gaya hambat hidrodinamisnya meningkat, hal itu mengakibatkan terjadinya *coefficient of drag* yang lebih tinggi. Pada tipe – 2 terdapat tumpukan sisa gelombang lebih sedikit pada area depan dekat permukaan kapal sehingga sisa gelombang tersebut tidak menimbulkan *coefficient of drag* seperti tipe - 1 dan pada tipe – 3 terlihat tumpukan sisa gelombang yang sama tetapi lebih kecil dari tipe – 2 sehingga minim terjadi penumpukan gelombang yang menyebabkan *coefficient of drag* kapal menjadi lebih rendah akibat gaya hambat hidrodinamis yang tidak terlalu banyak.

**Kontur Ketinggian Pada Kecepatan 30 Knot**



**Gambar 11.** Kontur ketinggian tipe pada kecepatan 30 knot : a) Tipe – 1, b) Tipe – 2, c) Tipe – 3

Pada gambar di atas terlihat gambar kontur ketinggian pada kecepatan 30 knot, di haluan kapal terlihat warna kuning yang menunjukkan elevasi sekitar 0,5714 – 0,8571 m diatas permukaan air laut lalu disusul dengan menurunnya ketinggian elevasi dari batas normal yaitu berwarna biru muda sekitar 0,5714 – 0,8571 m dibawah permukaan laut, selanjutnya elevasi dari area berangsur-angsur menjadi lebih rendah ditandai dengan warna ungu muda sekitar 1,1429 – 1,4286 m. Dan pada pola selanjutnya menunjukkan elevasi yang lebih tinggi dan lebih rendah dengan maksimal mencapai sekitar 1,1429 – 1,4286 m diatas permukaan laut dan elevasi minimal berada sekitar 1,4286 – 1,7143 m dibawah permukaan laut yang ditunjukkan dengan warna oranye dan ungu.

Pola elevasi tersebut sama seperti pada kecepatan 21 knot namun hal yang membedakan disini adalah *trail* yang dihasilkan kapal menjadi lebih panjang dan luas hingga terjadi penumpukan pada area setelah kapal melintas.

Pada kecepatan ini pemecahan gelombang terlihat memiliki bentuk yang hampir serupa pada setiap tipe, tetapi masih dapat menghasilkan *coefficient of drag* yang berbeda-beda. Hal ini dikarenakan kemampuan pada pemecahan gelombang pada *bulbous bow* yang berbeda-beda seperti pada *bulbous bow* tipe – 1, terlihat

pembentukan pola kontur sisa gelombang baru terlihat pada area belakang kapal dan langsung dilanjutkan dengan berkumpulnya pola sisa gelombang tersebut dan menghasilkan gaya tekan ke arah lintasan kapal, kejadian secara langsung tersebut mengakibatkan pola kontur pemecahan ombak menjadi lebih kecil daripada tipe lainnya, hal tersebut mengakibatkan gaya hambat hidrodinamis yang menekan permukaan kapal sehingga menimbulkan *coefficient of drag* yang lebih tinggi.

Pada tipe – 2 terlihat pola kontur gelombang sisa pemecahan oleh haluan pada area depan hingga belakang kapal yang terbentuk lebih sedikit dari tipe – 3, hal itu disebabkan kurang efektifnya *bulbous bow* tipe – 2 dalam memecah gelombang yang datang ke arah kapal sehingga gaya hambat pada tipe – 2 lebih besar daripada tipe – 3, namun pembentukan pola kontur sisa gelombang yang berkumpul terjadi pada pola kontur pemecahan ombak kedua, sehingga efek gaya hambat hidrodinamis dari sisa gelombang tersebut tidak berdampak pada permukaan kapal yang bisa mengakibatkan *coefficient of drag*.

• **Coefficient of drag**

**Tabel 4.** Data gaya hambat *bulbous bow* tipe - 1

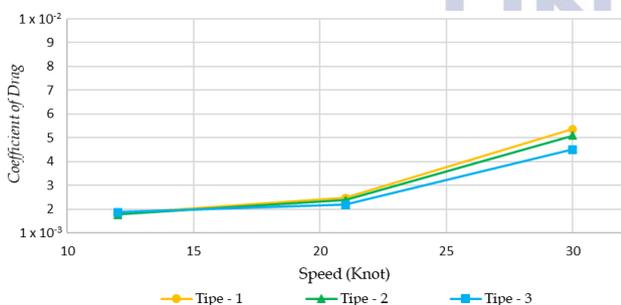
Kecepatan		Gaya Drag (kN)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	L <sub>pp</sub> (m)	B <sub>MS</sub> (m)	C <sub>D</sub>
(knot)	(m/s)					
12	6,1733	61,8	1025	78,5	11,1	1,816 x 10 <sup>-3</sup>
21	10,8033	258,9	1025	78,5	11,1	2,484 x 10 <sup>-3</sup>
30	15,4333	1143,1	1025	78,5	11,1	5,373 x 10 <sup>-3</sup>

**Tabel 5.** Data gaya hambat *bulbous bow* tipe - 2

Kecepatan		Gaya Drag (kN)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	L <sub>pp</sub> (m)	B <sub>MS</sub> (m)	C <sub>D</sub>
(knot)	(m/s)					
12	6,1733	60,4	1025	78,5	11,1	1,775 x 10 <sup>-3</sup>
21	10,8033	247,9	1025	78,5	11,1	2,378 x 10 <sup>-3</sup>
30	15,4333	1085,7	1025	78,5	11,1	5,104 x 10 <sup>-3</sup>

**Tabel 6.** Data gaya hambat *bulbous bow* tipe - 3

Kecepatan		Gaya Drag (kN)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	L <sub>pp</sub> (m)	B <sub>MS</sub> (m)	C <sub>D</sub>
(knot)	(m/s)					
12	6,1733	64,1	1025	78,5	11,1	1,883 x 10 <sup>-3</sup>
21	10,8033	229	1025	78,5	11,1	2,197 x 10 <sup>-3</sup>
30	15,4333	958,6	1025	78,5	11,1	4,506 x 10 <sup>-3</sup>



**Gambar 12.** Grafik *coefficient of drag* variasi tipe *bulbous bow*

Dari data di atas diketahui bahwa diperlukan penambahan *bulbous bow* sebagai pengurang tahanan pada kapal sekaligus pemecah ombak agar kapal dapat bermanuver lebih baik serta berfungsi sebagai stabilitas kapal (Kasih, dkk, 2016). Dari data tersebut juga diketahui bahwa variasi geometri dari *bulbous bow* dapat mempengaruhi bentuk pola kontur ketinggian dan nilai C<sub>D</sub> yang berbeda, semakin panjang *bulbous bow* yang

digunakan pada kecepatan tinggi maka akan semakin baik pemecahan gelombangnya sehingga minim menimbulkan *coefficient of drag* pada permukaan kapal. Terlihat *coefficient of drag* terendah pada KRI Fatahillah 361 saat kecepatan 12 knot yaitu *bulbous bow* tipe – 2, pada kecepatan 21 knot berada pada *bulbous bow* tipe – 3, dan saat kecepatan 30 knot terletak pada *bulbous bow* tipe – 3.

Berdasarkan data C<sub>D</sub> seiring berubahnya kecepatan kapal dan tujuan dari kapal KRI Fatahillah 361 yang merupakan kapal patroli, maka *bulbous bow* tipe – 3 dipilih karena meskipun pada kecepatan 12 knot menghasilkan hambatan yang lebih tinggi, namun perbedaan tersebut tidak terlalu signifikan. Selain itu pada kecepatan 21 knot dan 30 knot lebih unggul dalam memecah ombak sehingga gesekan pada permukaan kapal dapat berkurang dan *coefficient of drag* kapal dapat diminimalisir.

**PENUTUP**

**Simpulan**

Berdasarkan analisis dari simulasi numerik mengenai pengaruh penambahan *bulbous bow* bentuk tanduk banteng pada hull KRI Fatahillah 361 terhadap gaya hambat, dapat disimpulkan bahwa :

- Berdasarkan data kontur ketinggian diketahui bahwa dengan mengaplikasikan *bulbous bow* yang lebih panjang dapat mengurangi *coefficient of drag* pada kecepatan tinggi dan menengah, namun kurang efektif pada kecepatan rendah.
- Berdasarkan data *coefficient of drag bulbous bow* didapatkan nilai pada kecepatan 12 knot yang terendah yaitu *bulbous bow* tipe – 2 dengan nilai 1,816 x 10<sup>-3</sup> dan yang tertinggi adalah tipe – 3 dengan nilai 1,883 x 10<sup>-3</sup>; pada kecepatan 21 knot *bulbous bow* tipe – 3 mempunyai koefisien terendah dengan nilai 2,197 x 10<sup>-3</sup> dan yang tertinggi yaitu tipe – 1 dengan nilai 2,484 x 10<sup>-3</sup>; lalu saat kecepatan 30 knot nilai terendah terletak pada *bulbous bow* tipe – 3 dengan nilai 4,506 x 10<sup>-3</sup> dan yang tertinggi pada tipe – 1 dengan nilai 5,373 x 10<sup>-3</sup>.

**Saran**

Dari simulasi yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut :

- Pertimbangan mengenai pengaplikasian secara langsung pada *prototype* kapal di tangki percobaan sangatlah disarankan untuk dapat mengetahui performa yang dihasilkan secara *real-time*.
- Pembentukan geometri kapal perlu diperhatikan dalam menentukan posisi *control point* dalam membuat lekukan kapal agar mendapatkan hasil yang sesuai dan perlu adanya validasi data sebelum ketahap simulasi numerik.

**DAFTAR PUSTAKA**

Holtrop, J. (1984). A statistical re-analysis of *resistance* and propulsion data. In *International Shipbuilding Progress* (Vol. 363, pp. 272–276). Delft University Press. <https://doi.org/10.3233/ISP-2290>

Kasih Djatmiko, P., Bambang, T., dan Amiadji. (2016). Analisa Pengaruh Penerapan Bulbous Bow Terhadap

- Pemakaian Bahan Bakar pada Kapal Trawler Vessel di Perairan Laut Arafura. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), E81–E84. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v5i2.19387>
- Kracht, A. (1978). Design of *bulbous bows*. In *SNAME Transactions* (Vol. 86, pp. 197–217).
- Muhammah, A., Hidayat, E. P., dan Arfianto, A. Z. (2022). Analisis Gangguan Sistem Pengendali Lampu Navigasi Pada Kri Fatahillah 361. *Jurnal 7 Samudra*, 7(1). <https://doi.org/10.54992/7samudra.v7i1.101>
- Romadhoni. (2017). Analisa Perbandingan Bentuk Lambung *Bulbous bow* Kepala Hiu Martil Terhadap Hambatan Total Kapal. *Jurnal Inovtek Polbeng*, 07(1), 42–50.
- Suteja, T., Suastika, K., dan Murdijanto. (2013). Analisa Hambatan Kapal dengan Bulbous Bow dan tanpa Bulbous Bow di Perairan Dangkal. *JURNAL TEKNIK POMITS*, 2(1).

