

ANALISA PERBANDINGAN ALIRAN PADA *HULL* KAPAL DENGAN *BULBOUS BOW* DAN TANPA *BULBOUS*

Khaeroman¹, Suyono², Noviarianto³

Politeknik Maritim Negeri Indonesia
Jl. Pawiyatan Luhur I/1, Bendan Duwur, Semarang.

Email: khoer@polimarin.ac.id¹, yoyon@polimarin.ac.id², novi@polimarin.ac.id³

Abstrak

Analisa perbandingan aliran perlu dilakukan untuk menentukan performa terbaik dari beberapa model yang diujikan. Dalam kasus ini ada dua jenis variabel yang diujikan yaitu tipe *hull* kapal dengan menggunakan *bulbous bow* dan tanpa *bulbous bow*. Umumnya penggunaan *bulbous bow* diperuntukan untuk kapal diperairan dalam karena kemampuannya yang dapat mereduksi gelombang. Sementara untuk diperairan dangkal masih perlu dikaji kembali. Oleh karena itu, dengan dilakukannya penelitian ini diharapkan dapat menunjukkan efektifitas dari penggunaan *bulbos bow*. Penelitian dilakukan dengan memodelkan kapal berukuran sama dengan *bulbous bow* dan tanpa *bulbous bow*. Dengan simulasi CFD (*computational fluid dynamics*) performa kedua model ini dapat diketahui, perbandingannya didapat dari besaran nilai *wake* atau kecepatan aliran yang dihasilkan oleh kedua model beserta hambatannya. Dari kedua model didapat *wake* kapal dengan *bulbous bow* memiliki nilai yang kecil. Dari hasil penelitian ini didapatkan kedua model nilai hambatan kapal tanpa *bulbous bow* 0,6% lebih besar dari kapal yang menggunakan *bulbous bow*. Sementara untuk *wake* kapal tanpa *bulbous bow* lebih besar 1% dibandingkan kapal dengan *bulbous bow*.

Kata Kunci: *bulbous bow*, *wake*, hambatan, *hull*, CFD.

Abstract

Flow comparison analysis needs to be done to determine the best performance of several models tested. In this case there are two types of variables that are tested, the type of ship hull using bulbous bow and without bulbous bow. The general use of bulbous bow is intended for ships in deep waters because of its ability to reduce waves. While for shallow water it still needs to be reviewed. Therefore, this research is expected to show the effectiveness of using bow bulbous. The study was conducted by modeling the same size ship with bulbous bow and without bulbous bow. With CFD (computational fluid dynamics) simulation the performance of these two models can be known, the comparison is obtained from the amount of wake value or flow velocity generated by both models and their resistance. From the two models, the wake ship with bulbous bow has a small value. From the results of this study, the two models of ship resistance without bulbous bow are 0.6% larger than ships using bulbous bow. As for wake ships without bulbous bow 1% greater than ships with bulbous bow.

Keyword: *Bulbous bow*, *wake*, *resistance*, *hull*, *CFD*.

1. PENDAHULUAN

Kapal sebagai alat transportasi laut merupakan benda terapung yang bergerak di media air dan udara. Pada saat kapal tersebut bergerak maka dengan sendirinya akan mengalami hambatan dari media yang dilaluinya. Hambatan ini sangat bergantung terhadap kedalaman suatu perairan, dimana semakin dangkal suatu perairan maka hambatan yang ditimbulkan akan semakin besar. Agar kapal dapat bergerak dengan suatu kecepatan yang dikehendaki, maka hambatan yang dialami kapal tersebut harus diatasi oleh gaya lain yang mendorong kapal [1]. Gaya dorong ini

dihasilkan oleh mesin induk dimana semakin besar hambatan suatu kapal, maka daya mesin induk yang dibutuhkan untuk mendorong kapal akan semakin besar pula. Di sisi lain, bertambah besarnya daya mesin induk yang dipakai akan berimbas pada jumlah konsumsi bahan bakar yang akan bertambah banyak. Besarnya hambatan kapal ini dipengaruhi oleh beberapa aspek di mana selain kedalaman suatu perairan aspek yang paling menentukan adalah bentuk badan kapal. Dalam memperoleh desain yang baik untuk mengurangi hambatan yang timbul saat kapal beroperasi dilakukan suatu

penambahan pada bagian haluan berupa suatu tonjolan yang disebut juga dengan bulbous bow.

Disisi lain bentuk dari kapal juga mempengaruhi besaran *wake*. *Wake* terbentuk karena adanya gaya gesek antara badan kapal dengan air laut. Besaran *wake* yang kecil itu lebih baik karena aliran kapal yang dihasilkan tidak terlalu mengganggu kapal disekitarnya.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai hambatan dan *wake* dari kapal yang menggunakan *bulbous bow* dan yang tanpa menggunakan *bulbous bow*. Dalam penelitian *software* yang digunakan sebagai permodelan adalah Delftship, sementara untuk perhitungan dan simulasi Autodesk CFD Simulation dan Maxsurf Resistance.

Dalam merencanakan kapal, faktor umum yang memegang peranan penting adalah hambatan yang akan dialami oleh kapal pada waktu bergerak. Suatu bentuk kapal dengan hambatan kecil atau sekecil mungkin adalah menjadi tujuan perencanaan kapal, sebab akan berarti daya yang dibutuhkan akan menjadi semakin kecil dengan begitu akan menghemat penggunaan bahan bakar, berarti mesin penggerak lebih ringan sehingga menambah daya muat kapal tersebut.

Pada penelitian ini, hambatan total kapal dihitung berdasarkan pendekatan matematis dari Metode Holtrop pada Principles of Naval Architecture Vol II, Second Revision [2], dengan

$$R_{\tau} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S_{tot} \cdot (C_f (1 + k) + C_A) + \frac{R_w}{W} W$$

Dimana :

- ρ = Massa jenis air laut
- V = Kecepatan dinas kapal
- S_{tot} = Luas permukaan basah kapal total (m²)
- C_f = Koefisien tahanan gesek kapal
- $(1+k)$ = Koefisien karena pengaruh bentuk kapal
- C_A = Koefisien Tahanan udara
- R_w/W = Koefisien tahanan gelombang

W = Gaya keatas pada kapal atau *buoyancy*
 Pada prinsipnya *wake* / arus ikut berkaitan dengan tiga hal yakni sebuah kapal membutuhkan tenaga atau penggerak untuk berlayar, energi dari penggerak propulsor akan berubah menjadi aliran air, kapal yang bergerak akan menghasilkan *wake* / arus ikut. Dalam setiap aliran air pada badan kapal sampai ke buritan kapal, selalu terjadi *wake* / arus ikut (w) yang merupakan perbedaan antara kecepatan kapal dengan kecepatan air yang melalui baling-baling [5]. *Wake* pada kapal dapat juga terjadi karena pengaruh lambung kapal itu sendiri (dimana air akan mengalir menuju buritan dan membentuk arus).

Wake ini merupakan faktor penyebab munculnya 2 macam kecepatan kapal yakni V_s (kecepatan servis kapal) serta V_a (kecepatan advance / kecepatan relatif dari partikel air yang melewati piringan baling-baling). Dimana besarnya V_a akan selalu lebih kecil daripada V_s berdasarkan rumusan:

$$(1 - w) = V_a / V_s$$

Sehingga *wake friction* (w) yang dapat dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [3]:

$$w = 1 - (V_a/V_s)$$

Keterangan :

- w = *wake friction*
- V_a = kecepatan advance
- V_s = Kecepatan servis kapal

Wake pada kapal dapat terjadi karena pengaruh lambung kapal itu sendiri (di mana air akan mengalir menuju buritan dan membentuk arus) atau juga karena gerakan baling-baling kapal sehingga pada daerah disekitar baling-baling mengandung arus sesuai arah gerak baling-baling tersebut. [4]

2. METODE

2.1 Teknik Pengumpulan Data

a. Data Primer

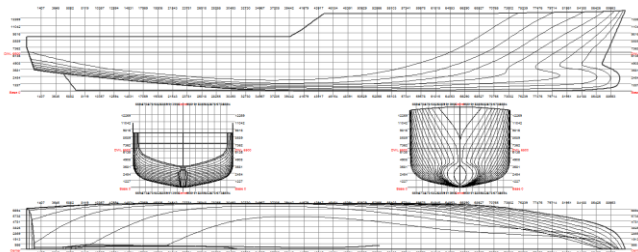
Data primer diperoleh dari data yang sudah ada. Berikut data utama ukuran kapal:

Table 1. Data Ukuran Utama kapal

Volume Properties	
Moulded volume	5376.5 (m ³)
Total displaced volume	5376.5 (m ³)
Displacement	5510.9 (tonnes)
Block coefficient	4,14375
Prismatic coefficient	4,864583333
Vert. prismatic coefficient	4,989583333
Wetted surface area	1905.6 (m ²)
Longitudinal center of buoyancy	41.238 (m)
Longitudinal center of buoyancy	-0.916 %
Vertical center of buoyancy	3.921 (m)
Total length of submerged body	90.595 (m)
Total beam of submerged body	15.300 (m)

Tabel 2. Volume properti kapal yang menggunakan *Bulbous Bow*

Waterplane properties	
Length ion waterline	88.635 (m)
Beam on waterline	15.300 (m)
Entrance angel	10.821 (Degr.)
Waterplane area	1151.3 (m ²)
Waterplane coefficient	5,768055556
Waterplane center of flotation	38.341 (m)
Transverse moment of inersia	19683 (m ⁴)
Longitudinal moment of inertia	589948 (m ⁴)



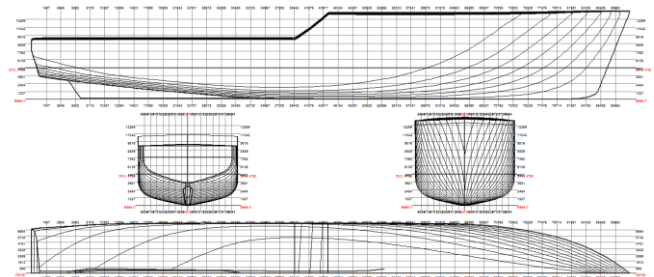
Gambar 1. Ukuran utama dan *Lines Plan* kapal menggunakan *Bulbous Bow*.

Tabel 3. *Waterplane* properti kapal yang menggunakan *Bulbous Bow*

Volume Properties	
Moulded volume	3235.5 (m ³)
Total displaced volume	3235.5 (m ³)
Displacement	3316.4 (tonnes)
Block coefficient	3,538194444
Prismatic coefficient	4,436805556
Vert. prismatic coefficient	4,401388889
Wetted surface area	1485.5 (m ²)
Longitudinal center of buoyancy	41.018 (m)
Longitudinal center of buoyancy	-1181%
Vertical center of buoyancy	2.987 (m)
Total length of submerged body	87.381 (m)
Total beam of submerged body	15.299 (m)

Tabel 4. Volume properti kapal yang tidak menggunakan *Bulbous Bow*

Waterplane properties	
Length ion waterline	87.381 (m)
Beam on waterline	15.299 (m)
Entrance angel	16.355 (Degr.)
Waterplane area	1074.7 (m ²)
Waterplane coefficient	5,582638889
Waterplane center of flotation	37.988 (m)
Transverse moment of inersia	17344 (m ⁴)
Longitudinal moment of inertia	501967 (m ⁴)



Gambar 2. Ukuran utama dan *Lines Plan* kapal tanpa *Bulbous Bow*.

b. Data Sekunder

Data sekunder diperoleh dari literature (jurnal, paten, dan data yang didapat pada penelitian sebelumnya).

2.2. Parameter Penelitian

Parameter yang dipakai adalah sebagai berikut :

1. Parameter tetap
 - Dimensi properties dari lambung kapal antara lain:
 - a. *Length perpendicular* (LPP) (m)
 - b. *Breadth* (B) (m)
 - c. *Draft* (T) (m)
 - d. Kecepatan dinas kapal sebesar 17 knot
2. Parameter berubah
 - Bentuk linggi haluan yang terbagi antara menggunakan *bulbous bow* dan tanpa *bulbous bow*.

2.3. Langkah-langkah Penelitian

Langkah-langkahnya sebagai berikut:

1. Pemodelan Stuktur. Pemodelan dengan menggunakan *software* Delftship dan kemudian file tersebut di export ke IGES serta ke Maxsurf;
2. Kalkulasi pada Maxsurf Resistance
 - a. Perhitungan data hidrostatik menggunakan Maxsurf Modeller.
 - b. Perhitungan hambatan dengan Maxsurf Resistance, menggunakan metode holtrop.
3. Simulasi pada CFD
 - a. Tahap Pre Processor
 - 1) Pembentukan benda dan daerah sekeliling benda sebagai domain komputasi;
 - 2) Penentuan sifat-sifat fluida seperti densitas, viskositas, temperature dan lain-lain;
 - 3) Penentuan kondisi batas model, lokasi pembuatan kondisi batas model harus ditentukan baik pada sekeliling benda maupun aliran yang diperhitungkan.
 - b. Tahap Solver Manager
 - Setelah tahap pre processor selesai, dilanjutkan dengan proses perhitungan

(running simulation) pada solver manager.

- c. Tahap Post Processor
 - Setelah tahap solver manager selesai, pengambilan data baik data perhitungan maupun visualisasi dapat diambil pada tahap post processor.
4. Validasi
 - Membandingkan hasil analisis CFD dengan hambatan empiris menggunakan metode Holtrop.
5. Data Hasil Analisis
 - a. Hambatan Kapal (*Ship Resistance*)
 - Merupakan nilai gaya ‘*force (x) Axis*’ pada *hull*. Hasil dari *force* tersebut mempresentasikan hambatan kapal. Nilai hambatan didapat dari Maxsurf Resistance digunakan untuk memvalidasi dengan hambatan metode empiris.
 - b. Effective Wake Fraction
 - Mendapatkan nilai *advance speed* (V_a) yang kemudian ditentukan besarnya nilai *wake* kapal tersebut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan perhitungan dan simulasi maka didapat nilai hambatan yang dihitung melalui Maxsurf Resistance, sementara nilai $wake$ didapat dari perbandingan V_a terhadap V_s , V_a ini didapat dari simulasi dengan menggunakan Autodesk Simulation CFD 2015.

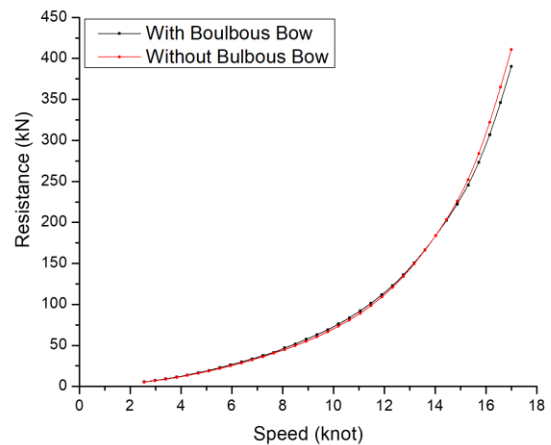
Tabel 5. Hasil perbandingan data hasil kapal dengan menggunakan dan tanpa *Bulbous Bow*

Speed (knot)	Hambatan (kN)		Daya Efektif (hp)	
	Bulbous	Tanpa Bulbous	Bulbous	Tanpa Bulbous
2.55	5.30	5.10	9.30	8.90
2.98	7.10	6.80	14.50	13.87
3.40	9.10	8.70	21.30	20.38
3.83	11.30	10.80	29.92	28.62
4.25	13.80	13.20	40.54	38.79

Speed (knot)	Hambatan (kN)		Daya Efektif (hp)	
	Bulbous	Tanpa Bulbous	Bulbous	Tanpa Bulbous
4.68	16.60	15.80	53.38	51.07
5.10	19.50	18.70	68.63	65.66
5.53	22.70	21.70	86.48	82.74
5.95	26.10	25.00	107.13	102.50
6.38	29.70	28.50	130.80	125.15
6.80	33.60	32.20	157.72	150.92
7.23	37.70	36.10	188.13	180.04
7.65	41.10	40.30	222.34	212.83
8.08	46.80	44.80	260.72	249.66
8.50	51.80	49.60	303.72	291.01
8.93	57.20	54.80	351.90	337.46
9.35	62.90	60.40	405.97	389.78
9.78	69.20	66.60	466.78	448.90
10.20	76.10	73.30	535.37	515.95
11.05	92.00	89.10	701.02	679.54
11.48	101.20	98.50	801.22	779.52
11.90	111.50	108.90	915.22	894.17
12.33	122.90	120.70	1045.00	1026.20
12.75	135.80	134.10	1194.20	1179.40
13.18	150.30	149.30	1366.40	1356.60
13.60	166.50	166.00	1562.40	1557.30
14.03	183.90	184.00	1779.60	1780.30
14.45	202.30	203.60	2017.00	2029.50
14.88	222.40	225.80	2281.70	2316.90
15.30	245.40	252.10	2590.10	2661.30
15.73	273.10	284.00	2962.70	3081.40
16.15	306.70	322.00	3417.00	3587.90
16.58	346.20	365.10	3959.00	4175.20
17.00	390.20	410.90	4575.80	4819.10

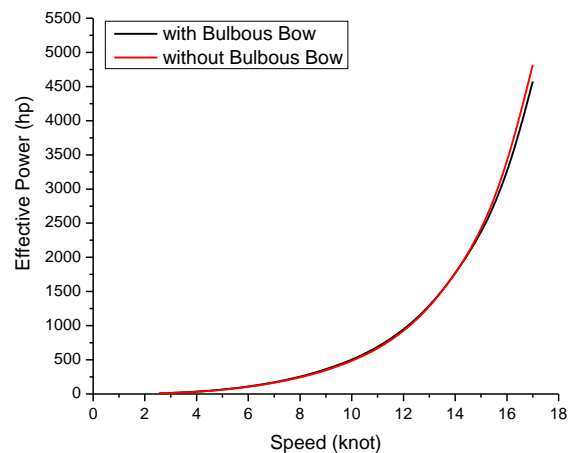
Dari tabel ini dapat diketahui nilai hambatan kapal yang menggunakan *bulbous bow* pada kecepatan servis (17 knot) adalah sebesar 390,2 KN dan membutuhkan daya sebesar 4.575,8 HP dan dapat diketahui nilai hambatan kapal tanpa menggunakan *bulbous bow* pada kecepatan servis (17 knot) adalah

sebesar 410,9 KN dan membutuhkan daya sebesar 4.819,1 HP.



Gambar 3. Grafik perbandingan hambatan kapal

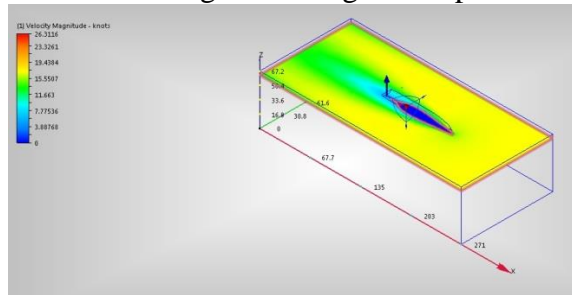
Grafik ini menunjukkan besaran hambatan kapal menggunakan dan tanpa menggunakan *bulbous bow* terhadap kecepatan servis nya. Garis grafik ini semakin naik karena hambatan berbanding lurus dengan kecepatan.



Gambar 4. Grafik perbandingan daya efektif kapal

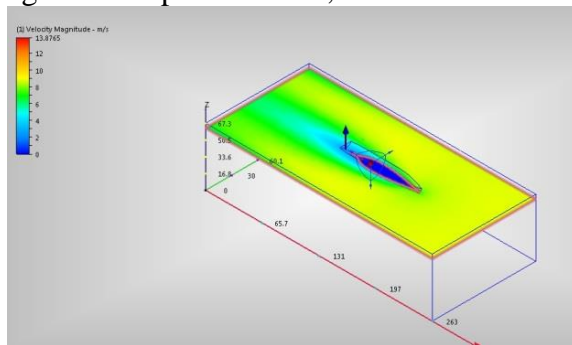
Grafik ini menunjukkan besaran daya efektif kapal menggunakan dan tanpa menggunakan *bulbous bow* terhadap kecepatan servis nya.

Garis grafik ini semakin naik karena daya efektif berbanding lurus dengan kecepatan.



Gambar 5. Hasil kecepatan aliran kapal dengan *Bulbous Bow*

Dari hasil simulasi didapatkan kapal menggunakan *bulbous bow* memiliki *wake* yang lebih pendek. Dilihat dari warna biru kehijauan kecepatan rata-rata yang dihasilkan dari pergerakan kapal sebesar 8,05662 m/s.



Gambar 6. Hasil kecepatan aliran kapal tanpa *Bulbous Bow*

Dari hasil simulasi didapatkan kapal tanpa menggunakan *bulbous bow* memiliki *wake* yang lebih pendek. Dilihat dari warna biru kehijauan kecepatan rata-rata yang dihasilkan dari pergerakan kapal sebesar 7,8819 m/s.

Tabel 6. Hasil perhitungan *wake* kapal dengan *Bulbous Bow*

Region 1, Area 32675,2 m2				
Vx (m/s)	Vy (m/s)	Vz (m/s)	Pressure Force (N)	Wake
-8,05662	0,00863488	-0,0280938	8,67076 e+7	0,5260811

Tabel 7. Hasil perhitungan *wake* kapal tanpa *Bulbous Bow*

Region 1, Area 30949,8 m2				
Vx (m/s)	Vy (m/s)	Vz (m/s)	Pressure Force (N)	Wake
-7,88198	0,0113174	-0,0361022	1,01767 e+8	0,5363541

Dari hasil perbandingan yang didapat dari kedua model. Dapat diambil kesimpulan bahwa kapal dengan menggunakan *bulbous bow* memiliki hambatan yang lebih kecil dari pada model tanpa menggunakan *bulbous bow*. Walaupun hanya mempunyai selisih nilai 300 kn. Kapal dengan *bulbous bow* mempunyai efektifitas yang lebih baik, sehingga konsumsi bahan bakar lebih kecil.

Sementara untuk nilai *wake* didapat nilai yang lebih kecil pada kapal dengan *bulbous bow* daripada kapal tanpa *bulbous bow*. Sehingga gelombang dan turbulensi yang dihasilkan pada buritan kapal juga lebih kecil. Simulasi ini dijalankan dengan kecepatan layar yang sama yaitu 17 knot, ini membuktikan bahwa kapal dengan *bulbous bow* efisien dibanding kapal tanpa menggunakan *bulbous bow*.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari kedua model bahwa hambatan kapal tanpa *bulbous bow* 0,6% lebih besar dari kapal yang menggunakan *bulbous bow*. Sementara untuk *wake* kapal tanpa *bulbous bow* lebih besar 1% dibandingkan kapal dengan *bulbous bow*. Hasil perhitungan yang didapat hanya berlaku untuk model kapal yang diteliti, tidak menjadi patokan untuk kapal berukuran dan tipe lainnya.

Saran dari penelitian ini. Untuk bentuk *bulbous bow* yang diambil sebagai model penelitian masih menggunakan metode Guldhammer (formdata) dalam pembuatan bentuk *bulbous bow* nya yang menggunakan

pendekatan garis khas dari kapal yang sudah dibuat sebelum-sebelum nya. Berbeda hasil jika pembuatan *bulbous bow* menggunakan metode lain yang mungkin lebih efektif hasilnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih dan penghargaan diberikan kepada semua pihak yang telah terlibat dalam penelitian ini. Besar harapan semoga jurnal ini bermanfaat bagi akademisi dan praktisi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. Maharjo. (1982), "Lecture Handout, Propulsi Kapal", Fakultas Teknik Perkapalan Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [2] Holtrop, J and Mennen G. G. (1978), "A Statistical Power Prediction Method", International Shipbuilding Progress.
- [3] Lewis R. I., (1991), "Vortex Element Methods for Fluid Dynamic Analysis of Engineering System, Cambridge University Press .
- [4] Tuswan. (2016), "Analisa Hambatan dan Effective Wake Friction Akibat Penambahan Stern Tunnels pada Kapal Tropical Princess Cruises Menggunakan Metode CFD (Computational Fluid Dynamic)", Teknik Perkapalan FT Universitas Diponegoro, Semarang.
- [5] Harvald S. A. (1983), "Resistance and Propulsion of Ships", Wiley 1983, ISBN 0-89464-754-7