

ANALISA PENGARUH VARIASI *BULBOUS BOW* TERHADAP HAMBATAN TOTAL PADA KAPAL KATAMARAN UNTUK PENYEBERANGAN DI KEPULAUAN SERIBU MENGGUNAKAN CFD

Bayu Wisnu Sasongko¹⁾, Deddy Chrismiando¹⁾, Ari Wibawa B S,¹⁾

¹⁾Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Email : sasongko.bayuwisnu@gmail.com,

Abstrak

Hambatan merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi dalam perancangan sebuah kapal. Kapal dengan bentuk haluan yang baik akan memberikan efisiensi hambatan yang dihasilkan sehingga operasional kapal dan pergerakan kapal lebih baik dan efisien pula. Perhitungan nilai hambatan kapal saat beroperasi juga penting karena berpengaruh terhadap aliran fluida dan besarnya kecepatan kapal yang diinginkan dan akhirnya berpengaruh pada nilai ekonomis suatu kapal pada saat beroperasi. Pada penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan bentuk haluan *bulbous bow* yang menghasilkan hambatan paling kecil dengan menggunakan program *computational fluid dynamic* (CFD). Dalam melaksanakan penelitian ini penulis menggunakan program komputer berbasis *computational fluid dynamic* (CFD) untuk penyelesaian masalah dari tujuan penelitian, *Computational fluid dynamic* (CFD) merupakan ilmu sains dalam penentuan penyelesaian numerik dinamika fluida. Penelitian dilakukan dengan cara menganalisa dan menghitung hambatan total kapal menggunakan model 3D serta dilakukan analisa ketinggian gelombang. Berdasarkan hasil analisa dan perhitungan didapatkan nilai hambatan menggunakan CFD untuk berbagai variasi bentuk *bulbous bow*. Nilai hambatan total dapat diperkecil hingga 8%, nilai ini terjadi pada Froude Number 0,555 pada variasi *bulbous bow* $L_{PR} : 0,4221$ m, $Z_B : 0,405$ m.

Kata kunci :

Katamaran, *Bulbous bow*, hambatan total, CFD (*Computational Fluid Dynamics*).

1. PENDAHULUAN

Dewasa ini desain perencanaan kapal berkembang sangat pesat, tantangan utama dalam mendesain kapal adalah sulitnya pencapaian efisien yang optimum, baik dalam ekonomis maupun performance. Salah satu target optimalisasi efisien desain adalah yaitu bagaimana mendapatkan kecepatan kapal yang optimum dengan penggunaan daya mesin sekecil mungkin.

Memasang *bulbous bow* pada bagian haluan kapal merupakan hal yang biasa dilakukan untuk mengurangi hambatan kapal. Maka untuk lebih mengoptimalkan transportasi yang lebih ekonomis perlu diadakan penelitian yang dapat menjawab dari permintaan tersebut, khususnya dalam bidang perkapalan dimana kapal sebagai jasa transportasi yang berkaitan erat untuk waktu ekonomis komoditas harus mempunyai kecepatan yang lebih (*high speed vessels*).

Tonjolan pada bagian depan kapal berpengaruh secara hidrodinamis, mengubah ketinggian gelombang di sekitar area tersebut [1].

Pada penelitian tentang *bulbous bow* pada kapal katamaran yang dianalisa menggunakan CFD sebelumnya oleh (Anggara, 2012), *bulbous bow* tipe goose neck dapat mengurangi koefisien hambatan total sebesar 17%-25% pada $F_n 0,47$ [2].

Dengan memperhatikan pokok permasalahan yang ada terdapat pada latar belakang, ditemukan permasalahan yang akan diteliti adalah mengetahui hambatan total kapal dan bentuk variasi tipe *bulbous bow* mana yang cocok untuk kapal katamaran penyeberangan di kepulauan seribu dalam hal hambatannya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum Kapal Katamaran

Katamaran merupakan jenis kapal multi-hull dengan dua lambung (demihull) yang dihubungkan dengan struktur bridging. Design dari katamaran mempunyai banyak potensi keunggulan terutama dalam hal kecepatan, stabilitas dan daya angkut [3]. Katamaran mempunyai garis air lambung yang sangat ramping dengan tujuan untuk memperoleh hambatan yang rendah. Terdapat banyak model bentuk badan katamaran, tetapi secara umum ada tiga bentuk dasar dari katamaran, yaitu:

1. Simestris
2. Asimetris dengan bagian dalam lurus
3. Asimetris dengan bagian luar lurus

Dewasa ini banyak kapal katamaran yang mempunyai *appendages* pada bagian depan, terutama pada jenis *high speed catamaran*.



Gambar 1. salah satu *high speed catamaran* (Incat hull 65)

Katamaran diteliti dan dikembangkan karena memiliki kelebihan dari kapal monohull yakni :

1. Pada kapal dengan lebar yang sama tahanan gesek katamaran lebih kecil, sehingga pada tenaga dorong yang sama kecepatannya relatif lebih besar.
2. Luas geladak dari katamaran lebih luas dibandingkan dengan monohull.
3. Volume benaman dan luas permukaan basah kecil.
4. Stabilitas yang lebih baik karena memiliki dua lambung.
5. Dengan frekuensi gelombang yang agak tinggi tetapi amplitudo relatif kecil sehingga tingkat kenyamanan lebih tinggi.
6. Dengan tahanan yang kecil maka biaya operasional menjadi kecil.
7. Image yang terkesan adalah keamanan yang terjamin dari faktor kapal terbalik sehingga penumpang merasa lebih aman.

Sedangkan kekurangan kapal katamaran adalah:

1. Teori dan standardisasi baik ukuran utama maupun perhitungan struktur masih minim karena masih tergolong teknologi baru.
2. Teknik pembuatan yang agak lebih rumit sehingga membutuhkan keterampilan yang khusus.

2.2 Karakteristik *Bulbous Bow*

Bulbous bow adalah tonjolan berbentuk bola yang terletak pada *stern* (bagian depan) dari sebuah kapal hanya pada bagian dibawah garis air. Memodifikasi bentuk haluan dengan cara aliran air disekitar lambung, mengurangi gesekan dan dengan demikian meningkatkan kecepatan, rentang, efisiensi penuh, dan stabilitas. Kapal besar dengan *bulbous bow* umumnya memiliki sekitar 12-15% lebih efisien dari kapal tanpa *bulbous bow*.

Type *bulbous bow* [1]

1. Bentuk titik air terbalik

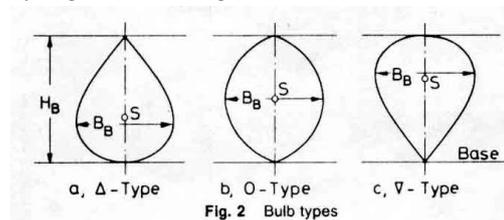
Bentuk ini sangat cocok untuk kapal-kapal yang menghadapi gelombang dilaut bebas. Bentuk ini sering dikombinasikan pada kapal-kapal yang bergading "V" yang digunakan pada kapal-kapal berkecepatan tinggi.

2. Bentuk titik air tergantung

Bentuk ini, sesuai dengan kapal-kapal yang berlayar pada daerah yang kurang menghadapi hempasan gelombang yang besar.

3. Bentuk ellips

Bentuk *Bulbous* yang ketiga ini lebih banyak digunakan pada kapal-kapal yang bentuk gadingnya "U" atau kapal-kapal yang berukuran gemuk.



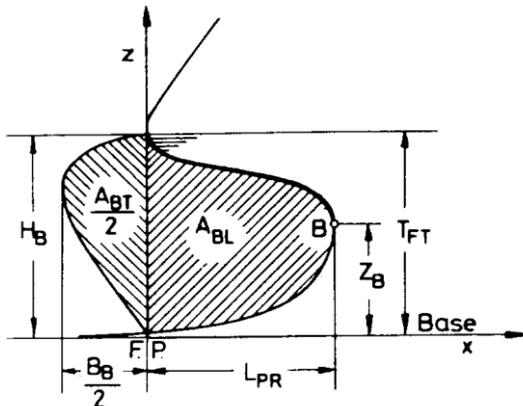
Gambar 2. tipe *bulbous bow*

Untuk menentukan ukuran dimensi variasi dari *Bulbous Bows* ini didasarkan dari parameter *Linear Form Coefficients* [1], diambil dari buku Kracht (1978), yang menyatakan bahwa *linear form coefficients* sebagai berikut:

$$\text{Breadth Coefficients } (C_{BB}) : \frac{B_B}{B} \quad (1)$$

$$\text{Length Coefficients } (C_{LPR}) : \frac{L_{LPR}}{L_{PP}} \quad (2)$$

$$\text{Height Coefficients } (C_{ZB}) : \frac{Z_B}{T_{FP}} \quad (3)$$



Gambar 3. Parameter *bulbous bow*

L_{PR} : panjang *bulbos bow* dari forepeak

B_B : lebar *bulbos bow* pada garis fore peak

Z_B : Tinggi *bulbos bow* dari base line

Sedangkan nilai khusus dari *linear form coefficients* adalah sebagai berikut :

Tabel 1 nilai *linear form coefficients*

	Minimal	Maximal
C_{BB}	0,17	0,2
C_{LPR}	0,018	0,031
C_{ZB}	0,26	0,55

2.3 Hambatan Kapal

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 perencana kapal, sebab akan berarti *horse power* akan menjadi hemat dengan begitu akan menghemat penggunaan bahan bakar.

Tahanan kapal merupakan gaya hambat dari media fluida yang dilalui kapal saat beroperasi pada kecepatan tertentu. Besarnya gaya hambat total merupakan jumlah dari semua komponen gaya hambat (tahanan) yang bekerja pada kapal[4,5], yaitu :

- Tahanan gesek (*Friction Resistance*).
- Tahanan gelombang (*Wave making Resistance*).
- Tahanan tambahan (*Appendages Resistance*), antara lain ; tahanan anggota badan, tahanan kekasaran, tahanan udara, tahanan kemudi.

2.4 CFD (*Computational Fluid Dynamic*)

Computational Fluid Dynamic (CFD) adalah suatu cara penyelesaian masalah berdasarkan pada persamaan fundamental dari dinamika fluida diantaranya kontinuitas, momentum dan persamaan energi. Konsep dasar penggunaan *Computational Fluid Dynamic* adalah persamaan Navier - Stokes dengan prinsip [6,7]:

- Kekekalan Massa
- Kekekalan Momentum
- Kekekalan Energi

Computational Fluid Dynamic (CFD) digunakan secara luas untuk memberikan penyelesaian dari masalah secara eksperimen. Dalam pemodelan numerik, jika input data tidak dimasukkan dengan kondisi sebenarnya, maka digunakan parameter yang dapat merefleksikan kondisi sebenarnya. Program *Computational Fluid Dynamic* (CFD) menggunakan metode VOF (*Volume of Fluid*) atau *Finite Different Equation*[6]. Metode ini menggunakan sistem koordinat kartesian dengan menyelesaikan persamaan Navier-Stokes[7] . Kemampuan *Computational Fluid Dynamic* dan pesatnya perkembangan kecepatan komputasi telah membuat penggunaan CFD sebagai alat untuk mendapatkan solusi dalam dunia penelitian dan rekayasa. Penggunaannya telah meliputi area yang luas pada industri dan aplikasi-aplikasi keilmuan. Sedangkan untuk proses simulasi pada CFD terdapat tiga langkah proses, yaitu[7] :

- Preprocessor
- Solver (*Numerical process*)
- Post Processor

3 Metodologi Penelitian

Secara umum, metodologi yang digunakan dalam penelitian ini ada beberapa tahapan, antara lain :

- Pembuatan desain kapal asli dan kapal modifikasi *variasi bulbous bow*.
- Menentukan ukuran “kolam” pada aplikasi CFD.

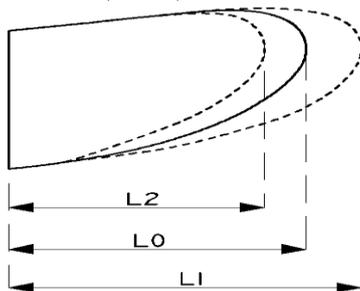
- c. Menentukan ukuran tiap tiap elemen *meshing*.
- d. Menentukan jenis *boundary*.
- e. Menentukan jenis fluida, kecepatan fluida.
- f. Menentukan *time step control* dan *convergence control*.
- g. Menjalakan simulasi (*running simulation*)
- h. Mendapatkan nilai hambatan total.

3.1 Variasi Bentuk *Bulbous Bow*

Metode yang digunakan dalam variasi bentuk *bulbous bow* adalah korespondensi satu-satu dari parameter yang digunakan. Parameter untuk variasi *bulbous bow* adalah parameter *linear* yang diambil dari Kracht (1978), namun pada penelitian ini, parameter C_{BB} tidak diikutsertakan, mengingat lebar *demi hull* katamaran yang kecil.

Variasi dimensi panjang *bulbous bow* (L_{PR}) yang dipakai adalah

- L_0 : 0,4221 meter
Dimana L_0 merupakan panjang *bulbous bow* yang menggunakan koefisien terkecil (0,018)
- L_1 : 0,57452 meter
Dimana L_1 merupakan panjang *bulbous bow* menggunakan koefisien tengah.
- L_2 : 0,72695 meter
Dimana L_2 merupakan panjang *bulbous bow* menggunakan koefisien terbesar (0,031)

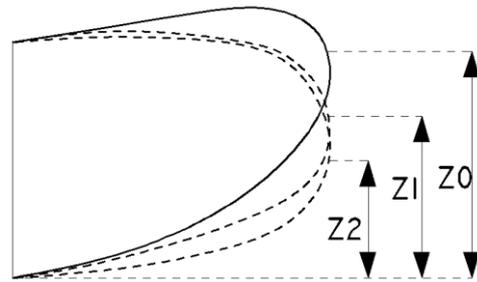


Gambar 4. variasi panjang *bulbous bow* (L_{PR})

Variasi dimensi tinggi *bulbous bow* (Z_{BB}) yang dipakai adalah

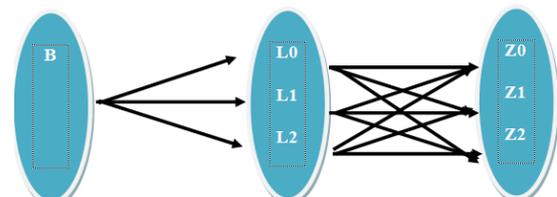
- Z_0 : 0,26 meter
Dimana Z_0 merupakan tinggi *bulbous bow* koefisien terkecil (0,26)
- Z_1 : 0,405 meter
Dimana Z_1 merupakan tinggi *bulbous bow* koefisien tengah.
- Z_2 : 0,55 meter

Dimana Z_2 merupakan tinggi *bulbous bow* menggunakan koefisien terbesar (0,55)



Gambar.5. variasi tinggi *bulbous bow* (Z_{BB})

Setelah mendapatkan parameter variasi bentuk *bulbous bow*, maka hal yang selanjutnya dilakukan adalah mendesain bentuk variasi *bulbous bow*. Penulis melakukan korespondensi satu satu terhadap parameter yang telah dimiliki.



Gambar 6. Diagram korespondensi parameter variasi bentuk *bulbous bow*

Setelah melihat diagram diatas, maka akan mendapatkan gambaran tentang variasi bentuk *bulbous bow*, untuk lebih jelasnya, ditampilkan pada tabel dibawah ini.

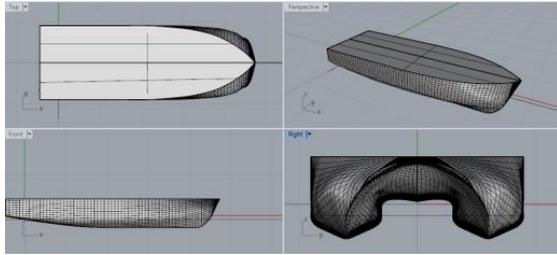
Tabel 2. hasil korespondensi parameter variasi bentuk *bulbous bow*.

No / Variasi	A	B	C
1	B-L0-Z0	B-L1-Z0	B-L2-Z0
2	B-L0-Z1	B-L1-Z1	B-L2-Z1
3	B-L0-Z2	B-L1-Z2	B-L2-Z2

4 Perhitungann dan Analisa Data

Kapal katamaran yang digunakan sebagai studi kasus diperoleh dari PT. Sanur Marindo Shipyard, yang merupakan kapal yang dibangun untuk keperluan penyebrangan Jakarta – Kepulauan Seribu, dengan ukuran utama sebagai berikut :

L	: 25,00 m	B1	: 3,00 m
Bm	: 9,00 m	T	: 1,00 m



Gambar 7. Pembuatan model katamaran

Pada gambar 4 ditunjukkan model 3D katamaran. Kemudian dilakukan bagian hull depan. Hasil pemodelan dari di-export dalam bentuk file .stp terlebih dahulu agar dapat dibuka di software berbasis CFD. Analisis CFD yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah pemodelan, visualisasi aliran, dan nilai hambatan kapal pada kecepatan dan kondisi tertentu.

4.1 Simulasi Computational Fluid Dynamic (CFD)

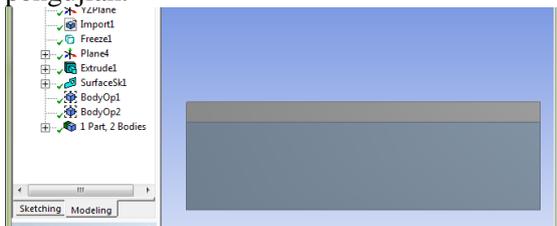
Proses simulasi numerik pada Computational Fluid Dynamic dimulai dari pembuatan model lambung kapal, kemudian file tersebut diexport dalam bentuk file .stp. Model yang digunakan haruslah solid.

Setelah model selesai dibuat, pengerjaan dilanjutkan menggunakan simulasi numerik. Software simulasi numerik berbasis Computational Fluid Dynamic. Langkah – langkah simulasi ini dibagi menjadi beberapa tahapan antara lain:

4.1.1 Geometry

Tahap geometry adalah tahap pemodelan yaitu tahap penentuan model yang akan dianalisa. Pembuatan model dapat dilakukan langsung di tahap ini, jika model terlalu rumit bisa dibuat di program lain seperti Rhinoceros, Delfship, maxsurf kemudian baru diimport di tahap ini. Tahap geometry juga merupakan langkah awal pengecekan apakah sebuah model solid.

Apabila model bisa digunakan maka akan muncul keterangan ready. Langkah selanjutnya pembuatan “kolam” tempat pengujian.



Gambar 8. Free Surface kolam pengujian pada tahap Geometry

4.1.2 Mesh

Tahap selanjutnya adalah pada mesh. Tahap mesh adalah tahap yang paling rumit. Apabila terjadi kesalahan sedikit pun, meshing akan berhenti dan gagal. Bila hal ini terjadi maka dalam tahap ini harus diulang. Maka disarankan agar teliti dan cermat. Semakin besar jumlah elemen meshing maka hasil meshing akan semakin halus dan bisa mendapatkan hasil yang lebih akurat. Namun perlu diingat bahwa semakin besar elemen yang kita buat, dalam proses simulasi numerik akan semakin berat dan berlangsung lama dan menghasilkan file yang semakin besar.

Tabel 3. Perbandingan Statistik Mesh

Model	Jumlah elemen				Total
	(a)	(b)	(c)	(d)	
Asli	1377896	4130257	20090	1295217	5445564
01	1332160	4077569	17667	1219208	5314444
02	1528429	5021592	23421	1285602	6330615
03	1265066	4237210	20090	137935	5296845
04	1414319	4327888	17891	1295877	5641656
05	1414509	4335751	17910	1293520	5647181
06	1485068	4821674	19267	1266833	6107774
07	1605533	4449241	23400	1634960	6107604
08	1342624	4899460	17385	968112	5884957
09	1393676	5261214	21606	944621	6227441

(a) : Nodes (c) : Pyramids
(b) : Tetrahedra (d) : Prisma

4.1.3 Setup

Setup merupakan tahapan yang berisi tentang penentuan hal – hal yang berkaitan dengan simulasi. Pada tahap ini dibagi menjadi beberapa langkah, antara lain default domain, solver, pembuatan expression, dan lain-lain. Pada tahap juga ditentukan tingkat eror simulasi. Tingkat eror yang dipilih, yaitu 0,001.

4.1.4 Solution

Setelah setup selesai di program, tahap selanjutnya adalah solution. Dalam tahap ini proses perhitungan (running) dilakukan berupa literasi dari persamaan dasar dinamika fluida pada CFD.

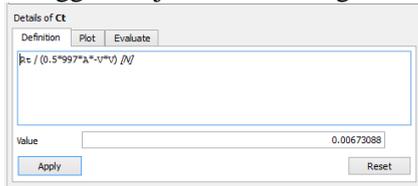
4.1.4 Result

Setelah proses running atau simulasi selesai maka hasilnya dapat kita lihat di tahap solution. Pada tugas akhir ini hasil yang diinginkan berupa nilai hambatan kapal

(force), model dan visualisasi aliran pada *free surface*.

4.2 Perhitungan Hambatan Kapal

Perhitungan hambatan kapal dengan metode *Computational Fluid Dynamic* pada *post processor* (hasil *running*) diambil dari tahap *results*. Kemudian dari data tersebut kita olah sehingga menjadi data matang.



Gambar 8. Pengambilan data hambatan kapal

4.2.1 Perhitungan Hambatan dan Hasil Simulasi

Tabel 9. Hambatan Kapal Pada keseluruhan *Froude Number*

Mo del	WSA (m ²)	Hambatan total pada Fn (KN)				
		0,417	0,555	0,694	0,833	0,972
Asli	144,38	24,77	39,29	50,72	74,54	100,89
01	146,98	24,23	38,63	55,35	77,19	103,99
02	146,22	23,59	36,15	50,51	69,85	101,17
03	146,34	23,45	37,58	53,32	74,33	102,89
04	147,38	25,42	40,85	58,41	80,77	108,84
05	147,18	25,05	40,46	58,23	81,66	111,83
06	145,93	24,36	38,14	54,46	77,83	108,37
07	147,22	24,80	40,33	53,76	74,07	97,25
08	147,93	23,38	37,77	57,07	84,08	117,33
09	146,54	23,17	36,70	52,46	73,35	103,19

Berdasarkan table nilai hambatan menggunakan CFD variasi bentuk *bulbous bow*, nilai hambatan total dapat diperkecil hingga 8%, nilai ini terjadi pada Froude Number 0,555 pada model 02 dengan variasi *bulbous bow* $L_{PR} : 0,4221$ m, $Z_B : 0,405$ m.

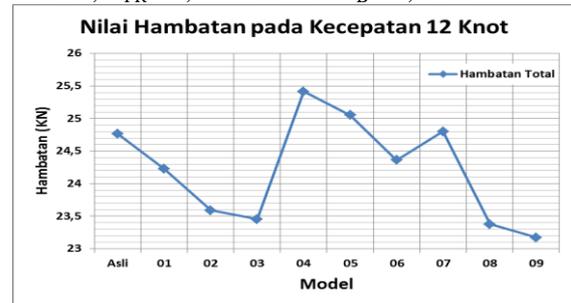
Hasil simulasi dengan program CFD pada kecepatan 12 knot dari model asli dan model 09 dapat dilihat pada gambar :

4.2.2 Perhitungan Hambatan dan Hasil Simulasi Kapal pada Kecepatan 12 knot

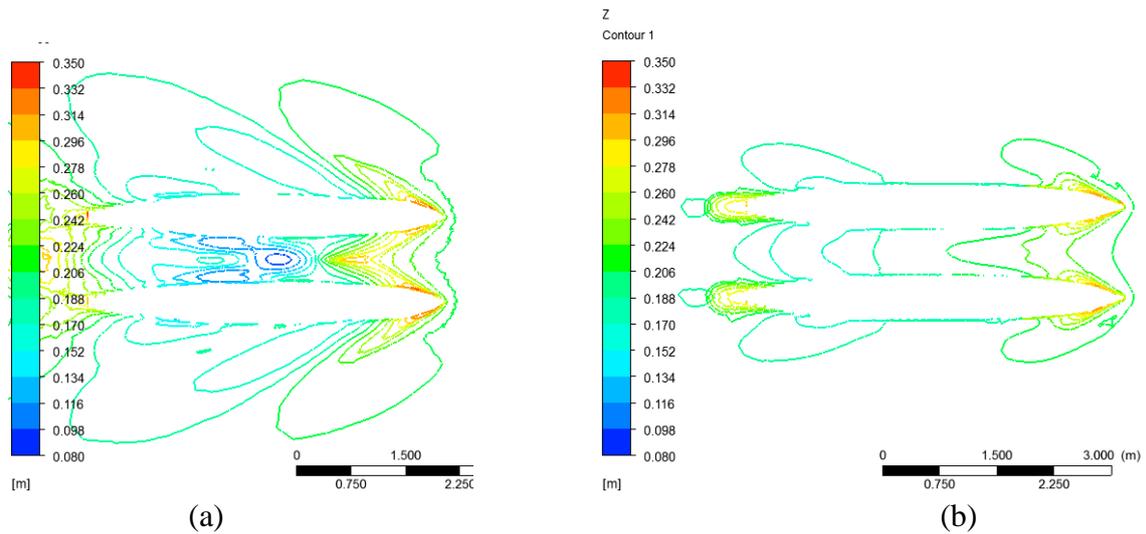
Tabel 4. Hambatan Kapal Pada Kecepatan 12 Knot

Model	WSA (m ²)	Hambatan Total (KN)
Asli	144,38	24,77
01	146,98	24,23
02	146,22	23,59
03	146,34	23,45
04	147,38	25,42
05	147,18	25,05
06	145,93	24,36
07	147,22	24,80
08	147,93	23,38
09	146,54	23,17

Dapat dilihat dari data diatas hasil CFD, hambatan didapatkan untuk kapal asli adalah 24,7673 KN, Sedangkan untuk hambatan paling kecil sebesar 23,1733 KN pada *bulbous bow* dengan variasi dimensi $L_{PR} : 0,72695$ m dan $Z_B : 0,55$ m. untuk hambatan paling besar sebesar 25,4161 KN pada *bulbous bow* dengan variasi, $L_{PR} : 0,5745$ m dan $Z_B : 0,26$ m.



Grafik 1. Hambatan Kapal Pada kecepatan 12 knot



Gambar 9. Visualisasi ketinggian gelombang pada model asli (a) & model 09 (b) pada Kecepatan 12 knot

4.2.3 Perhitungan Hambatan dan Hasil Simulasi Kapal pada Kecepatan 16 knot

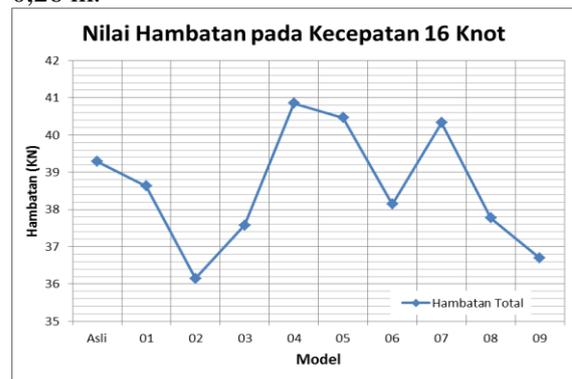
Tabel 5. Hambatan Kapal Pada F_n 0,555

Model	WSA (m^2)	Hambatan Kapal (KN)
Asli	144,38	39,29
01	146,98	38,63
02	146,22	36,15
03	146,34	37,58
04	147,38	40,85
05	147,18	40,46
06	145,93	38,14
07	147,22	40,33
08	147,93	37,77
09	146,54	36,70

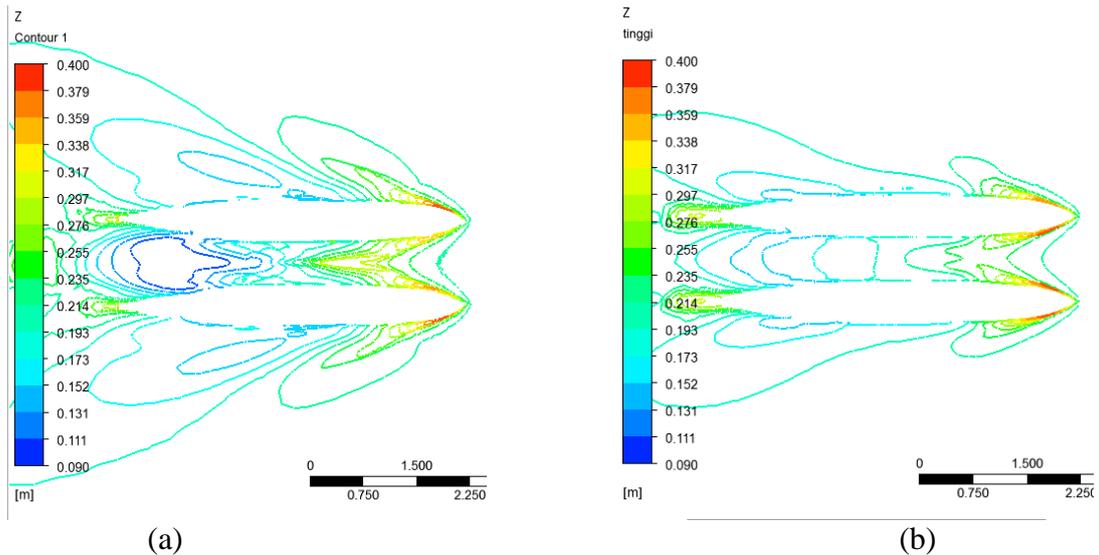
Dapat dilihat dari grafik diatas hasil CFD, hambatan didapatkan untuk kapal asli adalah 39,2889 KN, Sedangkan untuk hambatan paling kecil sebesar 36,1466 KN pada *bulbous bow* dengan variasi dimensi L_{PR} :

Hasil simulasi dengan program CFD pada Kecepatan 16 knot dari model asli dan model 02 dapat dilihat pada gambar dibawah ini

0,4221 m dan Z_B : 0,405 m. untuk hambatan paling besar sebesar 40,8512 KN pada *bulbous bow* dengan variasi, L_{PR} : 0,5745 m dan Z_B : 0,26 m.



Grafik 2. Hambatan Kapal Pada Kecepatan 16 knot

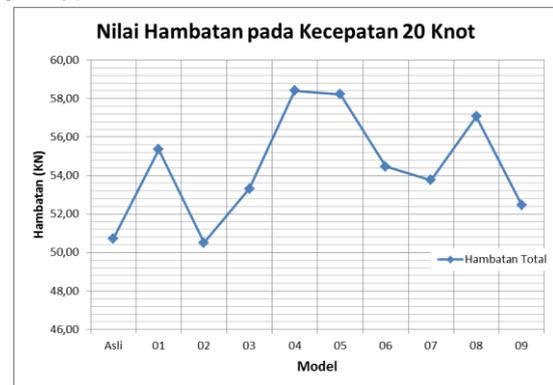


Gambar 10 Visualisasi ketinggian gelombang pada model asli (a) & model 02 (b) pada Kecepatan 16 knot

4.2.4 Perhitungan Hambatan dan Hasil Simulasi Kapal pada Kecepatan 20 Knot

Tabel 6. Hambatan Kapal Kecepatan 20 knot

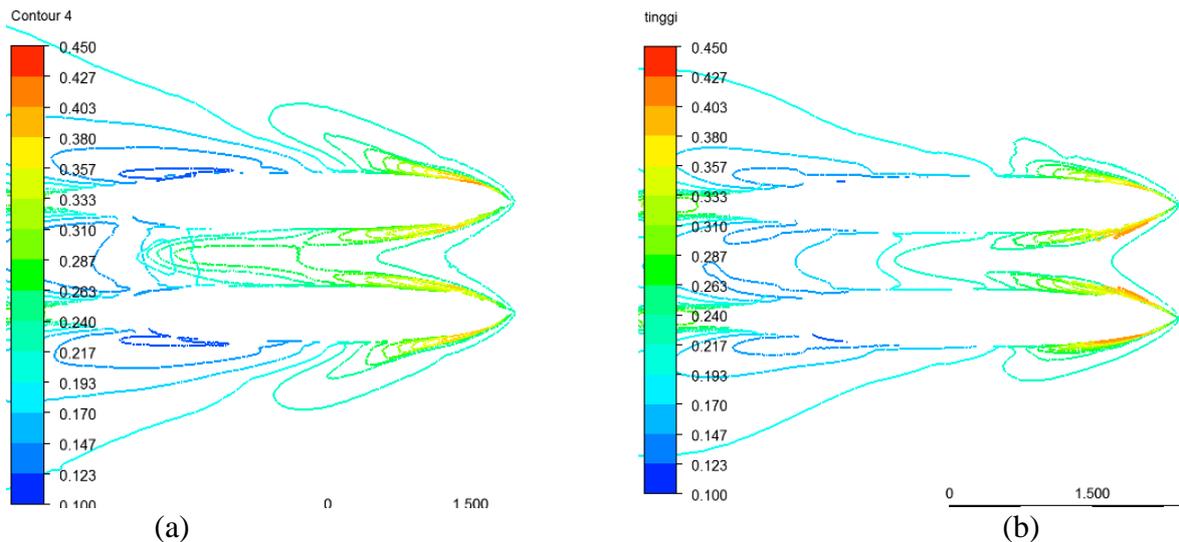
Model	WSA (m ²)	Hambatan Total (KN)
Asli	144,38	50,72
01	146,98	55,35
02	146,22	50,51
03	146,34	53,32
04	147,38	58,41
05	147,18	58,23
06	145,93	54,46
07	147,22	53,76
08	147,93	57,07
09	146,54	52,46



Grafik 3. Hambatan Kapal Pada Kecepatan 20 knot

Dapat dilihat dari grafik diatas hasil CFD, hambatan didapatkan untuk kapal asli adalah 50,7221 KN, Sedangkan untuk hambatan paling kecil sebesar 50,5054 KN pada variasi bentuk *bulbous bow* dengan variasi dimensi L_{PR} : 0,4221 m dan Z_B : 0,405 m. untuk hambatan paling besar sebesar 58,4130 KN pada variasi bentuk *bulbous bow* dengan variasi, L_{PR} : 0,5745 m dan Z_B : 0,26 m.

Hasil simulasi dengan program CFD pada kecepatan 20 knot dari model asli dan model 02 dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 11 Visualisasi ketinggian gelombang pada model asli (a) & model 02 (b) pada Kecepatan 20 knot

4.2.5 Perhitungan Hambatan dan Hasil Simulasi Kapal pada Kecepatan 24 knot

Tabel 7. Hambatan Kapal Pada kecepatan 24 knot

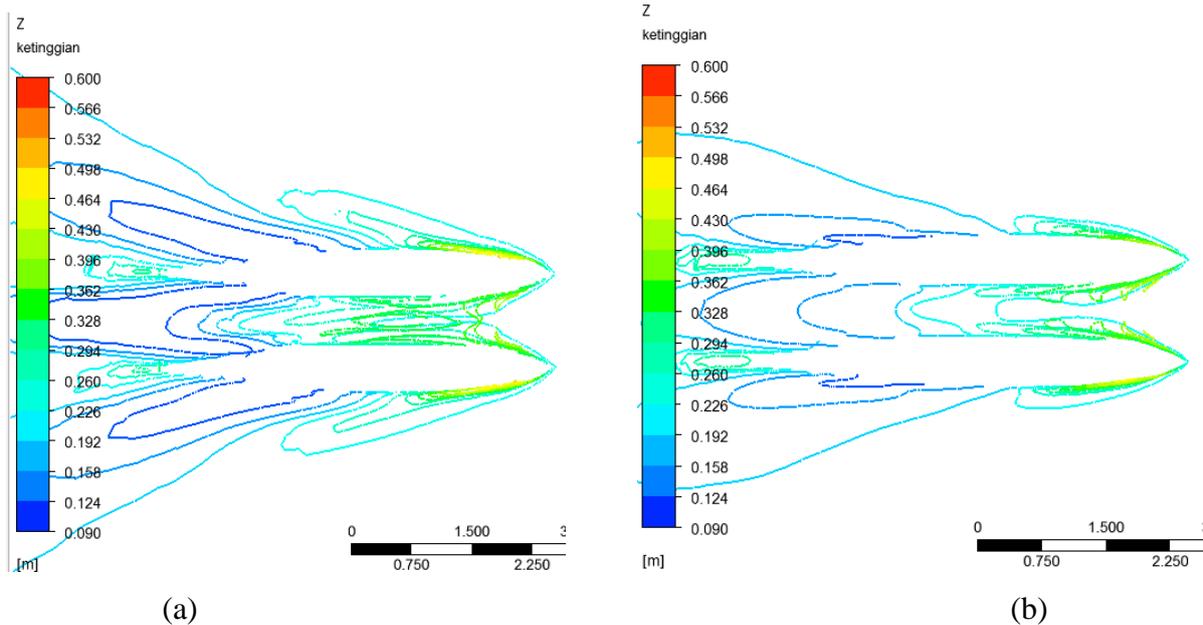
Model	WSA (m ²)	Hambatan Total (KN)
Asli	144,38	74,54
01	146,98	77,19
02	146,22	69,85
03	146,34	74,33
04	147,38	80,77
05	147,18	81,66
06	145,93	77,83
07	147,22	74,07
08	147,93	84,08
09	146,54	73,35



Grafik 4.1 Hambatan Kapal Pada kecepatan 24 knot

Dapat dilihat dari grafik diatas hasil CFD, hambatan didapatkan untuk kapal asli adalah 74,5417 KN, Sedangkan untuk hambatan paling kecil sebesar 69,8484 KN pada variasi bentuk *bulbous bow* dengan variasi dimensi L_{PR} : 0,4221 m dan Z_B : 0,405 m. untuk hambatan paling besar sebesar 74,0825 KN pada *bulbous bow* dengan variasi, L_{PR} : 0,7269 m dan Z_B : 0,405 m.

Hasil simulasi dengan program CFD pada kecepatan 24 knot dari model asli dan model 02 dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

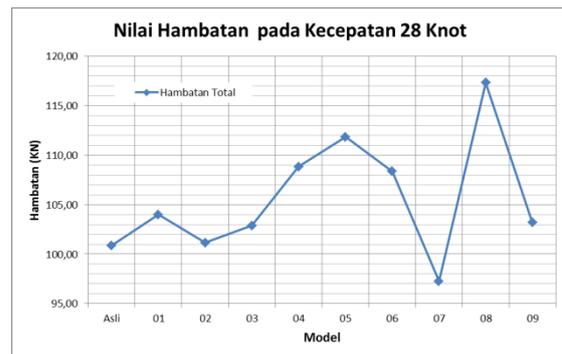


Gambar 12 Visualisasi ketinggian gelombang pada model asli (a) & model 02 (b) pada Kecepatan 24 knot

4.2.6 Perhitungan Hambatan dan Hasil Simulasi Kapal pada kecepatan 28 Knot

Tabel 8. Hambatan Kapal Pada kecepatan 28 knot

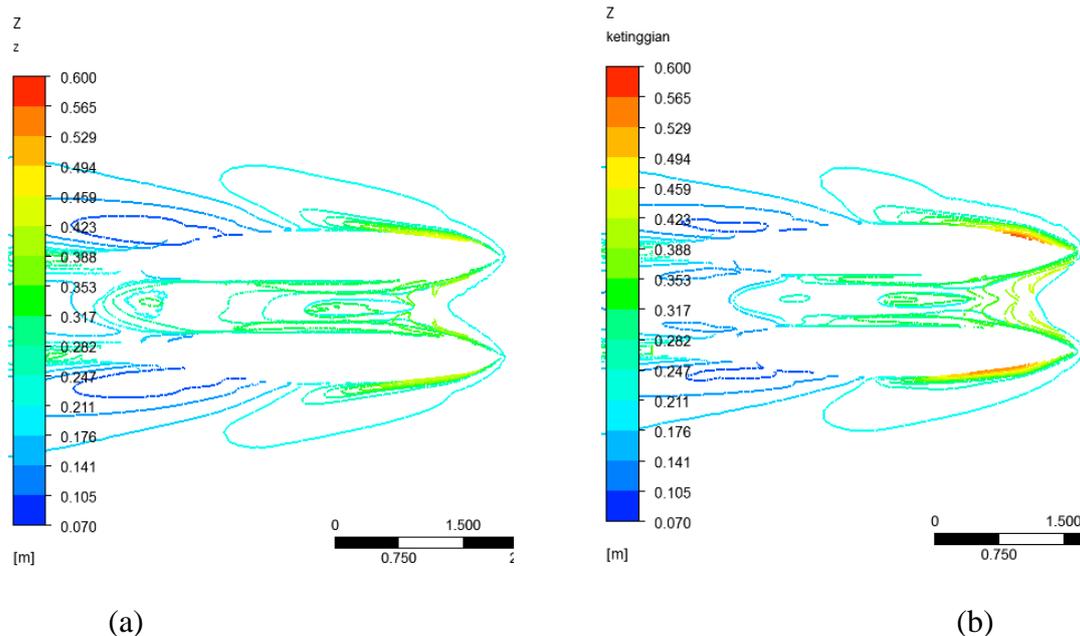
Model	WSA (m ²)	Hambatan Total (KN)
Asli	144,38	100,89
01	146,98	103,99
02	146,22	101,17
03	146,34	102,89
04	147,38	108,84
05	147,18	111,83
06	145,93	108,37
07	147,22	97,25
08	147,93	117,33
09	146,54	103,19



Grafik 4.1 Hambatan Kapal Pada kecepatan 28 knot

Dapat dilihat dari grafik diatas hasil CFD, hambatan didapatkan untuk kapal asli adalah 100,8879 KN, Sedangkan untuk hambatan paling kecil sebesar 97,2497 KN pada variasi bentuk *bulbous bow* dengan variasi dimensi L_{PR} : 0,7269 m dan Z_B : 0,26 m. untuk hambatan paling besar sebesar 117,3261 KN pada *bulbous bow* dengan variasi, L_{PR} : 0,72695 m dan Z_B : 0,405 m.

Hasil simulasi dengan program CFD pada kecepatan 28 knot dari model asli dan model 07 dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.30 Visualisasi ketinggian gelombang pada model asli (a) & model 07 (b) pada Kecepatan 28 knot

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari perhitungan dan analisis yang dilakukan dengan CFD, didapatkan kesimpulan nilai hambatan total sebagai berikut :

1. *Bulbous bow* paling efektif adalah *bulbous bow* variasi model 02 variasi L0-Z1, (LPR : 0,4221 m, ZB : 0,405 m) pada kecepatan 16 knot atau Fn 0,555 karena dapat menurunkan hambatan total sampai dengan 8%.
2. Pada kecepatan dinas (20 Knot atau Fn 0,694) penggunaan *bulbous bow* tidak efektif dalam mengurangi hambatan total karena selisih yang dihasilkan sangat kecil.

5.2 Saran

1. Penulis merekomendasikan *bulbous bow* model 02 variasi L0-Z1 (LPR : 0,4221 m, ZB : 0,405 m.) dan pengurangan kecepatan dinas kapal menjadi 16 knot.

2. Melakukan analisa stabilitas atau *seakeeping* untuk setiap variasi yang ada.
3. Melakukan analisa hambatan total pada variasi bentuk *bulbous bow* dengan parameter *non-linear*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kracht, Alfred M. 1978. *Design of Bulbous Bows*. SNAME Transactions vol 86 : 197-217.
- [2] Anggara, Sony. 2014. *Evaluasi Cfd Hambatan Lambung Katamaran Simetris Dengan Variasi Konfigurasi Ukuran Bulbous Bow Tipe Goose Neck*. [Online]. [diakses : 28 Oktober 2014] <http://digilib.its.ac.id/ITS-Undergraduate-41001140005308/32761>
- [3] Utama, I.K.A.P., Jamaluddin, A. dan Aryawan, W.D. 2012. *Experimental Investigation Into The Drag Interference Of Symmetrical And Asymmetrical Staggered And Unstaggered Catamarans*. Technology to the Wind vol 7 : 47-58.
- [4] Harvald, SV. AA. 1983. *Resistance And Propulsion Of Ship*. New York : A Wiley-Interscience Publication.
- [5] Molland, Anthony F., Turnock, Stephen R. and Hudson, Dominic A. 2011. *Ship Resistance And Propulsion, Practical*

- Estimation Of Ship Propulsive Power.*
New York : Cambridge University Press.
- [6] Blazek, J. 2001. *Computational Fluid Dynamics: Principles And Applications.*
Oxford : Elsevier Science Ltd.
- [7] Kuzmin, Dmitri. Institute of Applied Mathematics, *Institute of Applied Mathematics. Introduction to Computational Fluid Dynamics.* [Online]
[diakses: 15 October 2014.]
<http://www.mathematik.uni-dortmund.de>.