

ANALISA PENGARUH BENTUK LAMBUNG AXE BOW PADA KAPAL HIGH SPEED CRAFT TERHADAP HAMBATAN TOTAL

Romadhoni Oni ¹⁾, I.K.A.P Utama²⁾

¹⁾Dosen Program Studi Teknik Perkapalan Politeknik Negeri Bengkalis-Riau

²⁾Dosen Teknik Perkapalan, ITS - Surabaya.

E-mail :onie.bks@gmail.com ; kutama_na.its.ac.id

Abstrak

Hambatan merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi proses perancangan sebuah kapal. Kapal dengan bentuk lambung yang baik akan menghasilkan hambatan yang efisien sehingga operasional kapal dan pergerakan kapal lebih baik. Pada ini penelitian dilakukan dengan memodelkan kapal *high speed craft* tipe *Crew boat* panjang 38 meter, lebar 7.6 meter, tinggi 3.65 meter dan draft 1.89 meter. Selanjutnya diselidiki model lambung kapal yang menghasilkan hambatan total paling kecil menggunakan pendekatan studi numerik *software* (*maxsuft hullspeed*) metode savitsky dan holtrop dan *software Computational Fluid Dynamics* (CFD).

Hasil penelitian berdasarkan analisa numerik (*Maxsuft –Hullspeed*) dan CFD menunjukkan pada kecepatan service bentuk lambung model *AXE Bow* memiliki nilai hambatan yang lebih kecil dibandingkan model kapal *planing hull chine* (HPC) dan *rounded hull* (RH). Hasil perhitungan numerik dan CFD memiliki nilai yang hampir sama pada setiap variasi model. Hasil komparasi yang dilakukan didapatkan selisih total hambatan pada kecepatan 25 knot yaitu model HPC 1.8 kN, model HPCAB 5.2 kN, model RH 4.8 kN dan model 5.1 kN. Dari perbandingan kedua metode tersebut memiliki selisih cukup kecil yaitu kurang dari 5%. Selain mendapatkan nilai hambatan *Software* CFD akan menghasilkan nilai perbandingan gaya angkat (*lift force*), dan *total pressure* yang terdistribusi pada permukaan model setiap variasi kecepatan.

Kata kunci: hambatan, *high speed craft*, *axe bow*, *planing hull*, *rounded*, *CFD*.

1. PENDAHULUAN

Penggunaan kapal cepat khususnya jenis lambung tunggal (*mono hull*) belakangan ini mulai marak digunakan di Indonesia. Banyak instansi baik pemerintah maupun swasta yang menggunakan kapal cepat untuk berbagai tujuan. Dalam operasional kapal *high speed craft* biasanya digunakan untuk 5000-6000 jam per tahun, dengan berlayar dengan berbagai kondisi laut. Kecepatan kapal yang dapat dicapai dalam cuaca ekstrim menjadi hal yang sangat penting dalam desain. Salah faktor pembatas ditentukan oleh propulsi atau karakteristik resistensi merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi dalam perancangan sebuah kapal (Endro, 2014).

Pada umumnya desain kapal *high speed craft* (HSC) pada umum menggunakan lambung jenis *rounded hull*, *planing hull* atau *hard chine planing* sehingga diperlukan suatu analisa dan studi baru terhadap bentuk lambung ini, salah satunya dengan melakukan analisa teknis penggunaan bentuk lambung *AXE Bow*. Hal ini dilakukan untuk mengurangi luas permukaan basah (*water surface area*) karena munculnya turbulensi di bawah lambung, dan akan menambah kekuatan untuk tekan kapal (gaya angkat), sehingga yang dengan sendirinya akan mengurangi hambatan dan peningkatan efisiensi maka akan menghasilkan daya yang beda, kecepatan mesin lebih kecil dan kebutuhan bahan bakar menjadi berkurang.

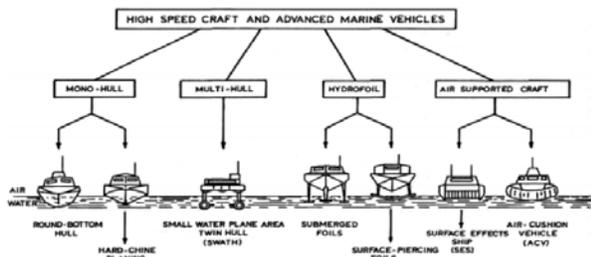
Tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh desain kapal HSC dengan bentuk

AXE Bow, mengetahui pengaruh bentuk lambung kapal HSC *planing hull* dan AXE Bow ditinjau dari nilai hambatan serta dapat mengetahui karakteristik aliran fluida disekitar lambung *hull planing* dan AXE Bow.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kapal High Speed Craft (HSC)

Crew boat adalah alat transportasi laut yang digunakan untuk membawa crew atau tenaga kerja yang biasanya bekerja dilepas pantai, atau dipengeboran. Kapal ini beroperasi sama seperti halnya kapal-kapal penumpang pada umumnya. Kapal jenis ini terlalu besar dan tidak terlalu banyak membawa penumpang atau pekerja, karena kapal ini mengutamakan kenyamanan.



Gambar 1. Tipe lambung HSC(PNA:1998)

Menurut (IMO IS CODE: 2008) *high speed craft* merupakan kapal cepat yang mampu berlayar dengan kecepatan maksimum, dalam meter per detik (m/s), sama dengan atau melebihi:

$$3.7 \cdot \nabla^{0.1677} \tag{1}$$

Dengan, ∇ adalah Displasmen sesuai dengan desain garis air (m³)

2.2. AXE Bow

AXE Bow adalah jenis lambung yang menusuk gelombang pada haluan kapal, ditandai dengan batang vertikal dan entri yang relatif panjang dan sempit (hull depan) atau berbentuk seperti kapak. Kaki depan dalam dan *freeboard* yang relatif tinggi, dengan sedikit menonjol kebawah, sehingga profil busur menyerupai kapak.



Gambar 2. Kapal Axe Bow

2.3 Analisa Hambatan Total

Dalam perhitungan hambatan dalam penelitian ini menggunakan metode hull speed dengan metode Savitsky. Koefisien kecepatan *planing hull* menurut Daniel Savitsky dinyatakan dengan :

$$Cv = \frac{V}{\sqrt{g \cdot b}} \tag{2}$$

Dimana :

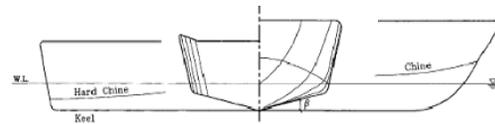
Cv = Koefisien Kecepatan

V = Kecepatan Kapal (m/s)

g = Percepatan Gravitasi (9,81 m/s²)

b = Maximum Beam Over Chine (m)

Pada Gambar 3, ditunjukkan letak dari sudut *deadrise* (β) suatu kapal cepat.



Gambar 3. Sudut Deadrise (β) pada kapal cepat.

Ketika terjadi kondisi sudut *deadrise* yang terbentuk sama dengan nol, ($\beta = 0$), maka koefisien angkat dinyatakan dengan Persamaan (3):

$$Clb = \frac{\Delta}{0,5 \times \rho \times V^2 \times B^2} \tag{3}$$

Dimana :

Clb = Koefisien Angkat (Lift Coefficient)

ρ = Massa Jenis Air Laut (Slug/Cu.Ft)

V = Kecepatan Kapal (ft/sec)

Bpx = Maximum Chine Beam (ft)

Δ = Displasemen (lb)

Nilai λ yang merupakan nilai rata-rata perbandingan antara panjang dan lebar pada area basah kapal. Savitsky mengambil asumsi bentuk lambung yang prismatis (*prismatic hull form*). Asumsi ini membawa konsekuensi berupa nilai sudut *dead rise* merupakan angka yang konstan sepanjang lambung kapal. Sehingga Penggunaan Grafik Equilibrium planing digunakan untuk mengetahui besarnya sudut trim (τ) yang bekerja pada kapal.

Lebih lanjut Savitsky melakukan pendekatan untuk mengetahui nilai Bilangan Reynold dengan persamaan (5)

$$Rn = \frac{V_1 \lambda b}{\nu} \tag{4}$$

Dimana:

- Rn = Bilangan Reynold
 λ = Nilai rata rata perbandingan antara panjang dan lebar pada area basah kapal
 b = Maximum Chine Beam (m)
 V1 = Kecepatan Kapal (m/s)
 ν = Viskositas Air laut (m²/s)

Kemudian penentuan koefisien hambatan gesek Savitsky menggunakan metode Schoenherr. Schoenherr memperkirakan bahwa koefisien hambatan gesek dinyatakan dengan (5) :

$$Rn = \frac{1}{(3,5 \log Re - 569)^2} \quad (5)$$

Dimana :

Cf = Koefisien hambatan gesek

Hambatan Total hitung dengan (7)

$$RT = \Delta \tan \tau \frac{1/2 \rho V^2 \lambda b^2 Cfo}{\cos \alpha \cdot \cos \beta} \quad (6)$$

Dimana :

RT = Hambatan Total (KN)

2.4 Analisis Aliran Fluida CFD

Analisa masalah aliran yang berupa kecepatan, tekanan atau temperatur didefinisikan sebagai suatu daerah yang berupa simpul-simpul tiap cell. Jumlah cell dalam grid (mesh) menentukan akurasi penyelesaian CFD. Pada umumnya semakin banyak cell semakin akurat penyelesaiannya..

1. Solver Manager

Solver dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu finite difference, finite element dan finite volume.

Boundary Condition Inlet

Boundary Condition Inlet adalah input aliran fluida pada kondisi normal tanpa adanya fenomena yang terjadi.

- Massa dan Momentum

Momentum yang terjadi pada aliran fluida yang dipengaruhi oleh massa dan kecepatan dengan vector kecepatan U, V dan W. arah yang diambil dalam perlakuan terhadap boundary adalah arah normal terhadap domain. Komponen kecepatan aliran (*Cartisien Velocity Vector*) adalah dengan resultan :

$$U_{inlet} = U_{specj} + V_{speci} + W_{speck} \quad (7)$$

- Tekanan Total

Tekanan total, Ptot, untuk fluida didefinisikan sebagai

$$P_{tot} = P_{stat} \quad (8)$$

- Kecepatan Laju Aliran Massa

Batas laju aliran massa, ditentukan sepanjang arah komponen, dimana influx massa dihitung menggunakan rumus :

$$\rho U = \frac{m}{s} dA \quad (9)$$

Boundary Condition Outlet

Kecepatan Outlet Komponen kecepatan outlet boundary adalah komponen

a. *Cartisien velocity*.

$$U_{outlet} = U_{speci} + V_{specj} + W_{speck} \quad (10)$$

- b. Tekanan Outlet Fluida Tekanan outlet fluida adalah tekanan *static inlet* ditambah perubahan tekanan yang terjadi

$$P_{Tot} = P_{stat} + \frac{1}{2} \rho U^2 \quad (11)$$

Boundary Condition Wall

- a. Tekanan Statis Rata-Rata

Wall Relative Static Pressure adalah :

$$P_{av} = P_{dA} \int P_{dA} \quad (12)$$

- b. Mass Flow Rate Out

Distribusi massa di daerah wall ditentukan oleh aliran berat massa.

- c. Heat Transfer

Perpindahan panas ditentukan adiabatic pada Wall boundary kapal karena pengaruh energi panas yang begitu kecil terhadap nilai *lift* sehingga :

$$Q_{wall} = 0 \quad (13)$$

- 2. Post Processor

Pada step ini akan ditampilkan hasil perhitungan yang telah dilakukan pada tahap sebelumnya. Hasil perhitungan dapat dilihat berupa data numerik dan data visualisasi aliran fluida pada model.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Spesifikasi kapal HSC *Plaining Hull* Jenis *Crew Boat*

Spesifikasi kapal merupakan data-data penjang dalam perancangan kapal yaitu Lpp, B, H, T, Cb, Vs, LWT, dan lain sebagainya. Dimana data-data tersebut diperoleh melalui data base kapal yang telah ada.

3.2. Konsep Dasar Kapal HSC *AXE Bow* Jenis *Crew Boat*

Konsep perencanaan kapal HSC *AXE Bow* berdasarkan perencanaan kapal cepat yang telah ada meliputi daya angkut kapal, Hidrostatik properties, karakteristik perairan, tujuan operasi.

3.3. Spesifikasi Permodelan *Plaining Hull* dan *AXE Bow*

Permodelan yang dilakukan adalah membuat lambung kapal jenis *high speed*

craft yang memenuhi kriteria IMO IS CODE 2008, permodelan 3D lambung kapal menggunakan *software maxsurf pro 13* yang dilakukan pada kapal jenis *Crew boat* dengan memvariasikan sebanyak 4 Model lambung yaitu tipe *planing hull chine*, *planing hull chine AXE Bow*, *rounded hull* dan *rounded AXE Bow*.

3.4. Analisa Hambatan Kapal

Perhitungan tahanan kapal (*resistance*) dilakukan dengan melakukan studi numerik menggunakan *software Hullspeed 13* dan CFD analisis dilakukan pada permodelan yang sudah dibuat dengan metode *Savitsky planning* dan *holtrop* sebagai validasi perhitungan.

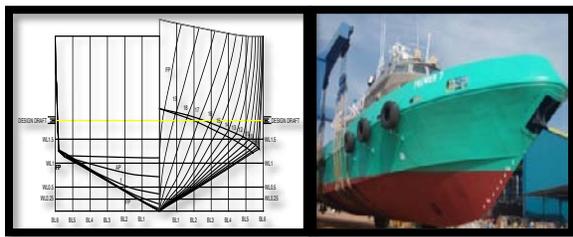
3.5. Analisa Computational Fluid Dynamics (CFD)

Analisa bentuk aliran fluida dilakukan dengan menggunakan *software CFD*, hasil dari analisis ini adalah berupa besarnya hambatan atau *force on ship*, *lifting force* dan total pressure, model lambung *planing hull chine* (HPC), *planing hull chine* (HPCAB), *rounded hull* (RH), *rounded hull AXE Bow* (RHAB)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Model Kapal Crew Boat

Kapal *crew boat* PRIMER 7 dibangun oleh PT.VISTA MARITIM INDONESIA Batam pada tahun 2013, berklasifikasi *American Bureau of Shipping* (ABS), kapal ini mengangkut 10 Crew dan 90 penumpang, memiliki 3 mesin utama dan 2 mesin bantu, dengan kecepatan service 25 knot



Gambar 4. Kapal *Crew boat*

Parameter	Symbol	Satuan	HPC	HPCAB	RH	RHAB
Overall Length	LOA	m	38	38	38	38
Length Water line	LWL	m	35.5	38	36.206	38
Breadth Moulded	Bmld	m	7.6	7.6	7.6	7.6
Height Moulded	Hmld	m	3.65	3.65	3.65	3.65
Draft Drougt	T	m	1.89	1.89	1.89	1.89
Displasmen	Δ	Ton	240.5	240.6	240.7	240.5
Coefisien Prismatic	Cp	m	0.46	0.718	0.763	0.749
Coefisien Block	Cb	M ²	0.795	0.32	0.549	0.424
Coefisien Midsip	Cm	m	0.624	0.644	0.723	0.719
Water Surface Area	WSA	m	284.05	293.6	246.02	255.3

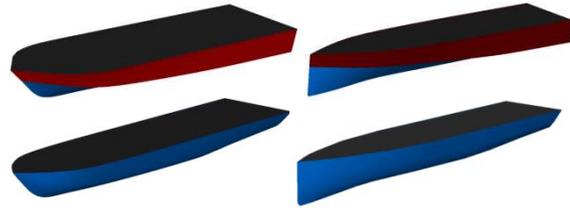
Keterangan :

Model HPC : *hull planing chine*

Model HPCAB : *hull planing chine AXE bow*

Model RH : *rounded hull*

Model RHAB : *rounded hull AXE bow*



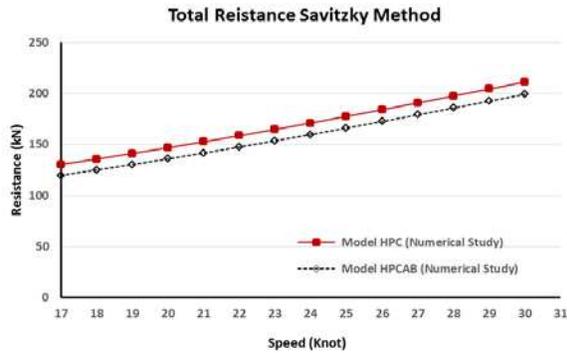
Gambar 5. Model HPC, HPCAB, RH, dan RHAB

4.2 Analisa Total Hambatan

Prediksi hambatan secara numerik dilakukan dengan menggunakan metode SAVITSKY dan HOLTROP. Metode Savitsky digunakan untuk lambung *planing hull* dan metode *Holtrop* digunakan untuk lambung berjenis *rounded*. Metode tersebut dilakukan berdasarkan data statistik untuk beberapa parameter hidrostatis untuk lambung kapal.

Tabel 2. Evaluasi hambatan model kapal HPC dan HPCAB Metode Numerik *Maxsuft Hullspeed*

Vs	Savitsky Resistance (kN)		Selisih
	HPC	HPCAB	
17	130.6	119.93	8.17%
18	135.81	125.07	7.91%
19	141.23	130.41	7.66%
20	146.85	135.95	7.42%
21	152.66	141.67	7.20%
22	158.65	147.56	6.99%
23	164.81	153.61	6.80%
24	171.12	159.82	6.60%
25	177.58	166.15	6.44%
26	184.16	172.61	6.27%
27	190.85	179.17	6.12%
28	197.61	185.81	5.97%
29	204.43	192.51	5.83%
30	211.28	199.25	5.69%



Gambar 6. Grafik total hambatan model HPC dan HPCAB pada *Maxsurf-hullspeed*

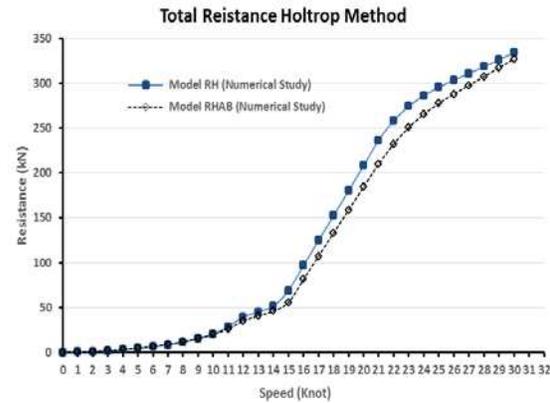
Pada gambar 6. menunjukkan total resistance untuk kedua model yaitu *Hull Planing Chine* (HPC) dan *hull Planing Chine AXE Bow* (HPCAB) hasil dari numerical di program *maxsufft hullspeed*, dari perbandingan kedua model tersebut dipeoleh total hambatan kapal *hull planing Axe Bow* (HPCAB) lebih kecil bila dibandingkan dengan kapal *Hull Planing Chine* (HPC). Pada kecepatan 25 knot nilai hambatan HPCAB adalah 166.2kN sedangkan untuk model kapal HPC adalah 177.58 kN dengan selisih 6.4%.

Seperti dijelaskan sebelumnya untuk model rounded hull perhitungan tahanan menggunakan pendekatan holtrop, hal ini disebabkan bentuk lambung rounded tidak bisa diselesaikan dengan persamaan savitsky.

Tabel 2. Evaluasi hambatan model kapal RH dan RHAB Metode Numerik *Maxsufft Hullspeed*

Vs	Holtrop (kN)		Selisih
	RH	RHAB	
0	0	0	0.00%
1	0.21	0.23	-9.52%
2	0.77	0.83	-7.79%
3	1.64	1.78	-8.54%
4	2.8	3.04	-8.57%
5	4.22	4.59	-8.77%
6	5.98	6.47	-8.19%
7	8.21	8.76	-6.70%
8	11.2	11.64	-3.93%
9	15.34	15.36	-0.13%
10	20.36	19.82	2.65%
11	28.73	26.3	8.46%
12	39.29	34.92	11.12%
13	45.13	40.66	9.90%
14	51.46	45.97	10.67%
15	68.83	55.57	19.26%
16	96.73	81.29	15.96%

17	124.62	107.14	14.03%
18	152.47	132.96	12.80%
19	180.25	158.73	11.94%
20	208.25	184.43	11.44%
21	236.64	210.19	11.18%
22	258.5	232.36	10.11%
23	274.57	250.95	8.60%
24	286.49	265.65	7.27%
25	295.84	277.73	6.12%
26	303.81	288.26	5.12%
27	311.24	298.05	4.24%
28	318.68	307.63	3.47%
29	326.44	317.37	2.78%
30	334.69	327.47	2.16%

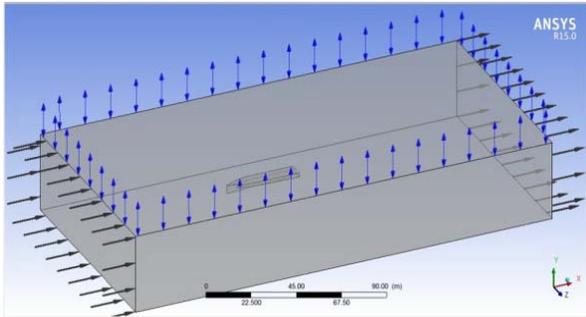


Gambar 7. Grafik total hambatan model HPC dan HPCAB pada *Maxsurf-hullspeed*

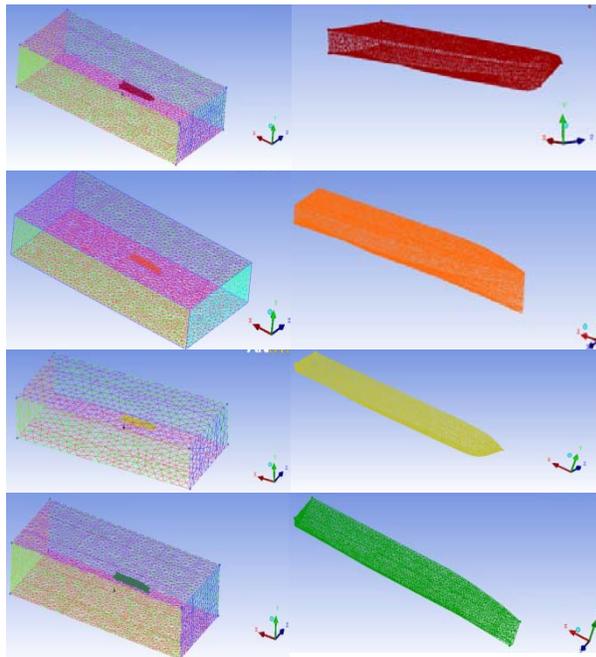
Pada gambar 7 total resistance untuk kedua rounded hull (RH) dan rounded hull AXE Bow (RHAB) yang di running pada program *maxsufft hullspeed*, dari perbandingan kedua model pada kecepatan rendah nilai hambatan total model RHAB lebih besar dibandingkan model RH, hal ini terlihat pada kecepatan 4 knot hambatan total model RHAB 3.04 kN dan model RH 2.8 kN selisih didapatkan 0.24 kN dengan persentasi 8.57%. Hasil berbeda didapatkan kecepatan 25 knot nilai hambatan RHAB adalah 277.73 kN sedangkan untuk model kapal RH adalah 295.8 kN dengan selisih 6.12%. Jika dilihat dari sisi *total resistance* (RT) kapal, model lambung AXE Bow memiliki hambatan lebih besar pada kecepatan rendah 0 sampai 9 knot, dan memiliki tahanan lebih kecil saat kecepatan 10 sampai 30 knot dibandingkan model *rounded hull*.

4.3. Analisa Hambatan Computational Fluid Dynamics (CFD)

Pada simulasi ini metode yang digunakan adalah metode *free surface* sehingga terdapat dua jenis fluida yang masuk kedalam simulasi yaitu air laut dan udara. Pada analisa ini kapal dibuat penuh tertutup *surface* sampai deck, kapal diletakan pada sebuah kotak dengan ukuran depan 2 x panjang kapal, belakang 4 x panjang kapal sisi 1.5 panjang kapal dan bawah tergantung kedalaman perairan, $P \times L \times T = 228 \times 57 \times 20$. Setelah itu memberi boundary condition pada tiap-tiap bagian domain. Inlet boundary pada simulasi ini metode yang digunakan adalah metode *free surface* sehingga terdapat dua jenis fluida yang masuk kedalam simulasi yaitu air laut dan udara.



Gambar 8. Parameter di CFD pada model Kapal



Gambar 9. Meshing simulasi Free Surface CFD pada model

4.3.1. Grid Independen

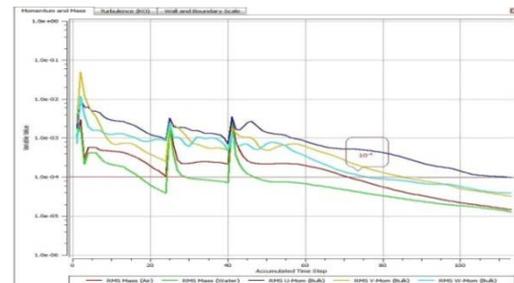
Tahap ini merupakan awalan yang cukup penting untuk diperhatikan karena output yang akan divalidasi bergantung pada tahap ini. Secara sederhana *Grid Independence* ini ditunjukkan untuk mencari tahu jumlah elemen model yang optimum.

Tabel 3. Jumlah Optimum dari Elemen pada setiap model

Model	Jmlhelemen
Hull Planing Chine (HPC)	1930113
Hull Planing Chine AXE Bow (HPCAB)	1311815
Rounded Hull (RH)	1146539
Rounded Hull AXE Bow (RHAB)	1913887

4.3.2. Konvergensi

Salah satu tahap verifikasi lainnya adalah konvergensi, yaitu sebuah tahapan untuk mengatur tingkat eror dari proses simulasi. Penentuan tingkat error akan berpengaruh pada jumlah iterasi perhitungan yang dilakukan. Semakin kecil tingkat kesalahan yang diset, maka proses perhitungan akan memakan waktu yang lebih lama, hingga pada suatu saat proses tersebut akan berhenti pada suatu posisi konvergen, yaitu posisi di mana tingkat keakuratan yang direncanakan tercapai. Nilai konvergensi untuk kasus ini ditentukan 10^{-4}



Gambar 12 Grafik Konvergensi

Pada Gambar 12 menunjukkan grafik konvergensi, simulasi akan berhenti ketika keempat grafik berhasil melintasi nilai yang lebih kecil dari 10^{-4} . Setelah proses running pada CFX solver selesai selanjutnya kita memilih total *force on ship* (x axis) pada CFD Solver dengan memilih *function callulator* pada *all fluid* sehingga akan diketahui *total force* atau hambatan kapal yang didapat akibat hambatan air dan udara pada model, nilai yang didapat merepresentasi hambatan model kapal dengan kecepatan sebagai input, pada tabel 4.6 merupakan *total force* model pada kecepatan

17, 19, 21, 23, 25, 27 dan 29 knot yang dilakukan pada software CFD.

Tabel 4. Total Force on Ship di Computational Fluid Dynamics (CFD).

Speed (Knot)	Compotatioal Fluid Dynamics (CFD)			
	HPC	HPCAB	RH	RHAB
17	129.81	114.77	91.92	84.72
19	140.44	125.25	147.66	136.39
21	151.87	136.51	203.44	187.86
23	164.03	146.45	253.69	235.79
25	175.77	158.99	281.68	270.79
27	190.069	172.05	299.01	291.65
29	203.649	185.35	313.87	311.21

Tabel 4. merupakan hasil total hambatan pada keempat model menggunakan CFD pada variasi beberapa kecepatan, dari hasil yang diperoleh menunjukkan bentuk lambung AXE Bow pada setiap variasi model memiliki total hambatan paling kecil dibandingkan bentuk HPC dan RH. Hasil menggunakan metode CFD pada kecepatan 25 knot nilai tahana untuk model HPC 175.8 kN, model HPCAB 160 kN, model RH 281.7 kN dan model RHAB 270.8 kN.

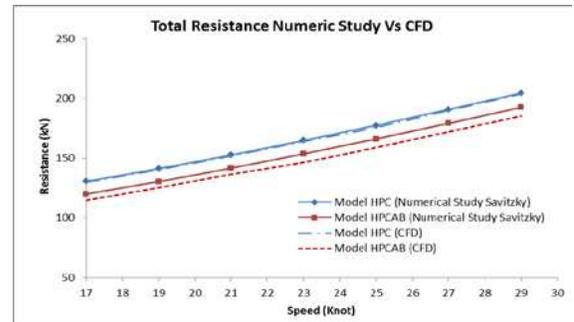
4.4. Komparasi Hasil Total Hambatan

Sebelum masuk analisa hasil, komparasi perlu dilakukan untuk memastikan bahwa hasil analisa dengan menggunakan model numerik adalah benar, dikatakan benar jika hasil studi numerik (*maxsuft-hullspeed*) mendekati output dari nilai hambatan yang dihasilkan *software* CFD. Komparasi dilakukan terhadap 4 model adalah model HPC dengan model HPCAB menggunakan metode *savitzky* dan model RH dengan model RHAB menggunakan metode *holtrop*.

Tabel 4. Resume total resistance terhadap kecepatan kapal model HPC dan HPCAB

Speed (Knot)	Numerical Study Savitsky		CFD	
	HPC	HPCAB	HPC	HPCAB
17	130.6	119.93	129.819	114.77
19	141.23	130.41	140.449	125.25
21	152.66	141.67	151.879	136.51

23	164.81	153.61	164.029	146.45
25	177.58	166.15	175.779	158.99
27	190.85	179.17	190.069	172.05
29	204.43	192.51	203.649	185.35



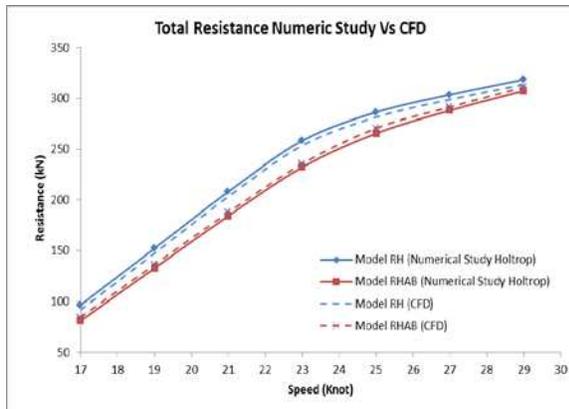
Gambar 13. Grafik hambatan total *numerical study* dan CFD model HPC dan HPCAB

Dari gambar 13 memperlihatkan hasil dari komparasi antara perhitungan numerik dan CFD, dimana total hambatan kedua model lambung memiliki nilai yang hampir sama untuk metode *savitzky* pada variasi model lambung kapal. Hal ini dibuktikan dengan variasi model lambung hull planing chine saat kecepatan 25 knot dengan metode numerik memiliki nilai hambatan 177.6 kN dan menggunakan metode CFD nilai hambatannya adalah 175.8 kN, begitu juga dengan model planing chine AXE bow pada kecepatan 25 knot dengan metode numerik memiliki nilai 166.15 kN, dan menggunakan metode CFD nilai hambatannya adalah 158.99 kN. Dari perbandingan kedua metode tersebut memiliki selisih yang cukup kecil yaitu 1.01% model planing hull dan 4.31% model AXE Bow.

Tabel 5. Resume total hambatan model RH dan RHAB

Speed (Knot)	Numrical Study Holtrop		CFD	
	RH	RHAB	RH	RHAB
17	96.73	81.29	91.92	84.72
19	152.47	132.96	147.66	136.39
21	208.25	184.43	203.44	187.86
23	258.5	232.36	253.69	235.79

25	286.49	265.65	281.68	270.79
27	303.81	288.26	299.01	291.65
29	318.68	307.63	313.87	311.21



Gambar 13. Grafik hambatan total *numerical study* dan CFD model RH dan RHAB

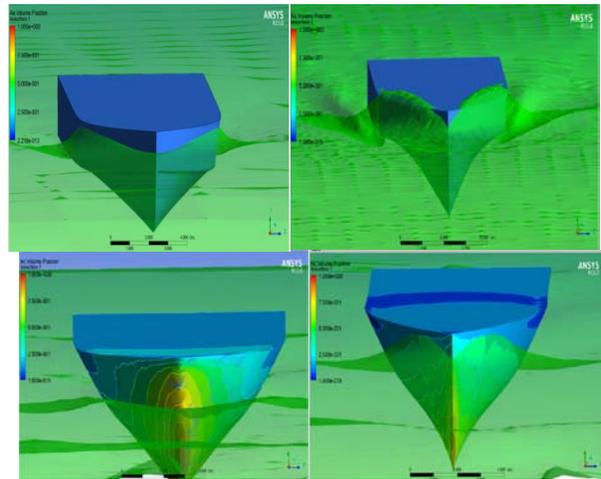
Sama seperti model planing hull gambar 4.13 merupakan hasil dari komparasi antara perhitungan numerik dan CFD memiliki nilai yang hampir sama untuk metode *holtrop* pada variasi model *rounded*. Hal ini dibuktikan dengan variasi model lambung rounded saat kecepatan 25 knot dengan metode numerik memiliki nilai hambatan 286.49 kN dan menggunakan metode CFD nilai tahanannya adalah 281.683 kN, begitu juga dengan model planing chine AXE bow pada kecepatan 24 knot dengan metode numerik memiliki nilai 265.65 kN, dan menggunakan metode CFD nilai tahanannya adalah 269.79 kN. Dari perbandingan kedua metode tersebut memiliki selisih 1.68% model *rounded* dan 1.56% untuk model AXE Bow nilai selisih yang cukup saja untuk variasi model tersebut.

4.5 Analisa Lift Force dan Total Pressure model dengan CFD

Dari empat variasi model yang telah dibuat, simulasi CFD Pre dilakukan input parameter kecepatan pada software, yaitu 17, 19, 21, 23, 25, 27 dan 29 knot. Hasil simulasi yang dilakukan yaitu:

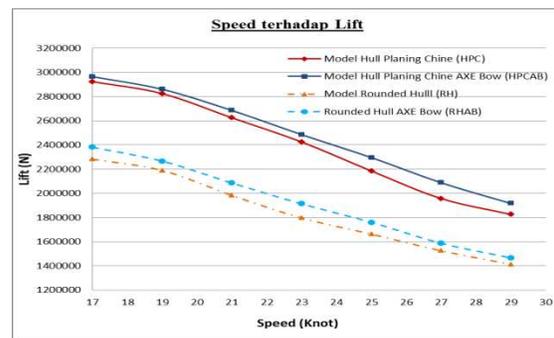
- Lift Force adalah nilai gaya force pada sumbu (x axis) pada *function calculator* CFD post, dari hasil ini akan merepresentasikan besarnya gaya angkat (*lift*) kapal pada kecepatan tertentu.

- Average Total Pressure adalah nilai tekanan rata-rata yang terdistribusi pada seluruh permukaan lambung kapal.



Gambar 14. Bentuk pola gelombang dari variasi model

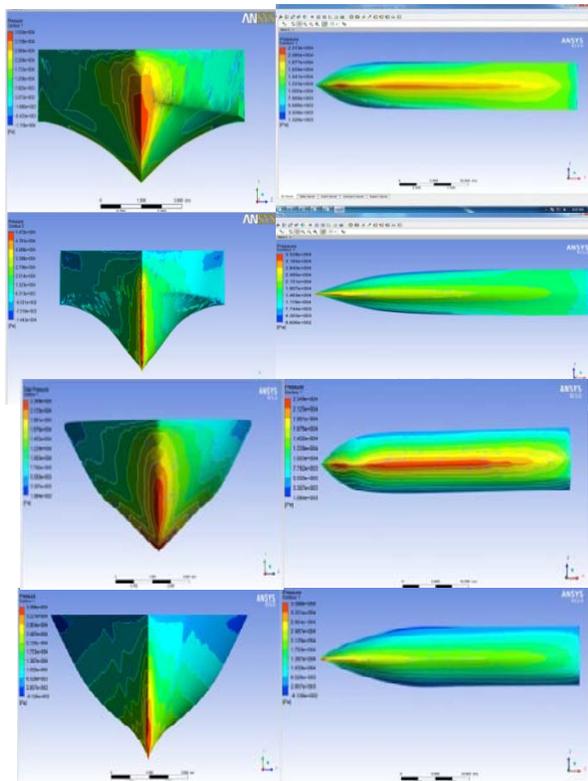
Dari hasil simulasi CFD Gambar 14. memperlihatkan aliran fluida yang mengalir pada keempat sisi model sebagai input adalah kecepatan kapal yaitu 19 knot. pola gelombang model AXE Bow terlihat lebih menusuk fluida sehingga menimbulkan turbulensi aliran pada sisi lambung bila dibandingkan dengan bentuk *planing hull chine* (HPC) dan *Rounded Hull* (RH), hal ini tentunya menunjukkan dengan jelas bahwa bentuk AXE Bow tentu dapat mengurangi interaksi dari fluida terdapat model yang mengakibatkan hambatan yang dihasilkan hambatan atau *resistance* yang lebih kecil.



Gambar 15. Grafik perbandingan *lifting force* terhadap speed

Pada gambar 15 dapat diamati korelasi antara kecepatan terhadap gaya angkat (*lifting force*) pada model lambung. Dari gambar grafik

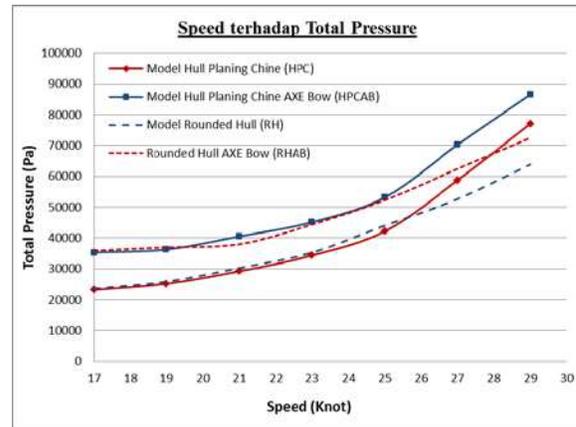
tersebut juga terlihat adanya penurunan gaya angkat disetiap kenaikan kecepatan kapal yang di input pada setiap model, Adapun perbedaan gaya angkat pada variasi model *planing hull AXE Bow* memiliki nilai *lift* yang lebih tinggi dibandingkan dengan model *hull planing chine* (HPC), dan variasi model *rounded hull AXE Bow* (RHAB) memiliki nilai *lift* yang lebih tinggi dibandingkan dengan bentuk *rounded hull* (RH).



Gambar 16. Total tekanan model lambung kapal

Hasil simulasi CFD yang terlihat pada gambar 16 menunjukkan adanya perbedaan *pressure* yang terjadi disekitar model lambung HPC dan HPCAB yang di running pada kecepatan 17 Knot, warna merah pada ujung haluan kapal ini berarti tekanan yang terjadi paling besar yaitu sebesar 23126.1 Pa dan 35279,9 Pa, sedang kan warna biru menyatakan tekanan terendah yaitu 1328.29 Pa model kapal HPC dan 860.617 Pa untuk kapal HPCAB, dari hasil dapat diketahui bahwa model lambung AXE Bow memiliki *pressure* yang lebih tinggi dibandingkan model *planing hull chine*. Selanjutnya perbedaantotal *pressure* yang terjadi disekitar modelRH 23491.2 Pa dan RHAB 35882,1 Pa, sedangkan warna biru

menyatakan tekanan terendah yaitu 1064.15 Pa kapal HPC dan 812.558 Pa untuk kapal HPCAB, sehingga dapat disimpulkan bahwa bentuk model RHAB memiliki tekanan lebih tinggi dibandingkan model RH.



Gambar 17. Perbandingan speed terhadap total pressure

Pada gambar 17.dapat diamati korelasi antara kecepatan terhadap total pressure pada model lambung, terjadi kenaikan tekanan disetiap kenaikan kecepatan kapal yang di input pada setiap model. Pada variasi Model *planing hull AXE bow* memiliki nilai tekanan yang lebih tinggi dibandingkan dengan model (HPC), dan variasi model *rounded RHAB* memiliki nilai *lift* yang lebih tinggi dibandingkan model(RH).

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan maka dapat disimpulkan beberapa informasi teknis sebagai berikut:

- Hasil perbandingan nilai hambatan total dari keempat model lambung kapal pada kecepatan service 25 knot yaitu:
 - Hull Planing Chine* (HPC)
Numerik *Maxsuft-Hullspeed* = 177.6 kN
CFD = 175.8kN
Selisih 1.8kN atau 1.01%
 - Hull Planing Chine AXE Bow*(HPCAB)
Numerik *Maxsuft-Hullspeed*= 119.9kN
CFD = 114.7kN
Selisih 5.16kN atau 4.3%
 - Rounded Hull* (RH)
Numerik *Maxsuft-Hullspeed* = 96.7kN
CFD = 91.9kN

- Selisih 4.8kN atau 4.9%
- *Rounded Hull AXE Bow* (HPCAB)
Numerik *Maxsuft-Hullspeed* = 81.3kN
CFD = 84.7kN
Selisih 3.4kN atau 4.2%

Dari hasil diatas model lambung kapal *Hull Planing AXE Bow*(HPCAB) memiliki nilai hambatan lebih kecil dibandingkan model lambung *planing hull chine* (HPC) pada setiap kecepatan, sedangkan untuk model lambung rounded pada kecepatan rendah model *rounded hull*(RH) memiliki nilai hambatan lebih kecil dibandingkan Model *rounded hull AXE Bow*(RHAB), namun seiring kenaikan kecepatan terlihat model RH) memiliki nilai hambatan semakin besar dibandingkan model RHAB, dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa bentuk lambung AXE Bow dapat mereduksi hambatan total kapal.

2. Kemudian nilai hambatan total terkecil pada kondisi kecepatan 25 Knot pada $Fn = 0.67$ perhitungan numerik studi (*maxsuft hullspeed*) didapatkan nilai hambatan total 159.8 kN pada simulasi model *AXE Bow* dan hasil hambatan total dari model HPC 177.6 kN selisihnya 11,4 kN lebih kecil 6.44 % dibandingkan model HPC. Sedangkan pada *Froude number* yang sama yaitu $Fn = 0.67$ dengan menggunakan pedekatan CFD dari model *AXE Bow* adalah 158.7 kN. dan hasil hambatan total dari model *hull planing Chine* 175.8 kN Selisihnya 16.789 kN lebih kecil 9.55 % hambatan totalnya dibandingkan model *hull planing chine* (HPC).
3. Hasil simulasi CFD pada kecepatan 17 knot menunjukkan adanya perbedaan nilai *lifting force*, terjadi disekitar lambung model HPC, HPCAB RH dan RHAB. Nilai *lifting force* berturut-turut model HPC adalah 2923540 N, model HPCAB 2964370 N, Model RH 2282290 N dan Model RHAB 2380460 N. Setiap variasi model lambung kapal terjadi penurunan gaya angkat (*lifting force*) disetiap kenaikan kecepatan.
4. Hasil simulasi CFD pada kecepatan 17 knot menunjukkan adanya perbedaan nilai *total pressure* perbedaan *pressure* yang terjadi disekitar lambung model lambungkapal yang

di running pada kecepatan 17 Knot, warna merah pada ujung haluan kapal ini berarti tekanan yang terjadi paling besar. Besarnya total pressure pada model berturut-turut adalah sebesar 23126.1 Pa model HPC, 35279,9 Pa model HPCAB, 23491.2 PamodelRH dan 35882,1 Pamodel RHAB.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ANSYS. (2011). ANSYS CFX Intoduction & Tutorials ANSYS, Inc.
- [2] Bhattacharyya, R. (1978). *Dynamics Of Marine Vehicles*. New York.
- [3] Savitsky, D (1964). *Hydrodynamic Design of Planing Hull*. Journal Marine Technology.
- [4] Endro, W.D. (2014), *High Speed Ship Total Resistance Calculation (An Empirical Study)*, Jurnal Kapal V11 No.1.
- [5] Harvald, S.V. (1988). *Hambatan dan Propulsi Kapal*. Terjemahan oleh Jusuf Sutomo, Ir. M.sc. 1992. Surabaya: Airlangga University Press.
- [6] Gelling J.L. (2006), *The Axe Bow: The Shape of Ships to Come*, International HISWA Symposium on Yacht Design and Yacht Construction. The Nederland, Amsterdam
- [7] Keuning, J.A., Pinker, J., & Walree, F.V. (2011), *Investigation In To The Hydrodynamic Performance of the AXE Bow Concept*.
- [8] Oortmerssen, G. (1971), *A Power Prediction Method and its Application to Small Ships*, International Shipbuilding Progress, Vol 18, No.207.
- [9] Watson, D.G.M. (1998), *Practical Ship Design, Volume I*. Oxford, UK, Elsevier Science Ltd.