

## ANALISA NUMERIK DAN CFD PENGARUH BENTUK HULL PLANING CHINE DAN AXE BOW PADA KAPAL HIGH SPEED CRAFT TERHADAP HAMBATAN TOTAL

Romadhoni<sup>1)</sup>, I.K.A.P Utama<sup>2)</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa Pasca Sarjana Fakultas Teknologi Kelautan, ITS - Surabaya.

<sup>2</sup> Dosen Teknik Perkapalan, ITS - Surabaya.

\* E-mail : [onie.bks@gmail.com](mailto:onie.bks@gmail.com), [kutama\\_na.its.ac.id](mailto: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 efisien hambatan 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. Selanjutnya diselidiki model lambung kapal yang menghasilkan hambatan total paling kecil menggunakan pendekatan studi numerik savitsky software (maxsuft hullspeed) dan program Computational Fluid Dynamics (CFD).

Hasil penelitian berdasarkan analisa numerik dan CFD menunjukkan bentuk lambung model AXE Bow memiliki nilai hambatan yang lebih kecil dibandingkan model kapal planing hull chine (HPC). Hasil perhitungan numerik dan CFD memiliki nilai yang hampir sama pada setiap variasi model. Hal ini dibuktikan saat kecepatan service 25 knot variasi model lambung hull planing chine metode numerik menghasilkan nilai hambatan 177.6 kN, sedangkan menggunakan metode CFD nilai hambatannya adalah 175.8 kN, begitu juga dengan model hull planing chine AXE bow pada kecepatan yang sama dengan metode numerik menghasilkan nilai 166.2kN, dan menggunakan metode CFD nilai hambatannya adalah 160.0 kN. Dari perbandingan kedua metode tersebut memiliki selisih cukup kecil yaitu 1.01% model HPC dan 4.3% model HPCAB. Selain mendapatkan nilai hambatan Software CFD akan mengalisa perbandingan gaya angkat (lift force), total pressure dan aliran fluida air (water velocity) pada model lambung HPC dan model HPCAB pada setiap variasi kecepatan.

**Kata kunci:** hambatan, high speed craft, axe bow, planing hull, studi numerik, 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



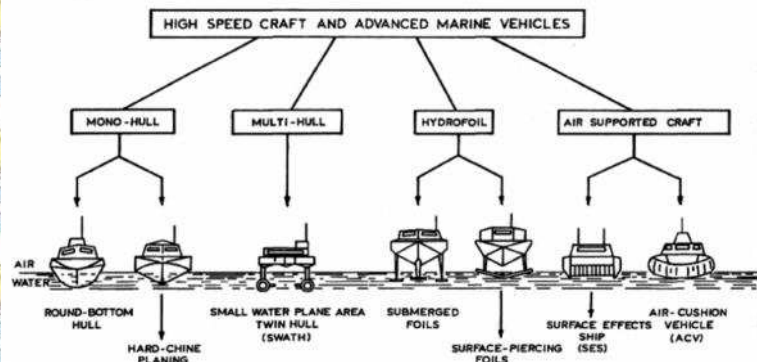
suatu analisa dan studi baru terhadap bentuk lambung ini, salah satunya dengan melakukan analisa teknis penggunaan bentuk lambung AXE Bow. Hal ini dilakukan untuk mengurangi luas permukaan basah (water surface area) karena munculnya turbulensi di bawah lambung, dan akan menambah kekuatan untuk tekan 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. METODOLOGI

### 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 jenis ini mengutamakan kenyamanan.



**Gambar 1.** Tipe lambung High Speed Craft (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 :

$$V \geq 3.7 \cdot \nabla^{0.1677} \quad (1)$$

Dengan,  $\nabla$  adalah Volume Displasmen sesuai dengan desain garis air ( $m^3$ )

Konsep Kapal Axe bow merupakan tipe haluan kapal dengan karakteristik bentuk haluan kapal yang runcing dan sempit dengan arah vertikal dengan ujung bawah haluan yang semakin dalam menyerupai ujung kapak, seperti terlihat pada gambar 2 berikut ini:





Gambar 2. Kapal Axe Bow

## 2.2 Perhitungan Resistance

Dalam perhitungan hambatan dalam penelitian ini menggunakan metodel hull speed dengan metode savitsky. Koefisien kecepatan planingg hull menurut Daniel Savitsky dinyatakan dengan :

$$C_v = \frac{v}{\sqrt{g \cdot b}} \quad (2)$$

Dimana :

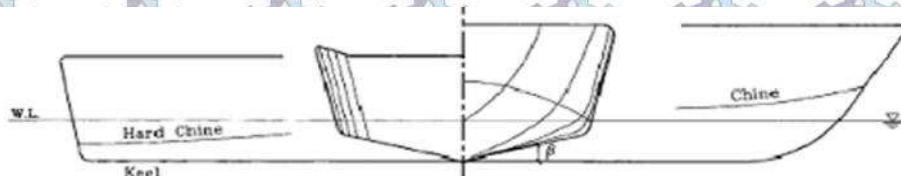
$C_v$  = Koefisien Kecepatan

$V$  = Kecepatan Kapal (m/s)

$g$  = Percepatan Gravitasi ( $9,81 \text{ m/s}^2$ )

$b$  = Maximum Beam Over Chine (m)

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



Gambar 3. Letak Sudut Deadrise ( ) pada suatu kapal cepat.

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

$$C_{lb} = \frac{\Delta}{0,5 \times \rho \times V^2 \times B^2} \quad (3)$$

Dimana :

$C_{lb}$  = Koefisien Angkat (Lift Coeficient)

$\Delta$  = Massa Jenis Air Laut (Slug/Cu.Ft)

$V$  = Kecepatan Kapal (ft/sec)

$B_{px}$  = Maximum Chine Beam (ft)

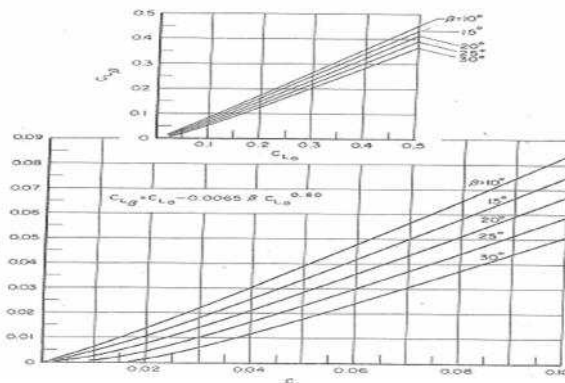
$\Delta$  = Displasemen (lb)



## Seminar Nasional Kelautan X

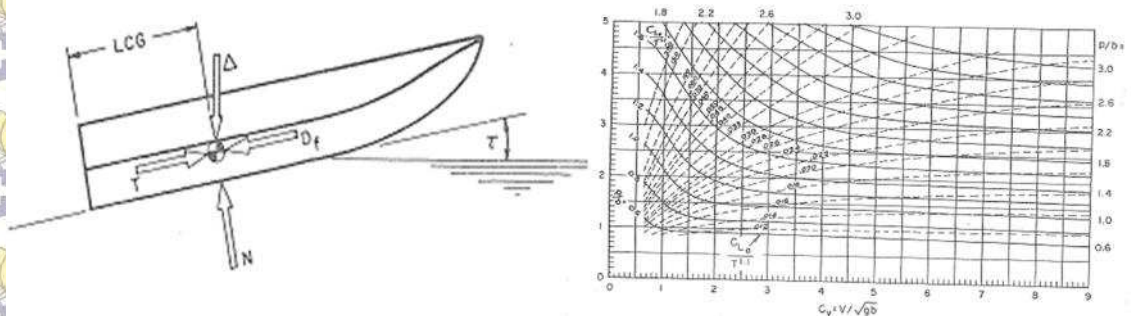
"Sinergitas Teknologi dan Sumber Daya Kelautan untuk Mewujudkan Indonesia sebagai Poros Maritim Dunia"

Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah, Surabaya 21 Mei 2015



**Gambar 4.** Grafik sudut deadrise menurut daniel Savitsky

Nilai  $\beta$  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 konsekwensi berupa nilai sudut dead rise merupakan angka yang konstan sepanjang lambung kapal. Sehingga Penggunaan Grafik Equilibrium planing pada gambar 5 digunakan untuk mengetahui besarnya sudut trim ( $\tau$ ) yang bekerja pada kapal.



**Gambar 5.** Grafik Equilibrium Planning Condition untuk  $\beta = 0$  derajat

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

$$Rn = \frac{V_1 \lambda b}{\nu} \quad (5)$$

Dimana:

$Rn$  = Bilangan Reynold

$\lambda$  = Nilai rata rata perbandingan antara panjang dan lebar pada area basah kapal

$b$  = Maximum Chine Beam (m)

$V_1$  = Kecepatan Kapal (m/s)

$\nu$  = Viskositas Air laut ( $m^2/s$ )

Kemudian penentuan koefisien hambatan gesek Savitsky menggunakan metode Schoenherr. Schoenherr memperkirakan bahwa koefisien hambatan gesek dinyatakan dengan (6) :

$$Rn = \frac{1}{(3,5 \log Re - 569)^2} \quad (6)$$



Dimana :

$C_f$  = Koefisien hambatan gesek

Hambatan Total hitung dengan (7)

$$RT = \Delta \tan \tau \frac{1/2 \rho V^2 \lambda b^2 C_{fo}}{\cos \tau \cos \beta} \quad (7)$$

Dimana :

RT = Hambatan Total (KN)

### 2.3. 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.

#### 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. Komponen kecepatan aliran (Cartesian Velocity Vector) adalah dengan resultan :

$$U_{inlet} = U_{specj} + V_{speci} + W_{speck} \quad (8)$$

- Tekanan Total

Tekanan total,  $P_{tot}$ , untuk fluida didefinisikan sebagai

$$P_{tot} = P_{stat} \quad (9)$$

- Kecepatan Laju Aliran Massa

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

$$U = \frac{m}{s \cdot dA} \quad (10)$$

#### Boundary Condition Outlet

Kecepatan Outlet Komponen kecepatan outlet boundary adalah komponen

a. Cartesian velocity.

$$U_{outlet} = U_{speci} + V_{specj} + W_{speck} \quad (11)$$

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

$$P_{Tot} = P_{stat} + \frac{1}{2} \rho U^2 \quad (12)$$



## Seminar Nasional Kelautan X

"Sinergitas Teknologi dan Sumber Daya Kelautan untuk Mewujudkan Indonesia sebagai Poros Maritim Dunia"

Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah, Surabaya 21 Mei 2015

### Boundary Condition Wall

#### a. Tekanan Statis Rata-Rata

Wall Relative Static Pressure adalah :

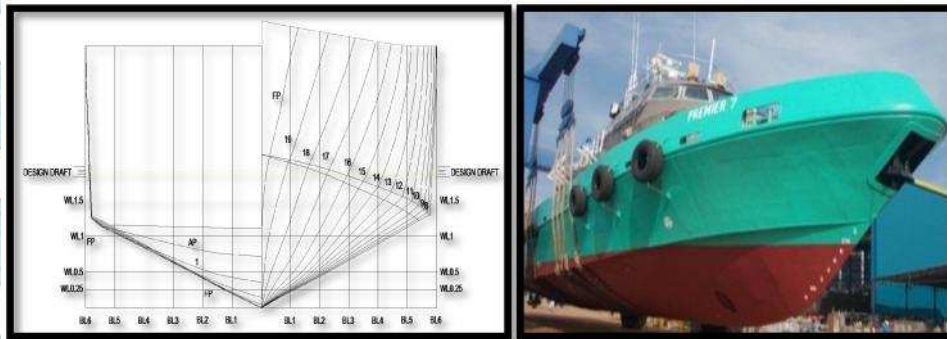
$$P_{av} = \frac{P_d A}{A} \quad P_d A \quad (14)$$

### 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.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

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 6.** Kapal Crew boat

**Tabel 1.** Ukuran Utama Model Crew Boat

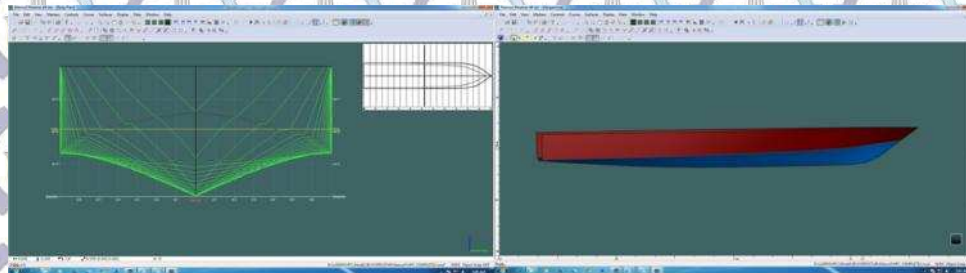
Parameter	Symbol	Satuan	Model HPC	Model HPCAB
Overall Length	LOA	m	38	38
Length Between Pripendicular	LBP	m	34.71	38
Length Water line	LWL	m	35.5	38
Breadth Molded	Bmld	m	7.6	7.6
Height Molded	Hmld	m	3.65	3.65
Draft/Drougt	T	m	1.89	1.89
Cofesien Block	Cb		0.46	0.718
Cofesien Prismatic	Cp		0.795	0.32
Cofesien Midship	Cm		0.624	0.644
Service Speed	VS	Knot	25	25
Watted Area With Zero Speed	S	m <sup>2</sup>	284.055	293.566
Displasmen		ton	240.5	240.598

Keterangan :

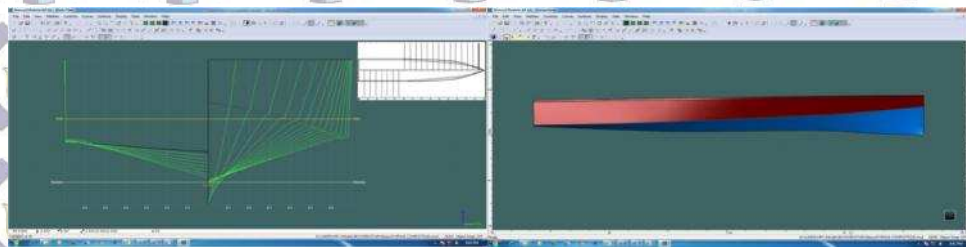
Model HPC : Hull Planing Chine

Model HPCAB : Hull Planing Chine AXE Bow





Gambar 7. Model Hull Planing Chine (HPC)



Gambar 8. Model Hull Planing Chine AXE Bow (HPCAB)

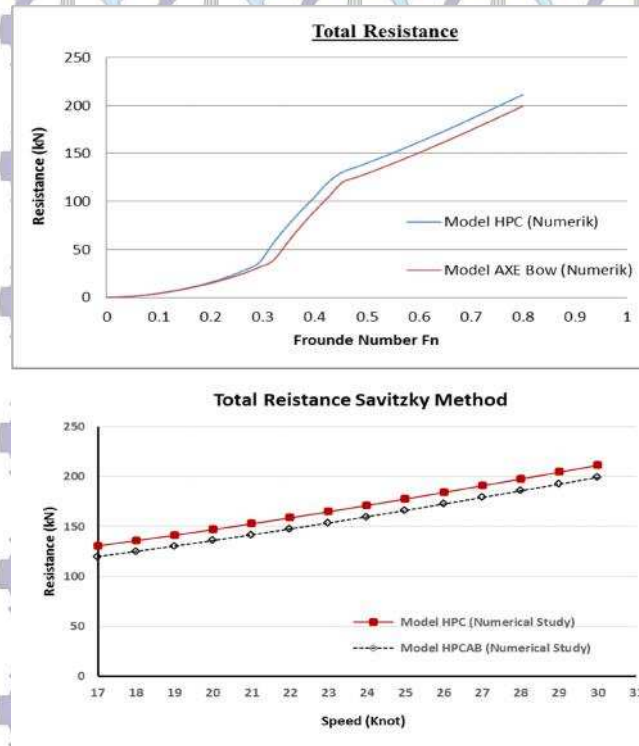
### 3.1 Evaluasi hambatan metode studi numerik (maxsurf hullspeed)

Analisa hambatan yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan membandingkan perhitungan studi numerik dengan software maxsurf hullspeed 20, dengan menggunakan metode savitsky. Dengan memberikan batasan bahwa kapal telah mengalami mode planning. Dengan parameter yang ada maka perhitungan hambatan dapat dilakukan. Dari tabel hasil prediksi resistance yang ditampilkan pada gambar 9 menunjukkan bahwa secara berturut-turut resistance model kapal dari yang paling kecil adalah bentuk model lambung Hull Planing Chine AXE Bow (HPCAB) dan Hull Planing Chine (HPC).

Tabel 2. Total Hambatan model pada software maxsurf-hullspeed)

Fn	Knot	m/s	Model HPC	Model AXE	Selisih	Persen
0.00	0	0.0000	0	0	0.01	0.00%
0.03	1	0.5144	0.35	0.34	0.01	2.86%
0.05	2	1.0288	1.32	1.26	0.06	4.55%
0.08	3	1.5432	2.83	2.72	0.11	3.89%
0.11	4	2.0576	4.85	4.65	0.2	4.12%
0.13	5	2.5720	7.33	7.03	0.3	4.09%
0.16	6	3.0864	10.26	9.82	0.44	4.29%
0.19	7	3.6008	13.72	13.04	0.68	4.96%
0.21	8	4.1152	17.85	16.71	1.14	6.39%
0.24	9	4.6296	22.89	20.94	1.95	8.52%
0.27	10	5.1440	28.78	25.7	3.08	10.70%
0.29	11	5.6584	36.47	31.54	4.93	13.52%
0.32	12	6.1728	56.41	38.32	18.09	32.07%
0.35	13	6.6872	74.01	56.41	17.6	23.78%
0.37	14	7.2016	90.08	74.01	16.07	17.84%
0.40	15	7.7160	104.76	90.08	14.68	14.01%
0.43	16	8.2304	120.36	104.76	15.6	12.96%
0.45	17	8.7448	130.6	119.93	10.67	8.17%
0.48	18	9.2592	135.81	125.07	10.74	7.91%
0.51	19	9.7736	141.23	130.41	10.82	7.66%
0.53	20	10.2880	146.85	135.95	10.9	7.42%
0.56	21	10.8024	152.66	141.67	10.99	7.20%
0.59	22	11.3168	158.65	147.56	11.09	6.99%
0.61	23	11.8312	164.81	153.61	11.2	6.80%
0.64	24	12.3456	171.12	159.82	11.3	6.60%
0.67	25	12.8600	177.58	166.15	11.43	6.44%
0.69	26	13.3744	184.16	172.61	11.55	6.27%
0.72	27	13.8888	190.85	179.17	11.68	6.12%
0.75	28	14.4032	197.61	185.81	11.8	5.97%
0.77	29	14.9176	204.43	192.51	11.92	5.83%
0.80	30	15.4320	211.28	199.25	12.03	5.69%

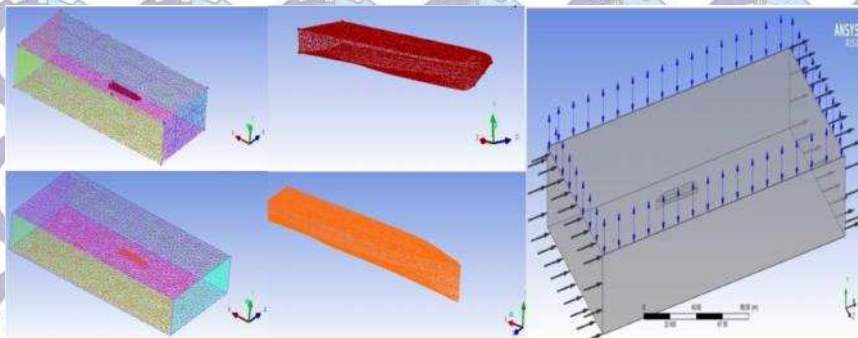




**Gambar 9.** Analisa Hambatan Kapal Hull Planing Chine AXE Bow (HPCAB) di Maxsurf-Hullspeed

### 3.2 Evaluasi tahan menungakan Software 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 10.** Meshing simulasi free surface dan parameter CFD pada model

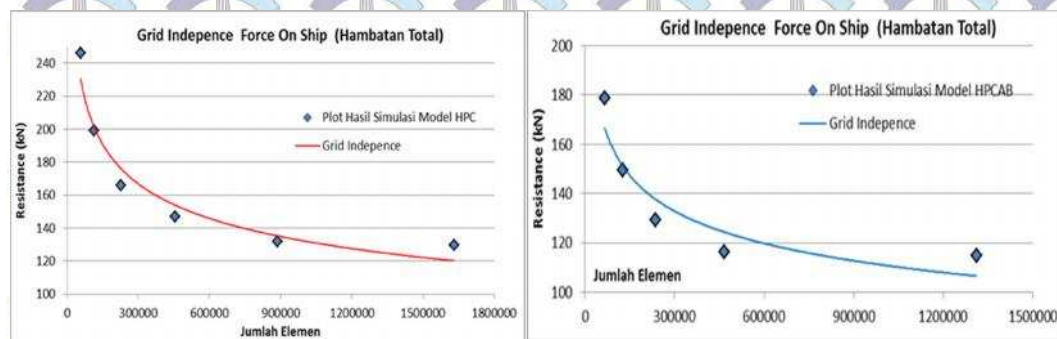


### 3.2.1 Grid Independen

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

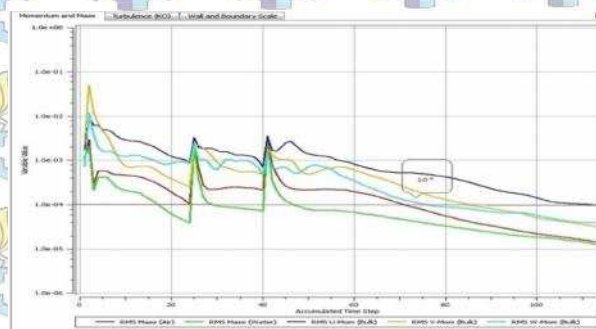
Model	Jumlah elemen
Hull Planing Chine (HPC)	1930113
Hull Planing Chine AXE Bow (HPCAB)	1311815



**Gambar 11.** Grid Independence Evaluasi Hambatan Model Kapal HPC dan HPCAB

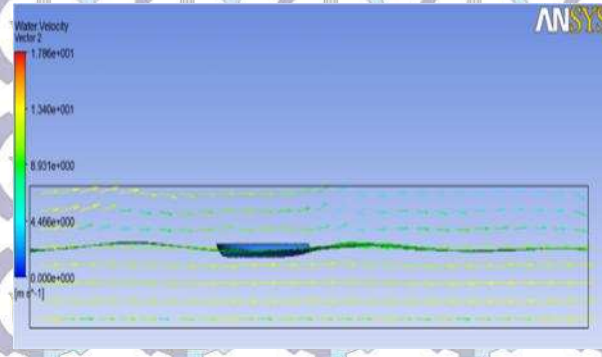
### 3.2.2 Konvergensi

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 4.6 menunjukkan grafik konvergensi, simulasi akan berhenti ketika keempat grafik berhasil melintasi nilai yang lebih kecil dari  $10^{-4}$ .



**Gambar 12.** Grafik Konvergensi





Gambar 13. Vektor kecepatan air dan udara pada simulasi 2 fluida

Gambar 13. menunjukkan 2 velocity vector yang mewakili kecepatan air dan udara. Terlihat bagian free surface yang naik ke atas yang tidak lain adalah gelombang akibat gerakan kapal yang menunjukkan hasil dari simulasi 2 fluida. Setelah proses running selesai pada CFX solver memilih function callulator pilih all fluid dan dipilih force on ship (x axis) akan didapat besarnya nilai total force atau hambatan kapal.

Tabel 4. Total Force on Ship (CFD)

Speed (Knott)	CFD	
	HPC	HPCAB
17	129.819	114.77
21	140.449	125.25
25	151.879	136.51
29	164.029	146.45
25	175.779	158.99
27	190.069	172.05
29	203.649	185.35



Gambar 14. Force on Ship model HPC dan HPCAB di CFD



## Seminar Nasional Kelautan X

"Sinergitas Teknologi dan Sumber Daya Kelautan untuk Mewujudkan Indonesia sebagai Poros Maritim Dunia"

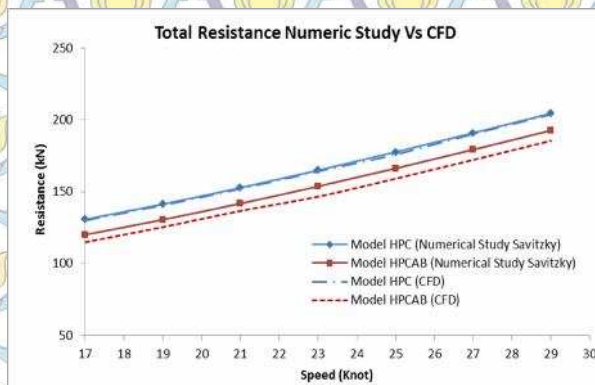
Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah, Surabaya 21 Mei 2015

### 3.2.3 Komparasi Hasil Total Hambatan

Sebelum masuk ke 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 di dapat pada software CFD. Komparasi dilakukan terhadap 2 model yang telah dibuat untuk jenis lambung planing hull dan AXE Bow menggunakan metode Savitsky.

Tabel 5. Resume total resistance terhadap kecepatan kapal

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 15. Analisis hambatan total numerical study dan CFD

Dari gambar 4.10 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% untuk model AXE Bow.



### 3.3 Analisa Fluida Computational Fluid Dynamics Pada Model

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

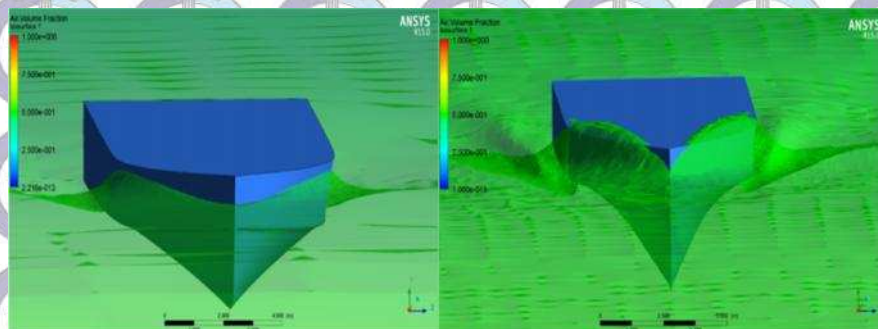
- Lift Force adalah nilai gaya force pada sumbu (x axis) pada function calculator CFD solver, dari hasil ini akan merepresantesikan besarnya gaya angkat (lift) kapal pada kecepatan tertentu.
- Average Total Pressure  
Merupakan nilai tekanan rata-rata yang terdistribusi pada seluruh permukaan lambung kapal.
- Average Water Velocity adalah kecepatan rata-rata fluida air yang mengalir pada permukaan lambung pada variasi inputan kecepatan yang diberikan.

d)  
Tabel 6. Hasil Simulasi CFD

Model	Speed (Knot)	Speed (m/s)	Lift (N)	(Ave) Total Pressure (Pa)	(Ave) Water Velocity m/s
HPC	17	8.74	2923540	23126.1	9.031
	19	9.77	2823910	25127.3	10.02
	21	10.80	2623910	29214.2	11.06
	23	11.83	2423910	34325.1	12.18
	25	12.86	2184560	42182.8	13.61
	27	13.89	1956875	58687.4	14.73
	29	14.92	1825456	77103.9	15.37
HPCAB	17	8.74	2964370	35279.9	9.013
	19	9.77	2859647	36254.6	10.03
	21	10.80	2684665	40521.5	11.09
	23	11.83	2484872	45127.2	12.38
	25	12.86	2295270	53176.3	13.78
	27	13.89	2087523	70243.4	14.8
	29	14.92	1916245	86561.5	15.44

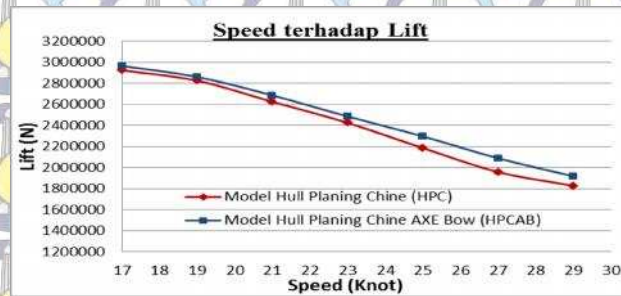
- Perbandingan gaya angkat (lifting force ) terhadap variasi kecepatan kapal

Untuk melihat pola gelombang yang mengalir pada sisi model, pada CFD solver dapat dilakukan dengan membuat isosurface dengan memilih variable air volume fraction sehingga dapat terlihat aliran fluida air yang mengenai body kapal.



**Gambar 16.** Pola gelombang dari variasi model

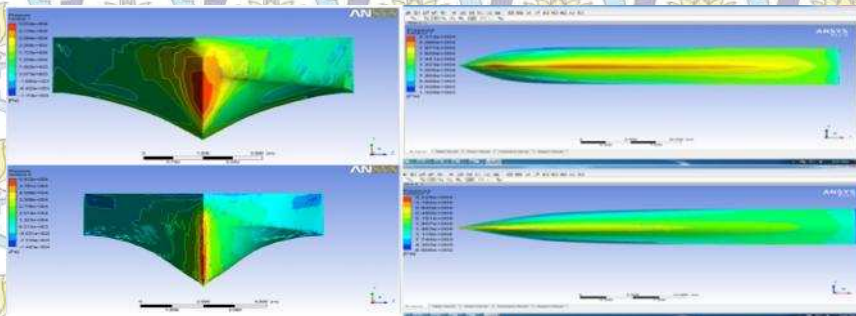




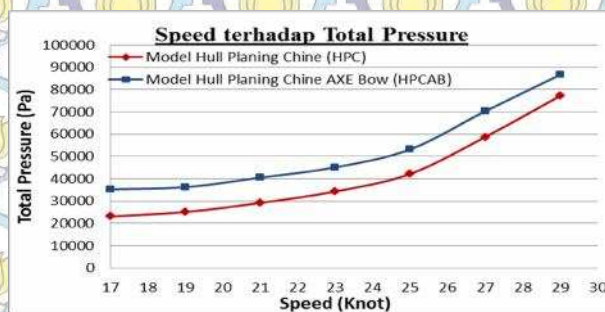
**Gambar 17.** Perbandingan lifting force terhadap speed

Hasil simulasi CFD Gambar 16. memperlihatkan aliran fluida yang mengalir pada keempat sisi model sebagai input adalah kecepatan kapal yaitu 17 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). Pada gambar 17 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, sehingga dapat dilihat perbedaan nilai lift pada setiap variasi model kapal. Pada variasi Model planing hull AXE bow memiliki nilai lift yang lebih tinggi dibandingkan dengan model hull planing chine (HPC).

**b. Perbandingan total pressure terhadap variasi kecepatan**



**Gambar 18.** Total Tekanan pada model HPC dan HPCAB



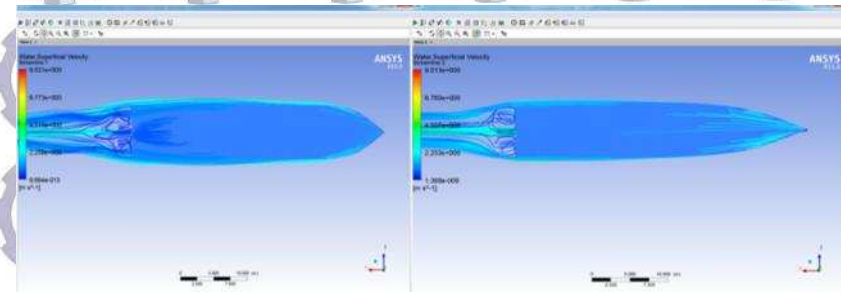
**Gambar 19** Perbandingan speed terhadap total pressure



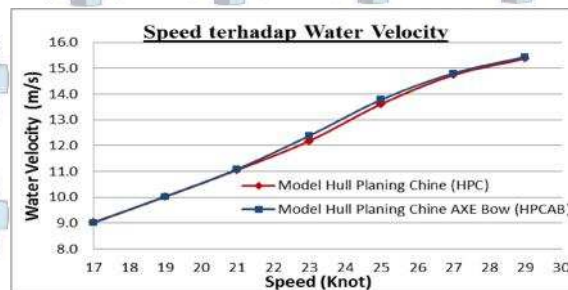
Hasil simulasi CFD Gambar 18 menunjukkan adanya perbedaan pressure yang terjadi disekitar lambung model HPC dan HPCAB yang di running pada kecepatan 17 Knot, warna merah pada ujung haluan kapal ini berarti tekanan yang terjadi paling besar yaitu sebesar 23126.1 Pa dan 35279,9 Pa, sedang kan warna biru menyatakan tekanan terendah yaitu 1328.29 Pa model kapal HPC dan 860.617 Pa untuk kapal HPCAB, dari hasil dapat diketahui bahwa model lambung HPCAB memiliki total pressure lebih tinggi dibandingkan model HPC. Pada gambar 19 dapat diamati korelasi antara kecepatan terhadap total pressure pada model lambung HPC dan HPCAB.

**c. Perbandingan Kecepatan aliran air (water velocity ) terhadap variasi kecepatan kapal**

Untuk mengetahui water velocity atau kecepatan aliran fluida air pada model pada CFD solver dilakukan dengan membuat streamline dilanjutkan dengan memilih start from yaitu model lambung, dan water velocity sebagai variabel.



**Gambar 4.16.** Water velocity model HPC dan HPCAB



**Gambar 4.17** Perbandingan water velocity terhadap speed

Dari hasil simulasi pada gambar 4.16 Besarnya water velocity yang dihasilkan tergantung kecepatan kapal yang dinput pada model, semakin tinggi kecepatan yang di inputkan pada model maka nilai water velocity akan semangkin besar juga. Untuk kecepatan 17 knot nilai water velocity 9.031 m/s model HPC, dan nilai 9.013 m/s untuk model HPCAB. Pada Gambar grafik 4.17 dapat diamati korelasi atara kecepatan terhadap kecepatan aliran fluida (water velocity) model kapal.



#### **4. KESIMPULAN**

Bentuk lambung yang tercelup air akan menentukan karakteristik hidrostatik kapal. Bentuk lambung bagian bawah air mempengaruhi bentuk aliran disekitar lambung kapal. Aliran ini akan menentukan besar hambatan kapal pada kecepatan tertentu. Dari hasil kajian variasi lambung kapal yang dilakukan menggunakan metode CFD, diperoleh bentuk lambung AXE Bow menghasilkan tahanan yang paling kecil dari bentuk hull planing. Kecendrungan model AXE Bow ini adalah memiliki hambatan yang lebih kecil karena lebih membelah dan menerjang gelombang dengan mudah sehingga mampu mengurangi pitching dan adanya pola aliran yang ditumbulkan oleh badan kapal lebih stream line. Pada Froude number 0.67 selisih hambatan total antara kedua variasi lambung adalah sebesar 6.5%.

Hasil analisis penelitian yang dilakukan bentuk lambung type AXE Bow memberikan hasil yang paling baik, hal ini dibuktikan dengan hambatan total yang lebih kecil pada semua kecepatan, gaya lift dan water velocity yang lebih besar dibandingkan model Hull Planing. hal ini memungkinkan kapal jenis lambung AXE Bow beroperasi pada gelombang-gelombang ekstrim dengan operabilitas yang tinggi.

#### **5. DAFTAR PUSTAKA**

- ANSYS. (2011). ANSYS CFX Intoduction & Tutorials ANSYS, Inc.
- Bhattacharyya, R. (1978). Dynamics Of Marine Vehicles. New York: John Wiley & Sons.
- Budiarto, G. (2011), Testing Position Step Hull at the National Corvette Battleship the Size of 90 meters With CFD Analysis Approach, Tesis, Department Of Marine Engineering, Ocean Engineering Faculty, ITS, Surabaya.
- Endro, W.D. (2014), High Speed Ship Total Resistance Calculation (An Empirical Study), Jurnal Kapal V11, No 1.
- Harvald, S.V. (1988). Hambatan dan Propulsi Kapal. Terjemahan oleh Jusuf Sutomo, Ir. M.sc. 1992. Surabaya: Airlangga University Press.
- IMO (2002), Code on Intact Stability Criteria for Types of ships Covered by IMO Instruments, 2002 Edition, IMO, London.
- 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.
- Keuning, J.A., Pinker, J., & Walree, F.V. (2011), Investigation In To The Hydrodynamic Performance of the AXE Bow Concept.
- Oortmerssen, G. (1971), A Power Prediction Method and its Application to Small Ships, International Shipbuilding Progress, Vol 18, No.207.
- Savitsky, D. (1964) Hydrodynamic Design of Planing Hull, Marine technology.
- Hull speed 2007. User Manual Version 13, Design Systems Pty Ltd
- Versteeg, H.K., Malalasekera, W. (1995), An Introduction to Computational Fluid Dynamics, New Jersey: John Wiley and Sons Inc.
- Watson, D.G.M. (1998), Practical Ship Design, Volume I. Oxford, UK, Elsevier Science Ltd.
- Lewis, Edward.V. (1988), Principal of Naval Architecture Second Revision Vol.I Stability and Strength, The Society of Naval Architects and Marine Engineers, Jersey City.