

PENGARUH VARIASI BENTUK *HULL* KAPAL KATAMARAN TERHADAP BESAR HAMBATAN TOTAL MENGGUNAKAN CFD

Deddy Chrismianto, Berlian Arswendo A, Yusup Sobirin¹⁾

¹⁾Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang

Email: deddychrismianto@yahoo.co.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan konfigurasi kapal katamaran dengan variasi bentuk dan lebar lambung yang memiliki hambatan paling kecil dengan menggunakan pendekatan Computational Fluid Dynamic (CFD). Dalam melaksanakan penelitian dilakukan perhitungan hambatan total pada beberapa model 3D menggunakan CFD dengan variasi bentuk lambung dengan menggunakan tipe simetri; inner flat; outer flat, dan variasi lebar lambung (BHull = 2,50m; 3,00m; 3,50m) dengan kecepatan dinas 16, 20, 24 knot. Dari hasil analisa didapatkan nilai hambatan dengan CFD untuk model lambung dengan variasi lebar untuk kecepatan 16knot bervariasi antara 20,401 kN sampai 54,445 kN. Pada kecepatan 20 knot antara 31,829 kN sampai 84,962 kN. Sementara untuk kecepatan 24 knot antara 45,938 kN sampai dengan 122,623 kN.

Kata kunci: kapal katamaran, hambatan total, CFD (*computational fluid dynamic*)

1. PENDAHULUAN

Model kapal katamaran semakin populer sebagai alat angkut barang dan manusia, kapal katamaran memiliki karakteristik yang kedua lambungnya dihubungkan dengan konstruksi geladak yang kuat dan merentang di atasnya. Susunan lambung terbagi menjadi simetris dan asimetris. Katamaran juga mempunyai bentuk lambung yang sangat ramping dengan tujuan untuk memperoleh hambatan yang rendah.

Konsep dan teori yang terjadi di kenyataan adalah untuk setiap kenaikan kecepatan kapal yang ada di laut maka diikuti pula secara relatif terjadinya kenaikan hambatan akibat pergerakan kapal tersebut. Kenaikan hambatan bisa disebabkan karena faktor badan kapal. Di ranah bidang *Naval Architecture* semestinya perlu memulai adanya inovasi untuk menguji bentuk-bentuk lambung kapal. sehingga perlu pengembangan untuk mengetahui lebih dalam interaksi tahanan pada lambung kapal agar tercapainya kapal dengan serta tahanan yang lebih baik. Dengan landasan tersebut maka perlu kiranya dilakukan analisa hambatan terhadap modifikasi bentuk dan variasi lebar pada bagian lambung kapal katamaran. Penelitian ini secara khusus akan menganalisa hambatan yang diakibatkan oleh model kapal katamaran dengan

variasi bentuk *hull* yang sudah ditentukan untuk kemudian dilakukan analisa hambatan.

Dengan memperhatikan pokok permasalahan di atas maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah: menghitung hambatan kapal, dan mendapatkan bentuk lambung kapal yang memiliki nilai hambatan yang paling kecil.

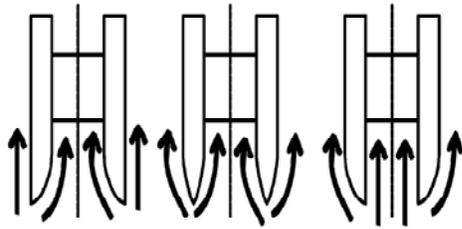
2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum Kapal Katamaran

Kapal Katamaran merupakan kapal dengan lambung ganda (*Twin Hull*) sehingga, di mana kedua lambung tersebut dihubungkan dengan konstruksi geladak yang kuat dan merentang di atasnya untuk menahan momen bending (bending moment) dan gaya geser (*shear force*) yang besar dan bekerja terhadap garis tengah (*Centre line*) kapal. Bentuk lambung katamaran pada berbagai kapal tidaklah sama. Terdapat banyak model bentuk badan katamaran, tetapi secara umum ada tiga bentuk dasar dari katamaran [1, 2], yaitu:

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

Bentuk improvisasi aliran air yang akan melewati ketiga bentuk tersebut dapat dilihat pada Gambar 1:



Gambar 1. Improvisasi Aliran Fluida Pada Katamaran

Katamaran diteliti dan dikembangkan karena memiliki kelebihan dari kapal monohull [3], yaitu :

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 frekwensi 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. 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 besar *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], yaitu :

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

2.3. 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 [5, 6]:

1. Kekekalan Massa
2. Kekekalan Momentum
3. Kekekalan Energi

Computational Fluid Dynamic (CFD) digunakan secara luas untuk memberikan penyelesaian dari masalah secara eksperimen. Dalam pemodelan numerik, jika input data tidak dimasukan 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*. Metode ini menggunakan sistem koordinat kartesian dengan menyelesaikan persamaan Navier- Stokes (Anderson,1995). 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 :

1. *Preprocessor*
2. *Solver (Numerical process)*
3. *Post Processor*

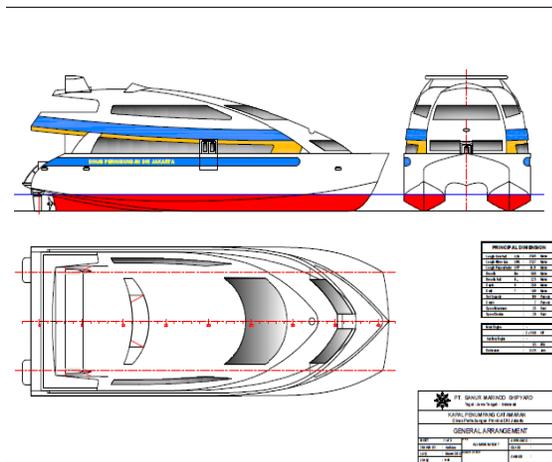
3. METODOLOGI PENELITIAN

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

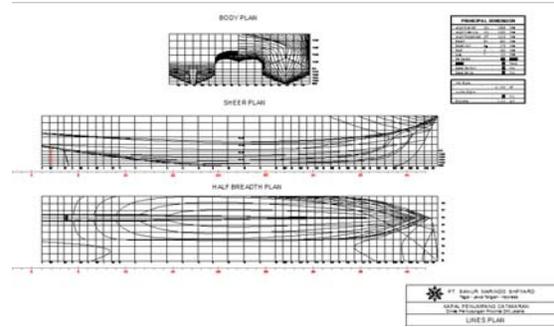
- Pembuatan desain kapal asli dan beberapa kapal yang sudah dimodifikasi..
- Menentukan ukuran kotak meshing pada sumbu longitudinal (x), transversal (y), dan vertikal (z) serta menentukan jumlah meshing yang akan digunakan.
- Menentukan *finish time* dan satuan sesuai dengan kecepatan dan panjang lintasan.
- Menentukan jenis fluida, menentukan masa jenis dan kecepatan kapal.
- Menentukan batas-batas boundary pada X_{min} , X_{max} , Y_{min} , Y_{max} , Z_{min} , dan Z_{max} .
- Menentukan *time interval* pada *output control*.
- Menentukan *time step control* dan *convergence control*.
- Menjalankan simulasi (*running simulation*).
- Mendapatkan nilai dari hambatan kapal.

4. PERHITUNGAN DAN ANALISA DATA

Kapal katamaran yang digunakan sebagai studi kasu diperoleh dari PT. Sanur Marindo Shipyard, yang merupakan kapal yang dibangun untuk dipergunakan sebagai kapal penyeberangan untuk rute Jakarta menuju Kepulauan Seribu (Gambar 2, dan 3).



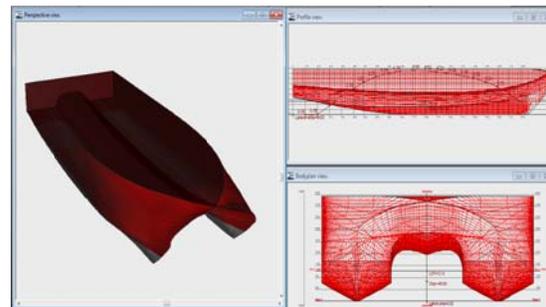
Gambar 2. General Arrangement KMP. Catamaran



Gambar 3. Lines Plan Catamaran

Dengan ukuran utama sebagai berikut:

- L** = 25,00 m
- B_m** = 9,00 m
- B₁** = 3,00 m
- T** = 1,00 m

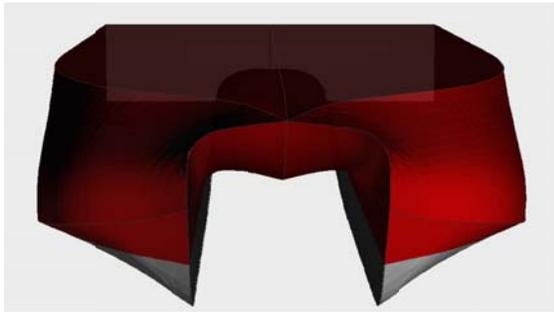


Gambar 4. Pembuatan model 3D dengan software DelftshipV.3.1

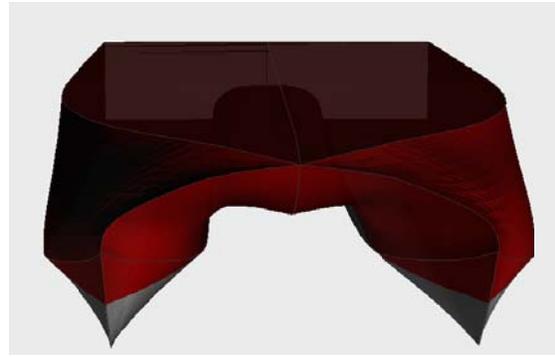
Pada Gambar 4 ditunjukkan model 3D yang dikembangkan menggunakan software DelftshipV.3.1. Kemudian dimodifikasi bagian hull nya (Gambar 5 – Gambar 13).



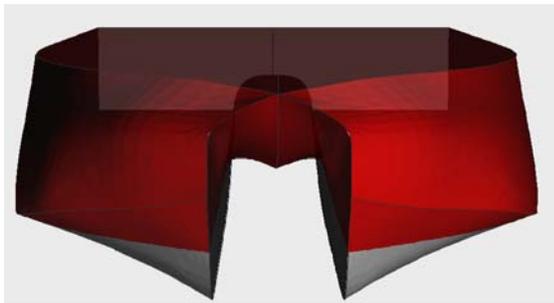
Gambar 5. Konfigurasi Model 1 ($B_{Hull} = 2,50m$ inner flat hull)



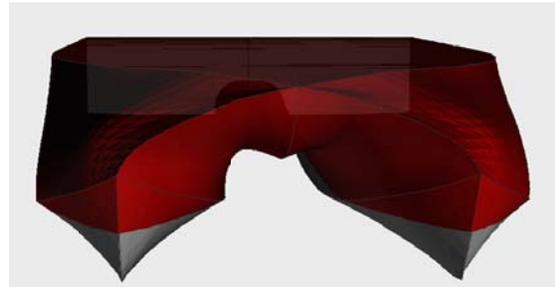
Gambar 6. Konfigurasi Model 2($B_{Hull} = 3,00m$ *inner flat hull*)



Gambar 9. Konfigurasi Model 5($B_{Hull} = 3,00m$ *symetri hull*) kapal asli



Gambar 7. Konfigurasi Model 3($B_{Hull} = 3,50m$ *inner flat hull*)



Gambar 10. Konfigurasi Model 6($B_{Hull} = 3,50m$ *symetri hull*)



Gambar 8. Konfigurasi Model 4($B_{Hull} = 2,50m$ *symetri hull*)



Gambar 11. Konfigurasi Model 7 ($B_{Hull} = 2,50m$ *outer flat hull*)



Gambar 12. Konfigurasi Model 8 ($B_{Hull} = 3,00m$ *outer flat hull*)



Gambar 13. Konfigurasi Model 9 ($B_{Hull} = 3,50m$ outer flat hull)

4.1. Proses Simulasi CFD

Proses simulasi numerik pada CFD dimulai dari pembuatan model badan kapal dalam bentuk file .stl sehingga model dapat digunakan.

Proses model setup dalam simulasi numerik sangat penting dalam proses pemilihan parameter-parameter yang sesuai dan apabila terjadi kesalahan dapat dipastikan hasil simulasi akan salah dan harus mengulang pada tahap ini. Pada langkah model setup pengguna akan mendefinisikan fluida yang digunakan yaitu menggunakan air dalam satuan SI serta letak gravitasi dan pola gerak kapal yang akan digunakan.

Pembuatan meshing pada area sekitar badan kapal meliputi koordinat kartesian x,y,z dimana setiap koordinat memiliki nilai minimum dan maksimum. Selanjutnya mendefinisikan jumlah meshing yang diinginkan serta berapa ukurannya dengan menggunakan ratio meshing 1.0 agar mendapatkan hasil yang bagus. Semakin besar jumlah meshing maka hasil meshing akan menjadi semakin halus sehingga proses numerik akan semakin berat dan berlangsung lama serta kapasitas file otomatis semakin besar.

Langkah selanjutnya adalah pendefinisian boundary dari fluida yang menggunakan kecepatan 0 m/s dengan kondisi bahwa kapal bergerak dengan beberapa variasi kecepatan (16, 20, dan 24 knot). Pada boundary ditentukan seperti pada tabel 1 dimana *Outflow boundary* dianggap fluida dapat mengalir keluar.

Tabel 1. Batas-batas boundary

Batas <i>boundary</i>	keterangan
X_{min}	<i>outflow</i>
X_{max}	<i>specified velocity</i>
Y_{min}	<i>outflow</i> *
Y_{max}	<i>outflow</i> *
Z_{min}	<i>Outflow</i> *
Z_{max}	<i>Outflow</i> *

*allow fluid to enter at outflow boundary

Langkah terakhir adalah penentuan finish time proses simulasi numerik. Hasil simulasi numerik yang dihasilkan pada metode *Computational fluid dynamic*

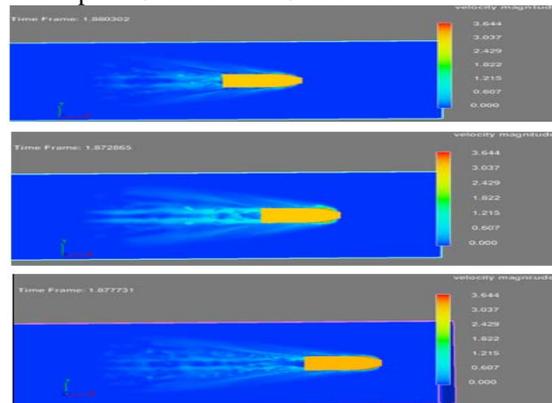
harus mencapai titik konvergen pada saat proses perhitungan numerik sehingga pengaturan finish time sangat mempengaruhi titik konvergensi. Dari titik konvergen yang dihasilkan dapat digunakan sebagai dasar pengambilan data hasil perhitungan simulasi numerik.

4.2. Analisa Data Hambatan Kapal

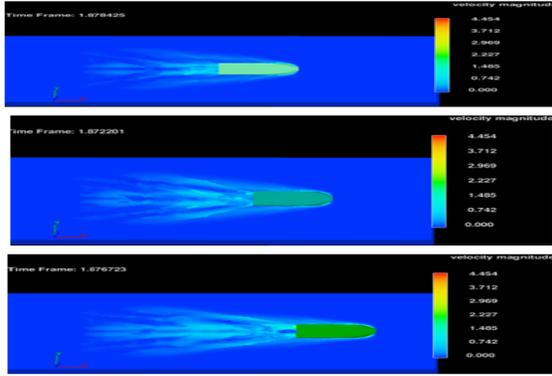
Analisa hambatan kapal pada mode-model konfigurasi 1-9 dikondisikan pada variasi kecepatan kapal (V_s) antara 5 - 29 knot. Berdasarkan hasil perhitungan tahanan total kapal metode *Slender Body*, metode *Computational fluid dynamic*, serta metode perhitungan secara Analitik. Perhitungan tahanan kapal secara Analitik dilakukan dengan pemilihan konsep kalkulasi yang paling mendekati perhitungan CFD yaitu menggunakan metode *Insel and Molland's* (1992). Pemilihan metode *Insel and Molland's* digunakan dengan dasar acuan bahwa perhitungan metode tersebut sudah sangat umum digunakan sebagai parameter perhitungan kapal Katamaran yang mengadopsi perhitungan ITTC 1957. Metode *Insel and Molland's* telah sesuai dengan perhitungan tahanan kapal katamaran, dapat dijabarkan dengan rumus perhitungan, sebagai berikut :

$$RT=0.5 * \rho * WSA * V^2 * CT \quad (1)$$

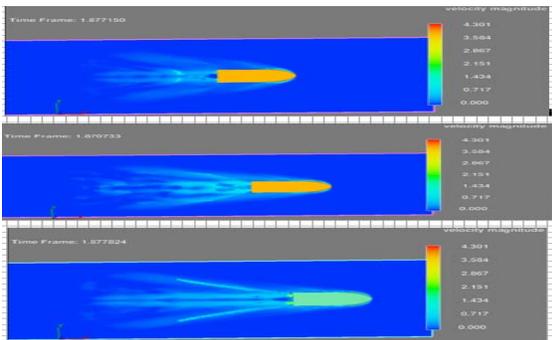
Hasil simulasi dengan program software CFD dengan variasi kecepatan 16, 20 dan 24 knot dapat dilihat pada Gambar 14 – Gambar 22:



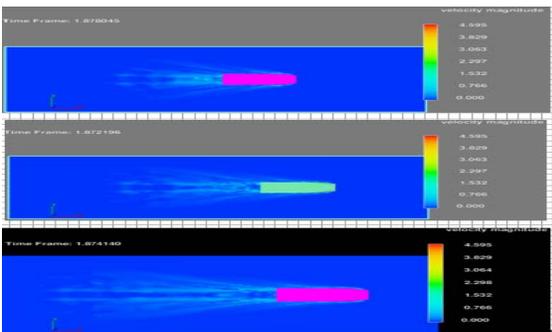
Gambar 14. Hasil simulasi model 1 (pada time frame 1,877 s)



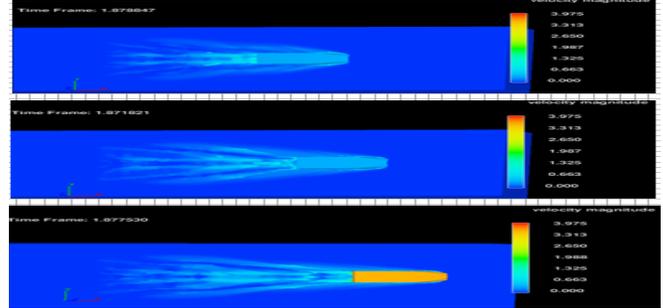
Gambar 15. Hasil simulasi model 2 (pada time frame 1,877 s)



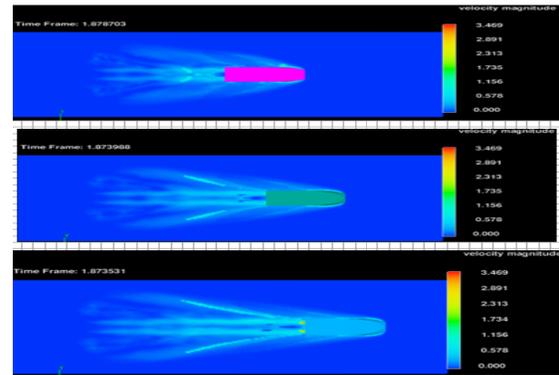
Gambar 16. Hasil simulasi model 3 (pada time frame 1,877 s)



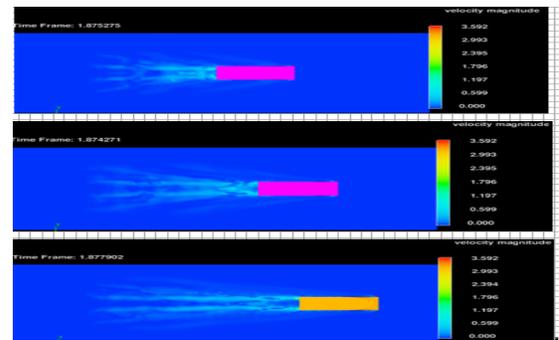
Gambar 17. Hasil simulasi model 4 (pada time frame 1,877 s)



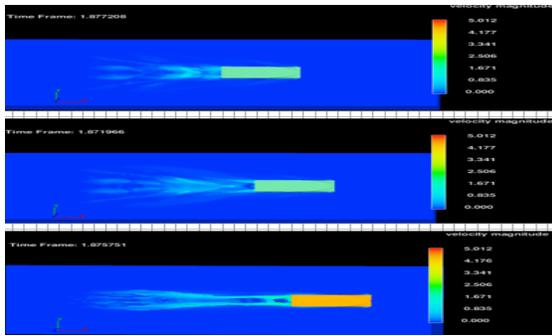
Gambar 18. Hasil simulasi model 5 (pada time frame 1,877 s)



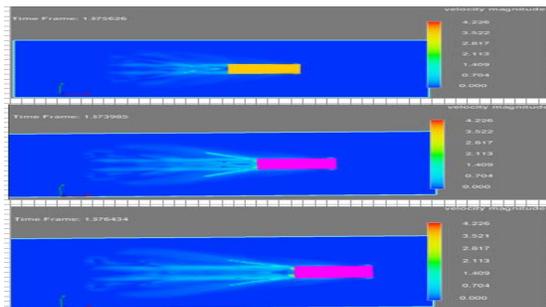
Gambar 19. Hasil simulasi model 6 (pada time frame 1,877 s)



Gambar 20. Hasil simulasi model 7 (pada time frame 1,877 s)



Gambar 21. Hasil simulasi model 8 (pada time frame 1,877 s)

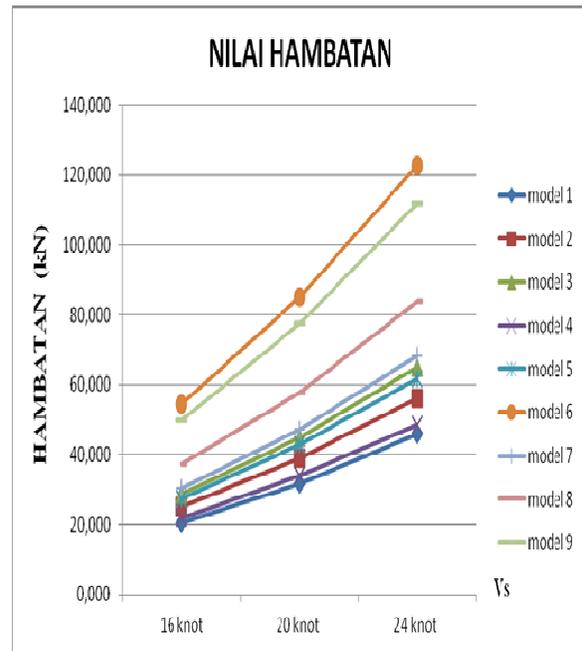


Gambar 22. Hasil simulasi model 9 (pada time frame 1,877 s)

Hasil perbandingan seluruh perhitungan tahanan total pada konfigurasi model-model 1-9 dapat dilihat pada tabel 2 dan Gambar 23 di bawah ini

Tabel 2. Hasil nilai hambatan dengan program CFD.

No Model	Jenis Lambung	lebar lambung	Kecepatan	Wsa (m ²)	Hambatan (kN)
1	Datar dalam	2,50 m	16 knot	142,99	20,401
	Datar dalam	2,50 m	20 knot	142,99	31,829
	Datar dalam	2,50 m	24 knot	142,99	45,938
2	Datar dalam	3,00 m	16 knot	163,8	24,962
	Datar dalam	3,00 m	20 knot	163,8	38,946
	Datar dalam	3,00 m	24 knot	163,8	56,209
3	Datar dalam	3,50 m	16 knot	182,7	28,793
	Datar dalam	3,50 m	20 knot	182,7	44,924
	Datar dalam	3,50 m	24 knot	182,7	64,837
4	Simetri	2,50 m	16 knot	131,51	21,821
	Simetri	2,50 m	20 knot	131,51	34,046
	Simetri	2,50 m	24 knot	131,51	48,557
5	Simetri	3,00 m	16 knot	149,8	27,456
	Simetri	3,00 m	20 knot	149,8	42,838
	Simetri	3,00 m	24 knot	149,8	61,826
6	Simetri	3,50 m	16 knot	167,24	54,455
	Simetri	3,50 m	20 knot	167,24	84,962
	Simetri	3,50 m	24 knot	167,24	122,623
7	Datar luar	2,50 m	16 knot	143,7	30,329
	Datar luar	2,50 m	20 knot	143,7	47,320
	Datar luar	2,50 m	24 knot	143,7	68,295
8	Datar luar	3,00 m	16 knot	162,7	37,163
	Datar luar	3,00 m	20 knot	162,7	57,683
	Datar luar	3,00 m	24 knot	162,7	83,684
9	Datar luar	3,50 m	16 knot	183,3	49,694
	Datar luar	3,50 m	20 knot	183,3	77,534
	Datar luar	3,50 m	24 knot	183,3	111,903



Gambar 23. Hambatan kapal pada hasil simulasi dengan ukuran lambung 2,50 meter.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

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

1. Nilai hambatan yang didapat dari katamaran pada model asli adalah 27,456 KN untuk kecepatan 16 knot, 42,838 KN untuk kecepatan 20 knot dan 61,826 KN untuk kecepatan 24 knot.
2. Nilai hambatan terkecil sebesar 20,401 KN yaitu untuk konfigurasi model no.1 (inner flat hull dengan lebar hull 2,50 m) pada kecepatan 16 knot dan untuk nilai hambatan terbesar 122,623 KN yaitu untuk konfigurasi model no 6 (symetry dengan lebar hull 3,50 m) pada kecepatan 24 knot. Dan didapat bahwa nilai hambatan terkecil dari 3 model lambung katamaran (inner flat hull, symetri dan outer flat hull) adalah inner flat hull yang memiliki nilai hambatan terkecil

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Barkhudarov. 2004. **Lagrangian VOF advection Method for Flow-3D**. Flow Science, Inc FSI-03-TN63-R.
- [2] Javanmardi, M.R., Seif, M.S., Jahanbakhs, E., & Sayyaadi, H. 2007. **Trimaran Maneuvering Simulation Based on Three-Dimensional Viscous Free Surface Flow Solver**. Journal Sharif University of Technology. Tehran. Iran.
- [3] Muk-Pavic, Ema., Chin, Shin., & Spencer, Don. 2006. **Validation Of The CFD Code Flow-3D For The Free Surface Flow Around The Ship's Hulls**. 14th Annual Conference Of The CFD Society Of Canada, FloSci-Bib15-06.
- [4] Munson, B. R., Young D.F., & Okiisi, T. H. 2003. **Mekanika Fluida Edisi Keempat**. Diterjemahkan oleh Harinaldi dan Budiarto. Jakarta : Erlangga.
- [5] Suroso, Agus. **Bahan Ajar Mekanika Fluida dan Prinsip Hidrolika**. UMB, Indonesia
- [6] Tuakia, Firman. 2008. **Dasar - Dasar Menggunakan CFD : Computational Fluid Dynamics**. Bandung : Informatika.