

ANALISA HAMBATAN PADA VARIASI BENTUK LAMBUNG KAPAL IKAN TRADISIONAL CATAMARAN DENGAN METODE CFD

Wasisto Haribowo¹, Samuel¹, Eko Sasmito Hadi¹

1)Jurusan S1 Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,

Email: haribowowasisto@gmail.com

Abstrak

Kapal katamaran adalah kapal yang menggunakan dua lambung, memiliki karakteristik yaitu kedua lambungnya yang dihubungkan dengan konstruksi geladak yang kuat dan merentang di atasnya, sehingga kapal memiliki stabilitas yang lebih nyaman dan aman serta memiliki area geladak yang lebih luas daripada kapal satu lambung. Namun dengan adanya jarak antar lambung tersebut menimbulkan adanya interferensi hambatan setelah fluida mengalir melewati haluan kapal. Hambatan adalah salah satu faktor terpenting dalam desain kapal, dimana bentuk lambung kapal (*hullform*) satu diantara beberapa faktor yang mempengaruhi besar kecilnya hambatan kapal. Pada penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan bentuk haluan yang menghasilkan hambatan total paling kecil dengan menggunakan program CFD (*Computational Fluid Dynamic*). Dalam melaksanakan penelitian ini penulis menggunakan program computer berbasis CFD untuk penyelesaian masalah dari tujuan penelitian, konsep dasar penggunaan *software* berbasis CFD itu sendiri adalah penyelesaian metoda numerik dengan sebuah persamaan fluida yaitu Persamaan Navier-Stokes, dengan prinsip hukum kekekalan massa, kekekalan momentum (hukum Newton kedua $F=m.a$), dan kekekalan energi. Pengerjaan dengan korespondensi satu-satu dengan parameter variasi sudut dan panjang *entrance* kemudian pada variasi tersebut dibatasi dengan 10% dari ukuran asli parameterinya. Didapatkan 8 model lambung kapal yang baru dari model lambung yang asli. Berdasarkan hasil analisa dan perhitungan menggunakan CFD, dari 8 variasi bentuk lambung tersebut menunjukkan pengurangan hambatan pada model 4 dengan variasi f_n 0.19-0.65. penelitian ini menunjukkan bahwa perubahan bentuk lambung (*entrance CSA*) dapat mengurangi hambatan total kapal.

Kata Kunci : *Catamaran*, bentuk lambung , hambatan total, CFD.

Abstract

Catamaran ship is a ship that uses a double hull, has the characteristics that is of both the hull connected with the construction of a strong deck and stretched over it, so that the ship has more stability comfortable and safe and has a deck area larger than a single hull vessel. But with the distance between the hull cause interference resistance after the fluid flowing through the vessel's bow. Resistance is one of the most important factors in the design of the ship , where the shape of the hull (hullform) one of several factors that affect the size of the vessel resistance. In this study have a purpose to get the bow shape that produces the smallest total resistance using CFD program (Computational Fluid Dynamics). In carrying out this study the authors use a CFD-based computer program for solving problems of research objectives, the basic concept pf using software CFD is a numerical method with a completionfluid equation is the Navier-Stokes equations, with the principle of conservation of mass, conservcation of momentum (Newton's second law $F = m.a$), and conservation of anargy. Working process with one-on-one correspondence with the variation of the angle and length parameter entrance then on the variation limited with 10% from the original dimention of parameter. Obtained 8 new model of the hull from the original model of the hull. Based on the analysis and calculations using CFD, from 8 variations of the hull

shape show reduction resistance at models 4 from each model with variations fn 0.19-0.65. This study shows that changes in hull shape (entrance CSA) can reduce the total resistance of the ship.

Keyword : Catamaran, hullform, Total Resistan, CFD.

1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kapal merupakan salah satu armada angkutan yang memiliki peranan vital. Perdagangan, ekspor-impor, dan bagi para nelayan untuk mencari ikan di laut. Hal tersebut tidak dapat terlepas dari sarana angkutan berupa kapal. Kapal memiliki peranan penting terutama di Indonesia. Salah satu wilayah di Indonesia yaitu tepatnya di kabupaten Cilacap, wilayah yang sangat potensial untuk berkembangnya sektor sumberdaya laut khususnya perikanan.

Saat ini permasalahan yang berkembang adalah kapal tradisional yang digunakan dalam kegiatan perikanan masih menggunakan desain satu lambung (*monohull*), dari segi kekurangan kapal dengan satu lambung tidak bisa digunakan dengan kapasitas besar dan nyaman. Sementara jika menggunakan kapal dua lambung (*catamaran*) memiliki karakteristik yaitu kedua lambungnya yang 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 dan memiliki tingkat stabilitas lebih nyaman dan aman. Selain itu kapal katamaran memiliki sarat air yang lebih rendah dibandingkan dengan kapal *monohull*. Kemudian bentuk lambung yang langsing (*slender*) dapat memperkecil sibakan air (*wave wash*) dibandingkan *monohull* [1]

Kapal dengan bentuk lambung yang baik memberikan pengaruh terhadap hambatan yang ditimbulkan sehingga operasiaonal kapal dan pergerakan kapal lebih baik pula. Perhitungan nilai hambatan kapal saat beroperasi juga penting karena berpengaruh terhadap kecepatan kapal yang diinginkan. Sehingga dibutuhkan

desain lambung kapal katamaran yang mempunyai hambatan paling kecil sehingga bisa menghemat biaya operasional.

Banyak hal yang berkaitan dengan meminimalkan hambatan baik untuk mengurangi kebutuhan daya atau meningkatkan ekonomi bahan bakar, oleh karena itu pentingnya bentuk badan kapal yang *streamline* guna meminimalisir hambatan yang ada selama kapal berlayar. [1]

Pada penelitian ini terfokus untuk menganalisa hambatan kapal karena perubahan bentuk lambung kapal akibat variasi CSA (*Curve Sectional Area*) pada bagian *entrance* CSA, untuk mendapatkan nilai hambatan yang paling kecil.

1.2 Perumusan Masalah

Dengan memperhatikan pokok permasalahan yang terdapat pada latar belakang maka dalam penelitian ini diambil rumusan masalah sebagai berikut :

1. Menghitung hambatan kapal setelah dilakukan variasi pada bagian *entrance* CSA (*Curve Section Area*) menggunakan *Computational Fluid Dynamic* (CFD)
2. Menentukan bentuk lambung kapal yang memiliki nilai hambatan yang paling kecil.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah digunakan sebagai arahan serta acuan dalam penulisan tugas akhir sehingga sesuai dengan permasalahan serta tujuan yang diharapkan. Adapun batasan yang dibahas dalam tugas akhir ini :

1. Perhitungan hambatan total akibat dari fluida air dan tidak ada

- perhitungan pengaruh hambatan udara dan angin.
2. Tidak melakukan pengujian towing tank.
 3. Diasumsikan kapal pada keadaan *even keel*.
 4. Diasumsikan aliran fluida *incompressible* dengan sifat *steady-state*.
 5. Asumsi aliran dengan viskositas yang konstan (aliran *newtonian*).
 6. Pengkajian bentuk lambung yang dianalisa dengan melakukan modifikasi pada bentuk *entrance CSA* (*Curve Section Area*) dari kapal.

1.4 Tujuan Penelitian

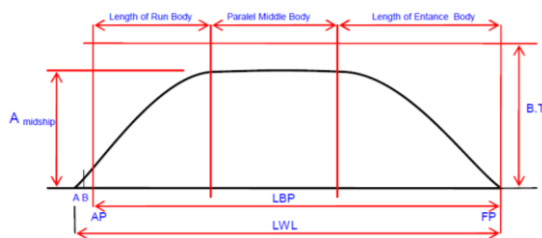
Berdasarkan perumusan masalah dan pembatasan masalah diatas, maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan nilai hambatan pada bentuk lambung kapal *catamaran* setelah mengalami variasi pada bagian *entrance CSA* (*Curve Section Area*).
2. Mendapatkan bentuk lambung *Catamaran* yang memiliki hambatan paling kecil setelah mengalami variasi CSA.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik CSA

Curve of Sectional Area (CSA) adalah kurva yang menunjukkan luasan kapal pada tiap – tiap station. Bentuk dari *Sectional Area Curve* (CSA) merupakan distribusi luas penampang kesepanjang lambung kapal.



Gambar 1 pembagian CSA[4]

3. Metodologi Penelitian

3.1 Metodologi Penelitian

- a) Data Primer
 - b) Berikut data utama ukuran kapal :
 - c) *Length over all* : 10,0 m
 - d) *Breadth* : 3,4 m
 - e) *Breadth demihull* : 1,10 m
 - f) *Draft* : 0,5 m
 - g) *Speed* : 9 knot
 - h) *Depth* : 0.80 m
- b) Data Sekunder
 - c) Data sekunder diperoleh dari literature (jurnal, buku, dan data yang didapat pada penelitian sebelumnya).

$$\tau = \mu \frac{du}{dy}$$

3.2 Parameter Penelitian

Penelitian ini difokuskan pada variasi bentuk haluan dengan memvariasi bentuk CSA (*entrance*) menggunakan beberapa parameter. Penelitian ini disimulasikan untuk mendapatkan bentuk lambung kapal (haluan) dengan nilai hambatan total paling kecil.

- Parameter tetap :
 - Dimensi properties dari lambung kapal antara lain :
 1. *Length of Waterline* (*LWL*) (m)
 2. *Breadth* (*B*) (m)
 3. *Draft* (*T*) (m)
 4. *Depth* (*H*) (m)
 5. *Displacement* (ton)

- Parameter peubah

Tabel 1 Parameter Peubah

No	parameter	keterangan
1	sudut	sudut di titik akhir dan atas bagian <i>entrance CSA</i>
2	Panjang	Panjang bagian <i>entrance CSA</i>
3	Kecepatan	Kecepatan kapal dengan variasi (Fr 0.19-0.65)

3.3 Metodologi Penelitian

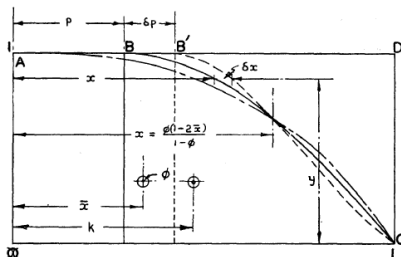
Dalam penelitian ini difokuskan untuk mencari bentuk lambung yang memiliki

hambatan paling kecil, dengan variasi sudut dan panjang *entrance* pada CSA, dengan rasio S/L 0.2. Skala model yang digunakan pada proses simulasi CFD adalah 1:10. Berikut perbandingan ukuran utama skala penuh dan model.

Tabel 2 Perbandingan ukuran utama kapal Catamaran S/L 0.2

Dimensi	Skala Penuh	Model Kapal
Lwl	8,90 m	0,89 m
B demihull	1,101 m	0,1101 m
BOA	2,881 m	0,2881 m
T	0,5 m	0,05 m
WSA	24,85 m ²	0,2485 m ²
Volume	5,02 m ³	0,00502 m ³
Displasmen	5,216 Ton	0,005216 Ton

Kemudian membuat lines plan kapal dan model 3D kapal dengan menggunakan softwer *AutoCAD 2007* dan *Maxsurf Pro 11.1.1.2* untuk mendapatkan CSA yang nantiya akan divariasi pada bagian *entrance* CSA, untuk memperoleh 8 lambung.



Gambar 2 Variasi Sudut dan Panjang *entrance* CSA [2]

Dari 8 model variasi model lambung yang didapat dan model asli, kemudian disimulasikan dengan *software CFD* dengan variasi kecepatan Fr 0.19-0.65, yang terdapat pada tabel 3

Tabel 3 Kecepatan kapal

Fr	V Skala Penuh		V Model	
	knot	m.s ⁻¹	knot	m.s ⁻¹
0,19	3,00	1,78	1,09	0,56
0,28	5,00	2,62	1,61	0,83
0,37	7,00	3,47	2,13	1,09
0,47	9,00	4,41	2,71	1,39
0,65	12,00	6,10	3,75	1,93

Perhitungan hambatan total menggunakan *software CFD* berbasis persamaan *Navier-Stokes (Tdyn 12.2.3 for 64 bit)*. Kemudian hasil dari software tersebut divalidasi dengan menggunakan rumus empiris yang didasarkan pada formula yang terkandung pada [1] yang merupakan modifikasi dari Molland's *Form Factor*. Metode ini digunakan untuk menghitung hambatan viscous dan interferensi gelombang pada kapal catamaran. Dengan menggunakan persamaan 2-9, dimana C_T adalah koefisien hambatan total, C_F adalah koefisien hambatan gesek, dan C_W adalah koefisien hambatan gelombang. Besarnya nilai C_F dan C_W tersebut diperoleh dari *software Maxsurf Pro 11.1.1.2 hullspeed* dengan metode *slender body*. Komponen hambatan kapal catamaran dinyatakan dengan persamaan 1

$$C_{TCAT} = (1 + \beta k) C_F + \tau C_W \quad (2)$$

Kemudian untuk menghitung $(1 + \beta k)$ ditunjukkan dengan persamaan 3, dan formula empiris untuk menghitung (τ) ditunjukkan pada persamaan 3-9. Persamaan tersebut merupakan persamaan yang diberikan oleh [1]

$$(1 + \beta k) = 3.03 (LV^{1/3})^{-0.40} + 0.016 (S/L)^{-0.65} \quad (3)$$

$$\tau = 0.068 (S/L)^{-1.38}, \text{ (pada Fr = 0.19)} \quad (4)$$

$$\tau = 0.359 (S/L)^{-0.87}, \text{ (pada Fr = 0.28)} \quad (5)$$

$$\tau = 0.574 (S/L)^{-0.33}, \text{ (pada Fr = 0.37)} \quad (6)$$

$$\tau = 0.790 (S/L)^{-0.14}, \text{ (pada Fr = 0.47)} \quad (7)$$

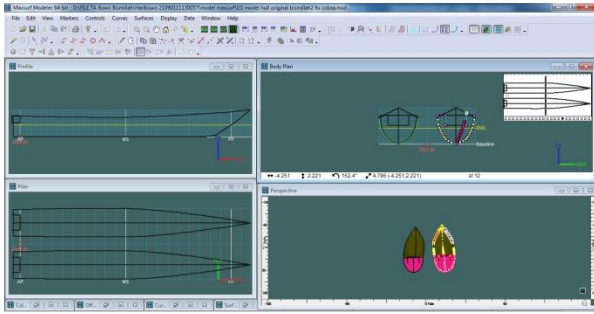
$$\tau = 0.504 (S/L)^{-0.31}, \text{ (pada Fr = 0.56)} \quad (8)$$

$$\tau = 0.501 (S/L)^{-0.18}, \text{ (pada Fr = 0.65)} \quad (9)$$

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengolahan Data

Dari data tersebut dibuat pemodelan badan kapal dengan bantuan *software Maxsurf 11.1.1.2*.



Gambar 3 pemodelan menggunakan *Maxsurf*

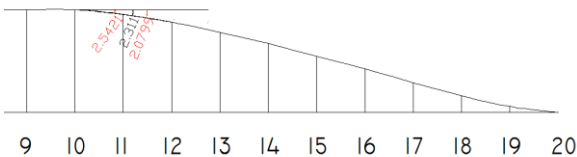
Hasil pemodelan dari *Maxsurf* diexport dalam bentuk file.IGES terlebih dahulu kemudian dapat dibuka di software CFD yaitu *Tdyn 12.2.3*. analisis CFD yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah pemodelan, visualisasi aliran, nilai hambatan kapal pada kecepatan tertentu.

4.2 Variasi Desain Bentuk *entrance* CSA

Metode yang digunakan dalam variasi bentuk haluan adalah korespondensi satu-satu dari parameter yang digunakan. Parameter untuk variasi bentuk haluan adalah parameter sudut *entrance*, panjang *entrance*, kemudian range pada variasi tersebut dibatasi dengan 10% dari ukuran asli parameternya dan beberapa kecepatan (*froude number*) kapal.

Variasi dimensi sudut atas dari *entrance* CSA yang dipakai adalah:

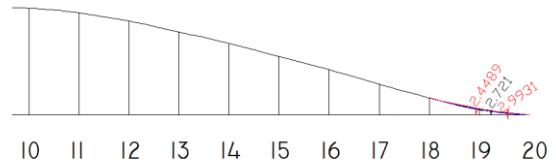
- A0 : 2,311⁰
Dimana A0 merupakan sudut atas *entrance* CSA asli .
- A1 : 2,542
Dimana A0 merupakan sudut atas *entrance* CSA +10%
- A2 : 2,079
Dimana A1 merupakan sudut bawah *entrance* CSA -10%



Gambar 4 Variasi sudut atas *entrance* CSA

Variasi dimensi sudut bawah *entrance* CSA yang dipakai adalah :

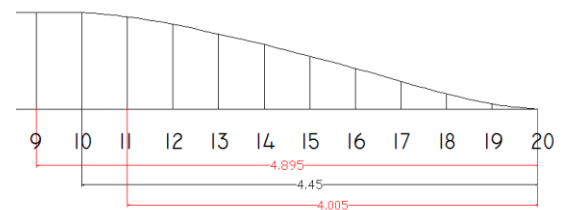
- B0 : 2,721
Dimana B0 merupakan sudut bawah *entrance* asli.
- B1 : 2,993
Dimana B1 merupakan sudut bawah *entrance* CSA +10%
- B2 : 2,449
Dimana B1 merupakan sudut bawah *entrance* CSA -10%



Gambar 5 Variasi sudut bawah *run* CSA

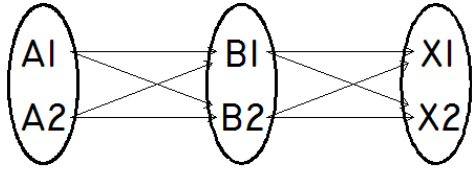
Variasi dimensi panjang *entrance* pada CSA kapal yang dipakai adalah:

- X0 : 4,45 m
Dimana X0 merupakan panjang *run* asli.
- X1 : 4,895 m
Dimana X1 merupakan panjang *run* menggunakan range variasi +10%.
- X2 : 4,005 m
Dimana X1 merupakan panjang *run* menggunakan range variasi -10%.



Gambar 6 Variasi panjang *entrance* CSA

Berikut ini adalah skema korespondensi satu-satu untuk menghasilkan variasi bentuk haluan kapal. Diantaranya



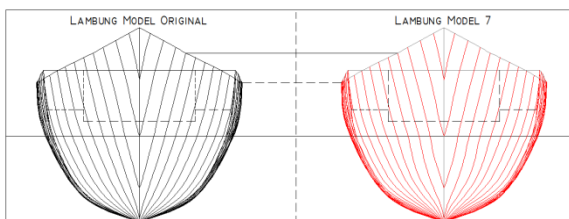
Gambar 7 Skema korespondensi satu-satu

adalah 3 parameter dan 2 macam variasi tiap parameter, kemudian akan menghasilkan 8 macam variasi model bentuk haluan, yaitu:

Tabel 4 Hasil korespondensi satu - satu

No.	Model	A	B	X
1.	Model 1	2,542°	2,993°	4,895 m
2.	Model 2	2,542°	2,993°	4,005 m
3.	Model 3	2,542°	2,448°	4,895 m
4.	Model 4	2,542°	2,448°	4,005 m
5.	Model 5	2,079°	2,993°	4,895 m
6.	Model 6	2,079°	2,993°	4,005 m
7.	Model 7	2,079°	2,448°	4,895 m
8.	Model 8	2,079°	2,448°	4,005 m

Setelah mendapatkan hasil korespondensi satu-satu dari 3 parameter peubah maka selanjutnya kapal menjadi 8 bentuk model varian. Luasan tersebut dibuat sesuai dengan metode *Scheltema De Heere* yang mensinkronkan antara luasan per-stasion pada bagian *entrance* CSA dengan bentuk *body plan* kapal. Berikut adalah tampilan *body plan* setelah modifikasi.



Gambar 8 Perbandingan Body Plan model Variasi dan Body Plan asli

Kemudian dari 8 model diatas akan diuji menggunakan kecepatan berbeda dengan cara merubah *froude number*nya, diantara adalah :

- V0 : 0.19
- V1 : 0.28
- V2 : 0.37
- V3 : 0.47
- V4 : 0.65

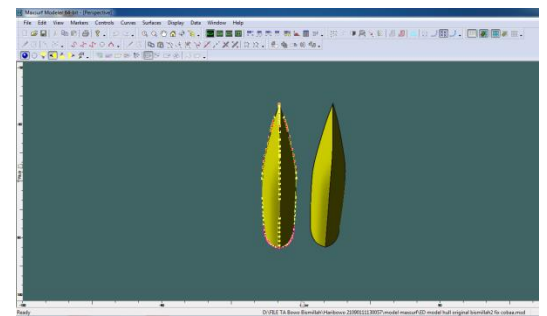
4.3 Simulasi Computational Fluid Dynamic

Proses simulasi numerik pada Computational Fluid Dynamic dimulai dari pembuatan model lambung kapal dengan program *maxsurf 11.1.12*. Setelah pemodelan kemudian di export data dari *maxsurf* ke *software Tdyn* dengan format IGES sehingga model dapat digunakan. Model yang digunakan harus sudah solid.

Pengujian menggunakan perhitungan hasil *running Tdyn*, langkah-langkah simulasi ini dibagi menjadi beberapa tahapan, antara lain :

- Pre Processor*
- Solver Manager*
- Post Processor*

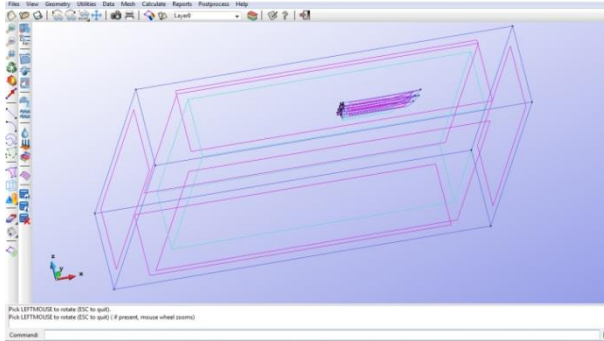
Pemodelan model 3D dengan menggunakan program *Maxsurf 11.1.12*, setelah model sudah solid kemudian pengerjaan analisa dilanjutkan di *software CFD*.



Gambar 9 Proses pembuatan model pada *software Maxsurf pro 11.1.12*

4.4.1 Pre Processor

Tahap geometri adalah tahap pemodelan yaitu tahap penentuan model yang akan dianalisa. Dalam tahap ini dilakukan pembuatan kolam tempat pengujian (kolam *Towing Tank*).



Gambar 10 Pembuatan towing tank

❖ Tahap Setup

Tahap ini dibagi menjadi beberapa langkah, antara lain :

- a. *Material and properties*
- b. *Conditional and Initial Data*
- c. *Solver*

Pada tahap ini menentukan arah *posisi inlet*, *outlet*, *wall*, *simetri*, panjang kolam dan waktu iterasi . penentuan input solver harus melalui perhitungan yang matang jika input data tidak sesuai maka akan sulit untuk mencapai *konvergensi*.

❖ Tahap Meshing

Pembuatan meshing pada area sekitar model kapal dan fluida. Dalam tahap *meshing* perlu mendefinisikan jumlah meshing yang diinginkan pada koordinat kartesian x,y, dan z kemudian jenis meshing yang digunakan yaitu jenis mesh unstructure.

4.4.2 Solver Manager

Setelah tahap selesai dilakukan tahap selanjutnya, yaitu *solution*. Dalam tahap ini proses perhitungan (*running*) dilakukan berupa iterasi dari persamaan dasar dinamika fluida pada CFD.

4.4.3 Post processor

Setelah proses running atau simulasi selesai kemudian kita dapat melihat hasilnya dilayar komputer. Pada penelitian ini hasil yang diinginkan adalah nilai hambatan kapal (*forces x*), model dan visualisasi aliran berupa 2 dimensi ataupun 3 dimensi.

4.4.4 Validasi Hasil

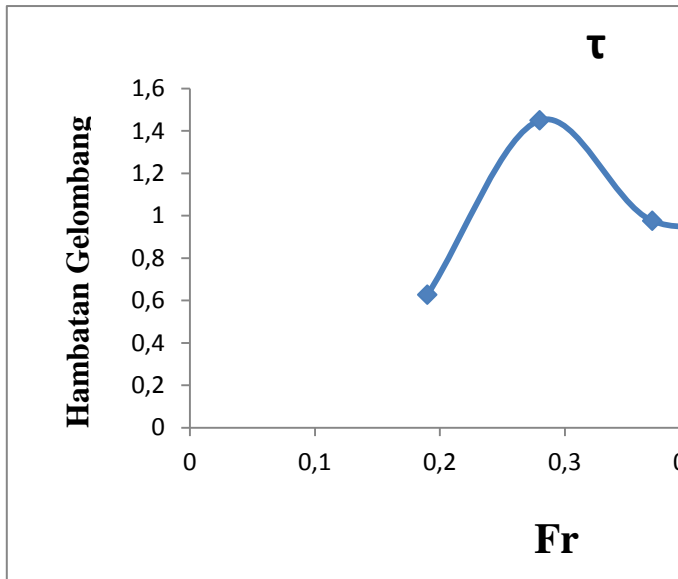
Komponen hambatan total terdiri dari hambatan viskos dan hambatan gelombang. Hambatan viskos diperoleh dari hambatan gesek dikalikan dengan *form factor*. Hasil perhitungan *form factor* untuk kapal *catamaran* dengan persamaan 4, ditunjukkan pada Tabel 5

Tabel 5 Hasil perhitungan *form Factor* dan luas permukaan basah (WSA)

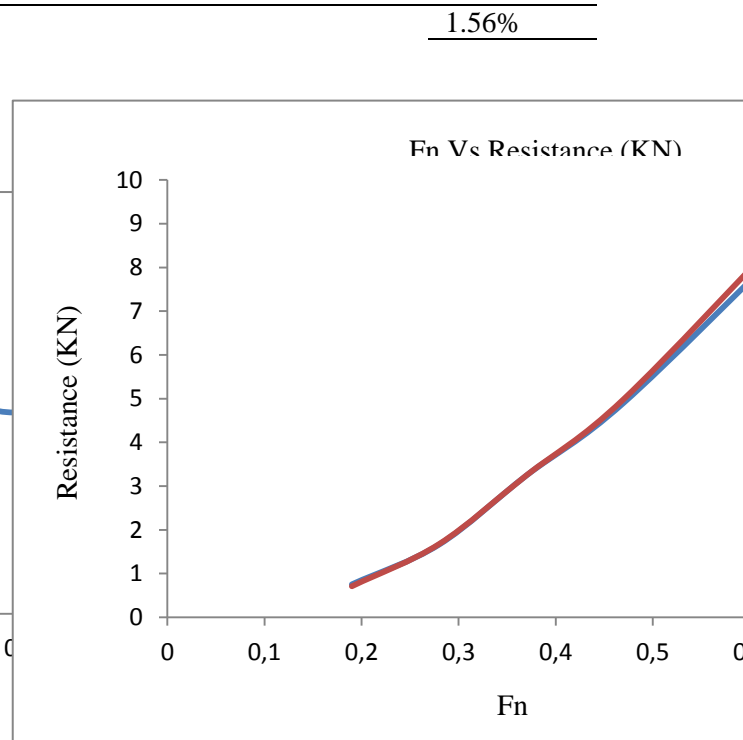
No	Model	$1 + \beta k$	WSA(m ²)
1	Original	1.61	24.82
2	Model 1	1.61	24.72
3	Model 2	1.61	24.82
4	Model 3	1.61	24.78
5	Model 4	1.61	24.82
6	Model 5	1.61	24.76
7	Model 6	1.61	24.86
8	Model 7	1.61	24.74
9	Model 8	1.61	24.84

Komponen hambatan katamaran dipengaruhi interferensi gelombang (τ) berdasarkan formula [1], yang dalam persamaan 3-9.

Pada penelitian ini, nilai (τ) sesuai Fr yang sudah dijabarkan pada persamaan 5-9 dan hasilnya seperti pada gambar 13



Gambar 11. Grafik nilai (τ)



Gambar 12 Grafik perbandingan nilai RT Original menggunakan empiris dan T_{dyn}

Pada penelitian ini untuk memvalidasi hasil dari menganalisa hasil modifikasi haluan menggunakan software berbasis CFD, menggunakan rumus empiris *molland's form factor* yang sudah dikembangkan dan dimodifikasi berdasarkan [1] yang dijabarkan pada persamaan 3-9. Berikut hasil perhitungan hambatan total model original dengan eror dibawah 10 %

Tabel 6 Selisih perhitungan RT dengan metode empiris dan T_{dyn}

Fr	V (m.s ¹)	RT (kN)		
		Empiris	Tdyn	Selisih
0.19	1.784	753.68	710.02	5.79%
0.28	2.629	1666.01	1677.2	0.67%
0.37	3.474	3246.15	3248.6	0.08%
0.47	4.413	4903.72	4988.2	1.72%
0.65	6.104	8777.14	9113	3.83%

4.5 Perhitungan Hambatan Kapal

Perhitungan hambatan kapal dengan metode *computational Fluid Dynamic pada post processor* (hasil *running*) diambil dari *tools utilities> force on boundaries*

Data yang diperlukan untuk menentukan hambatan total adalah koefisien hambatan total (C_T), kemudian nilai dari C_T tersebut diolah untuk memperoleh hambatan total (RT) dengan persamaan 10

$$R_t = 0,5 \cdot \rho \cdot v^2 \cdot WSA \cdot C_t \quad (10)$$

Dimana :

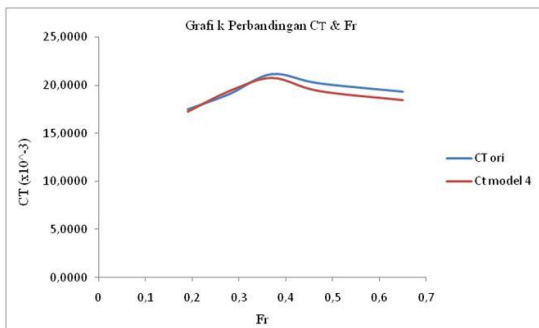
- Rt = Hambatan Total (kN)
- ρ = Massa Jenis Air Laut (1025 kg/m³)
- v = Kecepatan Kapal (m/s)
- WSA = Luas permukaan kapal katamaran yang tercelup air (m²)
- C_t = Koefisien hambatan total katamaran

Berikut data dari model original dan 8 variasi model yang dianalisis, hasil simulasi pada kondisi kecepatan Fr 0.65 nilai Ct dan RT untuk skala sebenarnya tiap-tiap model yang terdapat pada Tabel 7

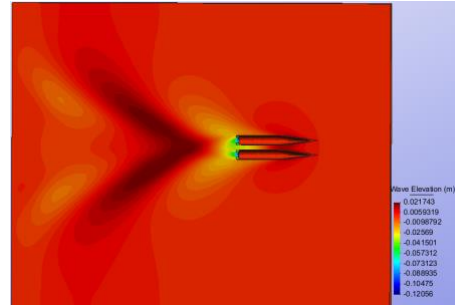
Tabel 7 Nilai Ct dan RT tiap-tiap model menggunakan *software tdyn*

Model	CT(x10 ⁻³)	RT <i>Tdyn</i> (kN)
asli	19,293	9,113
1	19,015	8,946
2	19,318	9,125
3	18,669	8,804
4	18,480	8,736
5	18,645	8,786
6	18,767	8,968
7	18,789	8,846
8	18,617	8,801

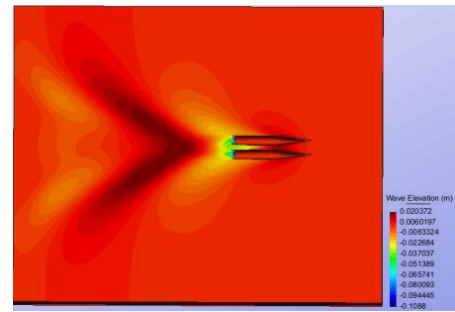
Dari tabel 7 diatas nilai hambatan pada model original yaitu 9.113 kN, sedangkan hambatan terkecil terjadi pada model 4 yaitu sebesar 8.7361 kN, selisih nya 4.13 % lebih kecil daripada hambatan total model original.



Gambar 13 Perbandingan Nilai CT model Original dan Model 4



Gambar 14 Simulasi model original menggunakan *Tdyn*



Gambar 15 Simulasi model 4 menggunakan *Tdyn*

5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

1. Dari 8 model Variasi bentuk lambung tidak semua variasi pada bagian sudut yang kecil dan *entrance CSA* yang lebih panjang dapat memperkecil hambatan kapal.
2. Nilai hambatan terkecil terdapat pada model 4, dimana hambatan yang didapatkan dari software CFD sebesar 8.7361 kN sedangkan nilai hambatan pada model original adalah 9.113 kN. Selisihnya sebesar 4.13 % atau 0.3769

kN lebih kecil dibandingkan model originalnya.

5.2 Saran

- Melakukan analisa hambatan total pada variasi bentuk buritan dan lambung kapal.
- Melakukan analisa hambatan dengan variasi sudut dan panjang *entrance* CSA yang berbeda-beda (*non-linier*).
- Sebaiknya melakukan pengujian towing tank supaya hasilnya lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jamaluddin, A., et al., "Experimental and Numerical Study of the Resistance Component Interactions of Catamarans," *Proc. Inst. Mech. Eng. Part M J. Eng. Marit. Environ.*, vol. 227(1), pp. 51–60, 2012.
- [2] H. Lackenby, "On The Systematic Variation of Ship Forms," *Transactions of The Institute of Naval Architects*, vol. 92. pp. 289–316, 1950.
- [3] Samuel. Iqbal.M and I.K.A.P Utama, "An Investigation Into The Resistance Components OF Converting A Traditional Monohull Fishing Vessel Into Catamaran Form," *Int. J. Technol.*, 2015.
- [4] Gaguk Suhardjito, "Desain Rencana Garis", 2012.
- [5] Firman Tuakia, "Dasar-dasar CFD Menggunakan Fluent" Informatika Bandung, 2008.
- [6] Haribowo, Wasisto "Analisa Hambatan Pada Variasi Bentuk Lambung Kapal Ikan Tradisional *Catamaran* Dengan Mengubah CSA (*Curve Section Area*)Dengan Aliran *Newtonian*", 2015.