



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Analisa Pengaruh Variasi Penambahan *Fin* pada *Centerbulb* terhadap Hambatan Kapal Katamaran MV. Laganbar menggunakan Metode *Computational Fluid Dynamic (CFD)*

Yosafat Nugraha Putra¹⁾, Parlindungan Manik¹⁾, Muhammad Iqbal¹⁾

¹⁾Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Email: Yosafat@student.undip.ac.id

Abstrak

Kapal katamaran merupakan kapal yang menarik untuk dikaji, stabilitas kapal katamaran memang lebih baik, namun muncul permasalahan lain yaitu hambatan. Hambatan kapal katamaran lebih kompleks karena efek interaksi komponen hambatan dengan gelombang laut pada lambung kapal. Hal tersebut mengakibatkan bertambahnya hambatan gelombang akibat hampasan badan kapal oleh gelombang laut. Dari permasalahan tersebut munculah percobaan untuk menambahkan *fin* pada *centerbulb* kapal katamaran. *Centerbulb* berfungsi mengurangi hambatan gelombang yang terjadi pada lambung kapal katamaran, serta penambahan *fin* pada *centerbulb* dapat mengoptimalkan pengurangan hambatan tersebut. Analisa perhitungan hambatan total kapal katamaran dihitung menggunakan *software* CFD yaitu Tdyn 12.2.3.0 dan menggunakan variasi kecepatan ($F_n = 0,15$; $F_n = 0,20$; $F_n = 0,25$; $F_n = 0,30$; $F_n = 0,35$), jumlah dan ukuran *fin* pada *centerbulb*. Hasilnya, nilai hambatan total kapal bertambah pada $F_n 0,15$ sampai dengan $F_n 0,30$, dan mengurangi hambatan total pada kecepatan tertinggi dengan $F_n = 0,35$ yaitu sebesar 1% sampai 20% pada keseluruhan model. Model terbaik terdapat pada model 11 dengan jumlah *fin* 6 dan ukuran lebar *fin* 0,13m yaitu pada $F_n = 0,35$ dapat mengurangi hambatan total sebesar 20%.

Kata Kunci : hambatan, katamaran, *centerbulb*, *fin*, CFD.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Hampir seluruh kapal ikan di Indonesia menggunakan kapal berlambung tunggal (*mono hull*), dengan meningkatnya aktifitas penangkapan ikan di daerah pesisir maka diperlukan desain kapal yang lebih baik. Usaha yang telah dilakukan adalah merubah lambung kapal dari *mono hull* menjadi *multi hull* guna mendapatkan kapasitas *payload* yang lebih besar dan *main deck* yang lebih luas, namun usaha ini juga menambah hambatan kapal hingga 284,54 %.^[1]

Berbagai usaha dilakukan untuk mengurangi hambatan kapal yang begitu besar tersebut, yaitu dengan merubah bentuk lambung katamaran dengan pendekatan *Lattice Boltzmann Method* (LBM). Hasilnya, hambatan total mampu

dikurangi hingga 4,12% dari hambatan kapal asli.^[2]

Kajian Danisman, dalam penelitiannya melakukan penambahan *centerbulb* yang diintegrasikan ke katamaran dalam rangka menciptakan interferensi gelombang sekunder yang menguntungkan untuk mengurangi hambatan interferensi gelombang yang tidak menguntungkan antara *demi-hull*. Pada penelitian ini penulis menyimpulkan penambahan *centerbulb* dapat mengurangi hambatan gelombang sebesar 15% pada studi numerik dan 13% pada studi eksperimental dan pengurangan 5% dalam *full scale effective power* di kecepatan sesuai $Fr = 0,6$.^[3]

Berdasarkan kajian yang dilakukan oleh Danisman^[3] kemudian diaplikasikanlah *centerbulb* pada kapal katamaran MV, Laganbar

oleh Grafian^[4] dan kemudian oleh Asep^[5] dilakukan variasi letak *centerbulb* serta penambahan *bulbous bow*. Hasil penelitian menyebutkan nilai hambatan total kapal terletak pada konfigurasi model 11 dengan $F_n = 0,47$ yaitu 3,45 kN yang mampu mengurangi hambatan total kapal sebesar 29,33%.^[5] Himpunan gelombang yang terbentuk oleh lambung kapal merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi hambatan kapal katamaran.^[6]

Dari permasalahan hambatan ini, munculah ide untuk melakukan percobaan variasi penambahan *fin* pada *centerbulb* untuk mengurangi hambatan kapal. Penelitian ini akan dilakukan analisa perhitungan hambatan pada kapal katamaran setelah dilakukan variasi penambahan *fin*, sehingga didapatkan analisa yang pasti tentang hambatan pada kapal katamaran.

1.2 Perumusan Masalah

Dengan memperhatikan pokok permasalahan yang terdapat pada latar belakang di atas, maka permasalahan yang akan diteliti adalah:

1. Bagaimana hambatan total kapal katamaran sesudah penambahan *fin* pada *centerbulb*?
2. Bagaimana jumlah dan lebar *fin* pada *centerbulb* yang optimal untuk menghasilkan hambatan paling rendah?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah digunakan sebagai arahan serta acuan dalam penulisan tugas akhir sehingga sesuai dengan permasalahan serta tujuan yang diharapkan. Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini, permasalahan akan dibatasi sebagai berikut :

1. Tipe *centerbulb* yang digunakan berbentuk oval.
2. Perhitungan hambatan dengan variasi jumlah dan lebar *fin* pada *centerbulb*.
3. Perhitungan hambatan total adalah akibat dari fluida air dan tidak ada perhitungan hambatan udara dan angin.
4. Fokus pada kapal katamaran lambung simetris.
5. Tidak ada pengujian *towing tank*.
6. Diasumsikan kapal pada kondisi *evenkeel*.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang di atas maka maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan nilai hambatan total kapal katamaran sesudah penambahan *fin* pada *centerbulb*.

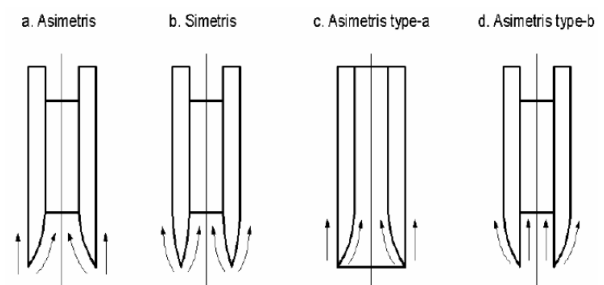
2. Mendapatkan jumlah dan lebar *fin* pada *centerbulb* yang optimal dengan hambatan paling rendah.

2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kapal Katamaran

Katamaran adalah tipe kapal yang memiliki dua buah lambung (*demihulls*) yang dihubungkan oleh suatu konstruksi sehingga menjadi sebuah kesatuan sebagai satu kapal. Struktur bridging ini merupakan sebuah kelebihan kapal katamaran karena menambah tinggi lambung timbul (*freeboard*) sehingga kemungkinan terjadinya *deck wetness* dapat dikurangi. Katamaran mempunyai garis air lambung yang sangat ramping dengan tujuan untuk memperoleh hambatan yang rendah. Garis air yang ramping ini menyebabkan katamaran sensitif terhadap perubahan distribusi berat.^[6]

Berikut susunan lambung kapal katamaran berdasarkan aliran fluida yang melewati badan kapal:



Gambar 2.1 Jenis Lambung Katamaran

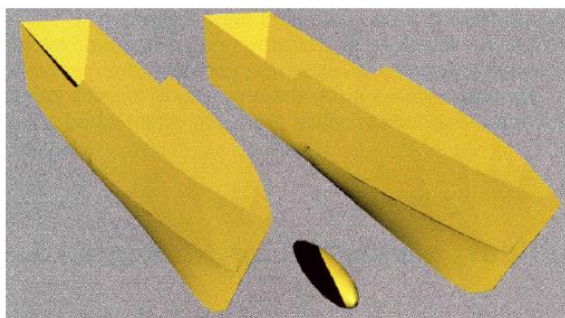
Katamaran diteliti dan dikembangkan karena memiliki kelebihan dari kapal *monohull* yakni^[7]:

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

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

2.2 Centerbulb pada Kapal Katamaran

Centerbulb merupakan salah satu *oufit* kapal katamaran yang diinstal terintegrasi pada bagian bawah lambung kapal tepatnya pada bagian antara *demi-hull* lambung kapal katamaran. *Centerbulb* berguna dalam hal dinamika bertujuan untuk mengurangi hambatan gelombang yang terjadi di *demi-hull* kapal katamaran. [3]



Gambar 2.2 Kapal Katamaran yang Dipasangi *Centerbulb*

2.3 Fin pada Centerbulb

Sepasang *fin* berbentuk pipih memanjang yang diaplikasikan pada *centerbulb* memiliki pengaruh pada hambatan dan *vertical motion* pada kapal katamaran tersebut. Hasil penelitian menunjukkan nilai *heave motion* dan *pitch motion* lebih baik pada semua variasi kecepatan yang dilakukan dalam pengujian serta nilai koefisien hambatan sisa yang lebih kecil dibandingkan tanpa pengaplikasian *fin* pada *centerbulb*. [8]



Gambar 2.3 Pengaplikasian *Fin* pada *Centerbulb*

2.4 Hambatan Kapal

Kapal yang bergerak maju diatas gelombang akan mengalami suatu perlawanan yang disebut hambatan. Berdasarkan pada proses

fisiknya bahwa hambatan pada kapal yang bergerak di permukaan air terdiri dari dua komponen utama yaitu tegangan normal (*normal stress*) dan tegangan geser (*tangential stress*). Tegangan normal berkaitan dengan hambatan gelombang (*wave making*) dan tegangan viskos. Sedangkan tegangan geser disebabkan oleh adanya viskositas fluida^[11]. Kemudian Hambatan disederhanakan lagi dengan komponen hambatan dalam dua kelompok utama yaitu hambatan viskos (*viscous resistance*) dan hambatan gelombang (*wave resistance*)^[9].

2.5 Computational Fluid Dynamic (CFD)

Computational Fluid Dynamics (CFD) merupakan salah satu cabang dari mekanika fluida yang menggunakan metode numerik dan algoritma untuk menyelesaikan dan menganalisa permasalahan yang berhubungan dengan aliran fluida. Tujuan dari CFD adalah untuk memprediksi secara akurat tentang aliran fluida, perpindahan panas, dan reaksi kimia dalam sistem yang kompleks yang melibatkan satu atau semua fenomena di atas. *Computational Fluid Dynamics* terdiri dari tiga elemen utama yaitu:

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

Computational fluid dynamic tidak sepenuhnya dapat menggantikan pengukuran secara eksperimen, tetapi jumlah dan biaya eksperimen yang dilakukan dapat berkurang. Terdapat tiga hal yang merupakan alasan kuat dalam penggunaan CFD, yakni: *insight*, *foresight*, dan *efficiency*.

- *Insight* – pemahaman mendalam
- *Foresight* – prediksi menyeluruh
- *Efficiency* – efisiensi waktu dan biaya

3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Materi Penelitian

1. Data Primer

Pada penelitian ini akan dipakai kapal yang didapat dari hasil survey lapangan pada salah satu kapal catamaran nelayan tradisional di Cilacap, yaitu MV. Laganbar. Berikut data ukuran utama kapal :

Tabel 3.1 Data Ukuran Utama Kapal

Data Ukuran Utama Kapal	
<i>Length of Waterline</i> (LWL)	8,90 m
<i>Draft</i> (T)	0,50 m
<i>Height</i> (H)	0,80 m
<i>Beam Hull</i> (B)	1,10 m
<i>Beam Over All</i> (BOA)	3,40 m

2. Data Sekunder

Data sekunder diperoleh dari literatur (jurnal dan data yang didapat pada penelitian sebelumnya). Spesifikasi *Centerbulb*^[4] :

- a (m) : 0,50
- b (m) : 0,26
- c (m) : 0,12

- Ukuran *fin* yang digunakan untuk panjang yaitu 70% dari panjang *centerbulb*, kemudian tebal *fin* yang digunakan yaitu 1 cm.
- Variasi ada pada lebar *fin* serta jumlah *fin centerbulb* seperti tabel di bawah ini:

Tabel 3.2 Data Variasi *Fin Centerbulb*

No Model	Jumlah Fin	Ukuran Lebar Fin
1	2	25%
2	3	25%
3	4	25%
4	5	25%
5	6	25%
6	7	25%
7	2	50%
8	3	50%
9	4	50%
10	5	50%
11	6	50%
12	7	50%

3.2 Metodologi

Pada saat perhitungan pada *software* CFD model kapal diskala pada ukuran tertentu agar memudahkan pekerjaan. Skala model yang digunakan pada proses simulasi *CFD* adalah 1:10. Adapun perbandingan ukuran utama skala penuh dan model terdapat pada tabel 3.2. Gambar kapal *catamaran* terdapat pada Gambar 3.1 berikut :



Gambar 3.1 Kapal *Catamaran* M.V. Laganbar

Skala *principal dimension* tidak berlaku untuk semua besaran. Untuk mengitung besaran yang lain maka kita menggunakan rumus perbandingan factor skala berdasarkan hukum

Froude yaitu *Geometric*, *Kinematic* dan *Dynamic*. Berikut factor skala masing-masing besaran :

Tabel 3.3 Faktor Skala Besaran

No.	Kuantitas	Symbol		Faktor Skala
		Model	Prototype	
A Geometrik				
1	Panjang	L_m	l_p	$(l_p/l_m) = n$
2	Luasan	A_m	A_p	$(A_p/A_m) = n^2$
3	Volume	V_m	V_p	$(V_p/V_m) = n^3$
B Kinematic				
1	Kecepatan	v_m	v_p	$(v_p/v_m) = n^{0,5}$
C Dynamic				
1	Massa	M_m	M_p	$(M_p/M_m) = n^3$
2	Gaya	F_m	F_p	$(F_p/F_m) = n^3$

Tabel 3.4 Perbandingan ukuran utama kapal *Catamaran S/L 0,2*

Dimensi	Skala Penuh	Model Kapal
Lwl	8,90 m	0,89 m
B <i>demihull</i>	1,10 m	0,110 m
BOA	3,40 m	0,34 m
T	0,5 m	0,05 m

Perhitungan empiris yang digunakan didasarkan pada formula yang terkandung pada formula Jamaludin^[10] yang merupakan modifikasi dari formula Molland^[11]. Metode ini digunakan untuk menghitung hambatan *Viscous* dari *catamaran* dan interferensi gelombang. Formula yang digunakan untuk menghitung komponen hambatan. Komponen hambatan kapal katamaran nyatakan dengan persamaan (5) :

$$C_{TCAT} = (1 + \beta k) C_F + \tau C_W \quad (5)$$

Formula empiris untuk menghitung $(1+k)$ dan $(1+\beta k)$ ditunjukkan pada persamaan (5) dan (6). Formula empiris untuk menghitung (τ) ditunjukkan pada persamaan (7)-(12) yang merupakan persamaan yang diberikan oleh formula Jamaludin^[10] :

$$(1 + \beta k) = 3.03 (L/V^{1/3})^{-0.40} + 0.016 (S/L)^{-0.65} \quad (6)$$

$$\tau = 0.068 (S/L)^{-1.38}, \text{ (pada Fr = 0.19)} \quad (7)$$

$$\tau = 0.359 (S/L)^{-0.87}, \text{ (pada Fr = 0.28)} \quad (8)$$

$$\tau = 0.574 (S/L)^{-0.33}, \text{ (pada Fr = 0.37)} \quad (9)$$

$$\tau = 0.790 (S/L)^{-0.14}, \text{ (pada Fr = 0.47)} \quad (10)$$

$$\tau = 0.504 (S/L)^{-0.31}, \text{ (pada Fr = 0.56)} \quad (11)$$

$$\tau = 0.501 (S/L)^{-0.18}, \text{ (pada } Fr = 0.65) \quad (12)$$

3.3 Parameter Penelitian

Penelitian ini difokuskan pada efek yang ditimbulkan oleh penambahan *fin* pada *centerbulb* terhadap hambatan kapal. Penelitian ini disimulasikan untuk memperoleh nilai hambatan total yang optimum atau terkecil.

Parameter yang dipakai adalah sebagai berikut :

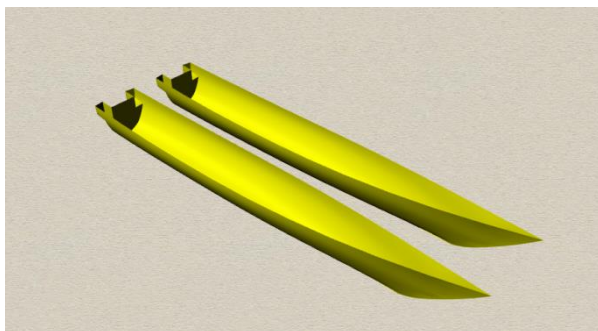
- Parameter Tetap :
 - a. Dimensi properties dari lambung kapal antara lain :
 1. *Length perpendicular* (LPP) (m)
 2. *Breadth* (B) (m)
 3. *Draft* (T) (m)
 - b. Spesifikasi *Centerbulb*
- Parameter Pengubah :
 - a. Kecepatan kapal dengan *Fraude Number* (Fn) : 0,15 ; 0,20 ; 0,25 ; 0,30 ; 0,35
 - b. Jumlah *fin centerbulb* : 2,3,4,5,6,7
 - c. Lebar *fin centerbulb* : 25% dan 50% dari diameter terlebar *centerbulb*, yaitu 0,065 m dan 0,13 m.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengolahan Data

4.1.1 Desain Model Badan Kapal

Dari data pada metodologi dibuat pemodelan badan kapal dengan bantuan software Rhinoceros 5.0 :

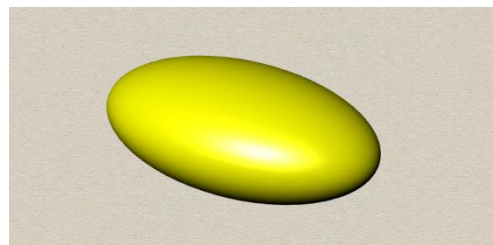


Gambar 4.1 Pemodelan Kapal Original dengan Rhinoceros 5.0

Hasil pemodelan terlebih dahulu di skala 1 : 10 lalu di ekspor kedalam bentuk *file .iges* kemudian dibuka di *software* CFD Tdyn 12.2.3.0.

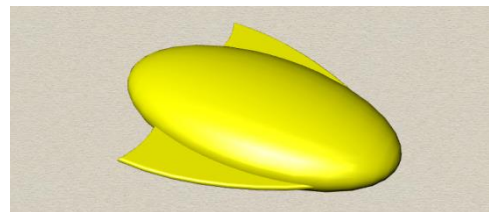
4.1.2 Desain Model *Centerbulb*

Setelah mendapatkan ukuran utama *centerbulb*, kita dapat membuat modelnya menggunakan *software Rhinoceros 5.0* untuk mendapatkan gambar 3D.



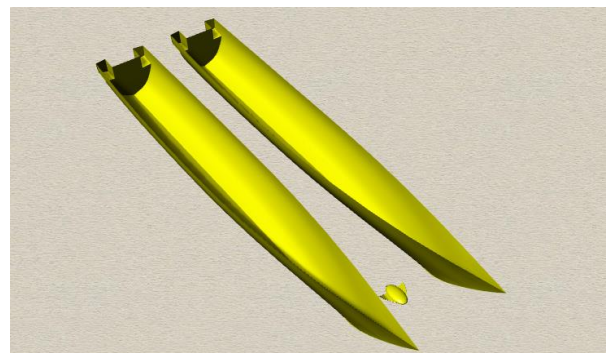
Gambar 4.2 Pembuatan *Centerbulb* Software Rhinoceros 5.0

Kemudian *centerbulb* tersebut dipasang *fin* pada badan *centerbulb*, untuk panjang yang digunakan yaitu 70% dari panjang *centerbulb* dan tebalnya 1 cm.



Gambar 4.3 Pembuatan *Fin* pada *Centerbulb* Software Rhinoceros 5.0

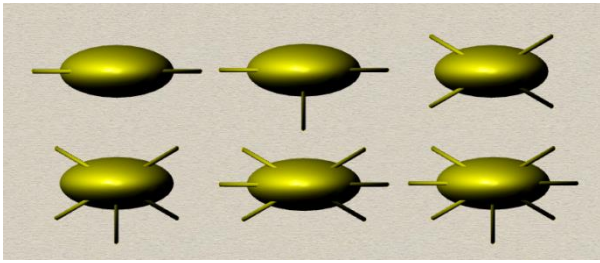
Setelah itu *Centerbulb* yang telah jadi bisa diintegrasikan dengan kapal yang telah dibuat di *software Rhinoceros 5.0*.



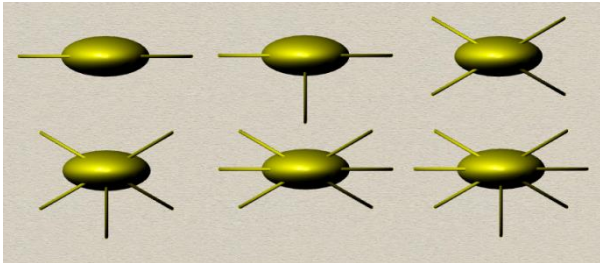
Gambar 4.4 Integrasi Desain Kapal dan *Fin Centerbulb*

4.1.3 Variasi Jumlah dan Lebar *Fin Centerbulb*

Variasi jumlah *fin* ada dalam 6 jumlah *fin* dimulai dari 2,3,4,5,6, dan 7 yang dipasang memanjang pada badan *centerbulb*. Selain itu dilakukan juga dua variasi ukuran lebar *fin centerbulb*, yaitu 25% dan 50% dari diameter terlebar *centerbulb* yaitu 0,065 m dan 0,13 m. Maka variasi dari jumlah dan lebar *fin centerbulb* seluruhnya sebanyak 12 model.



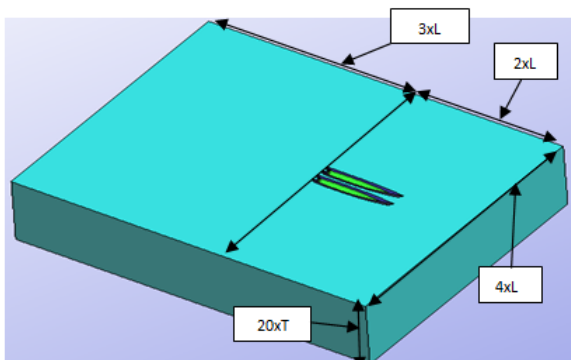
Gambar 4.5 Variasi Jumlah dan Lebar *Fin* 0,065m (Model 1,2,3,4,5,6)



Gambar 4.6 Variasi Jumlah dan Lebar *Fin* 0,13 m (Model 7,8,9,10,11,12)

4.2 Simulasi *Computational Fluid Dynamics*

Software CFD yang digunakan adalah *Tdyn* versi 12.2.3.0. Proses simulasi numerik pada *Computational Fluid Dynamic* dimulai dari pembuatan model badan kapal dalam bentuk *file .Iges* yang berasal dari *file export* program *Rhinoceros 5.0*. Kemudian tahap selanjutnya adalah pembuatan *boundary layer* dengan ukuran pada sumbu x pada bagian belakang kapal berukuran 3xL dan di depan kapal berukuran 2xL. Untuk sumbu y berukuran 2xL pada *Starboard* dan *Portside*. Sedang sumbu z berukuran 20 x sarat kapal.



Gambar 4.7 *Boundary Layer* dan Model Kapal

Pada dasarnya sama dengan jenis *software* lain yang berbasis *Computational Fluid Dynamic*. Tahap analisisnya secara umum dibagi menjadi 3 yaitu :

- a. *Pre-processor*
- b. *Solver Manager*
- c. *Post-processor*

4.2.1 Tahap *Pre-processor*

Tahap Preprocessor pada *software Tdyn 12.2.3.0* ini dibagi menjadi 4 tahap yaitu *Materials and Properties*, *Initial Condition Data*, *Modules data* dan *Meshing data*.

1. *Materials and Properties*

Pada tahap ini kita harus mengisi criteria fluida yang akan dianalisis. Sebelum mengatur criteria fluida, sebelumnya kita harus membuat volume di sekitar *boundary layer* sebagai fluida. Kemudian atur fluida berdasar batasan masalah yaitu kondisi air tenang, *steady state*, dan dekomresi, maka kita mengisi massa jenis air 1025 kg/m³ dan kekentalan jenis 0,001025 kg/m.s.

2. *Initial Condition Data*

Pada tahap ini kita harus mengatur domain daerah *boundary layer*. Tahap-tahapnya antara lain :

- pengaturan *freesurface* diatur berada pada daerah permukaan air. Kemudian atur *time integration* dengan *Adam Basforth 2* dan atur panjang kapal.
- pengaturan *wall*, *inlet* dan *bottom surface* pada menu *fluid flow* dan sub menu *velocity field*.
- pengaturan outlet pada submenu pada menu *fluid flow* dan sub menu *pressure field*.
- pengaturan badan kapal pada menu *fluid flow* dan sub menu *wall/bodies*.
- pengaturan kecepatan kapal pada menu *initial and condition data* dan submenu *initial and field data*. Input besarnya kecepatan pada sumbu x.

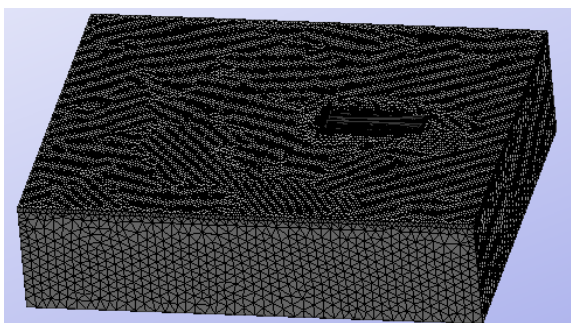
3. *Modules Data*

Pada tahap ini kita akan mengatur jenis aliran fluida dengan mengatur pada menu *fluid flow* dan submenu *turbulence*, atur model *turbulence K_Omega_SST*.

4. *Meshing Data*

Setelah pengaturan *boundary layer* dan fluida selesai kemudian dilanjutkan dengan *meshing* komponen. Tahapnya yaitu, pilih menu *mesh* pada menu bar, pilih unstructured pilih *surface* seluruh komponen layer. Kemudian akan muncul ukuran mesh yang ingin kita gunakan. Ukuran yang digunakan yaitu 0,01 untuk daerah kapal dibawah air, 0,05 untuk *freesurface*, 0,1

untuk seluruh komponen sisa kecuali *Centerbulb* 0,005.



Gambar 4.8 Meshing Boundary

4.2.2 Solver Manager

Tahap *Solver Manager* ini dapat dilakukan setelah tahap *Pre Processor* selesai dilakukan. Dalam tahap ini proses perhitungan (running dilakukan berupa iterasi dari persamaan dasar dinamika fluida pada CFD. Setupnya pada menu *Fluids Dynamic Data > analysis* kemudian diisi iterasi sebanyak sebanyak 600 untuk semua *Fn*, dan initial stepsnya 50. Kemudian untuk hasilnya *Fluids Dynamic Data > result* atur output step ke 50 dan result file pada *Binary 1*.

4.2.3 Post Processor

Setelah proses *running* atau simulasi selesai maka hasilnya dapat kita lihat di *window traditional post* pada menu *post proses*. Pada tugas akhir ini hasil yang diinginkan berupa nilai hambatan kapal (*force*). Pada window ini juga bisa melihat model dan visualisasi aliran berupa 2 dimensi ataupun 3 dimensi, serta dapat menampilkan data *table* maupun *analysis frame* untuk melihat pergerakan fluida.

4.3 Validasi Hambatan Kapal Tanpa Variasi *Fin Centerbulb*

Analisa hambatan menggunakan skala perbandingan antara model dan *prototype* yaitu 1:10. Perhitungan hambatan kapal *Catamaran* menggunakan Molland. Hambatan dihitung pada saat kecepatan dengan Froude (*Fn*) = 0,10; 0,15; 0,20; 0,25; 0,30. Sehingga didapat variasi kecepatannya yaitu 1,40 m/s, 1,87 m/s, 2,33 m/s, 2,80 m/s 3,27 m/s. Untuk kecepatan model dengan skala 1:10 didapat kecepatan (*v*) = 0,44 m/s, 0,59 m/s, 0,74 m/s, 0,86 m/s 1,04 m/s. Untuk menghitung *Ct Catamaran*. Persamaan empiris untuk menghitung hambatan total adalah :

$$RT = \frac{1}{2} \cdot WSA \cdot v^2 \cdot \rho \cdot Ct \quad (1)$$

Rt = Hambatan Total (N)

WSA = *Watted Surface Area* (m²)

V = Kecepatan (m/s)

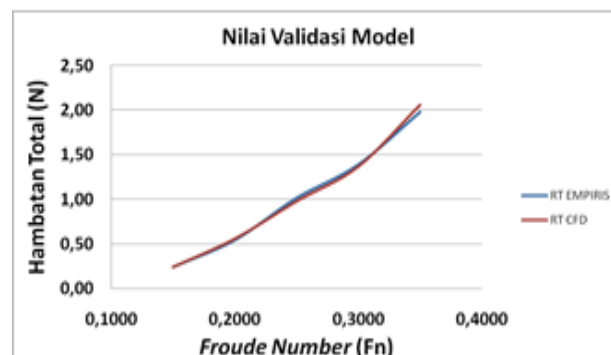
ρ = Massa Jenis Air Laut (1025 kg/m³)

Ct = Koefesien Hambatan Total

Kemudian perhitungan Hambatan menggunakan persamaan empiris sebelumnya dibandingkan dengan hasil *running* dari *Tdyn*. Hasilnya sebagai berikut :

Tabel 4.1. Validasi dengan Rumus Empiris

<i>Fn</i>	<i>v</i> (m/s)	RT Empiris (N)	RT Simulasi CFD (N)	Error (%)
0,15	0,44	0,24	0,24	-0,75%
0,20	0,59	0,54	0,56	2,35%
0,25	0,74	1,01	0,98	-3,22%
0,30	0,86	1,39	1,37	-1,34%
0,35	1,04	1,98	2,06	4,12%



Gambar 4.9 Grafik Nilai Validasi Model

Validasi ini digunakan untuk pengaturan konvergensi ukuran *meshing* yang sesuai. Sehingga ukuran 0,01 untuk daerah kapal bawah air, 0,05 untuk *freesurface*, 0,1 untuk seluruh komponen sisa kecuali *Centerbulb* 0,005 bisa digunakan.

4.4 Analisa Hambatan Kapal dengan Variasi *Fin Centerbulb*

Dalam simulasi numerik pada *Computational Fluid Dynamic Tdyn 12.2.3.0* ini nilai hambatan dapat dilihat setelah melakukan *running data* pada menu "*Force on Boundaries*". Simulasi fluida untuk *Froude Number* (*Fn*) 0,15, 0,20, 0,25, 0,30 dan 0,35. Berikut hasil simulasi analisa hambatan :

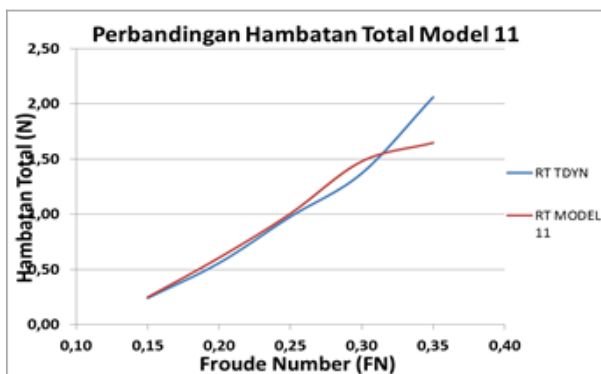
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Hambatan

Model	RT - Fn (N)	RT- Fn (N)	RT- Fn (N)	RT- Fn (N)	RT- Fn (N)
asli	0,24	0,56	0,98	1,37	2,06
1	0,25	0,60	1,01	1,4659	1,91
2	0,22	0,59	1,07	1,60	2,06
3	0,24	0,70	1,16	1,65	1,97
4	0,23	0,59	1,00	1,49	1,94
5	0,19	0,68	1,14	1,62	1,66
6	0,22	0,60	1,01	1,45	1,98
7	0,22	0,57	1,02	1,50	1,85
8	0,22	0,56	1,01	1,50	2,04
9	0,21	0,61	1,00	1,47	1,93
10	0,23	0,57	0,99	1,45	1,89
11	0,25	0,60	1,00	1,48	1,65
12	0,25	0,61	0,99	1,42	1,93

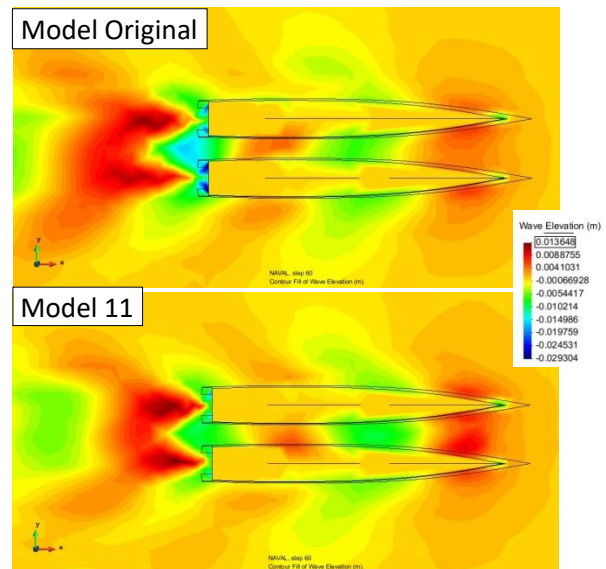
Dari Tabel 4.2 diperoleh nilai hambatan total dari seluruh konfigurasi model. Konfigurasi model masih menambah hambatan total model original pada kecepatan Fn 0,15 sampai Fn 0,30, tetapi mengurangi pada Fn 0,35. Hambatan terkecil terdapat pada konfigurasi model 11.

Tabel 4.3 Perbandingan Hambatan

Fn	v (m/s)	RT original	RT model 11	Selisih
0,15	0,44	0,24	0,25	3%
0,20	0,59	0,56	0,60	8%
0,25	0,74	0,98	1,00	3%
0,30	0,86	1,37	1,48	8%
0,35	1,04	2,06	1,65	-20%



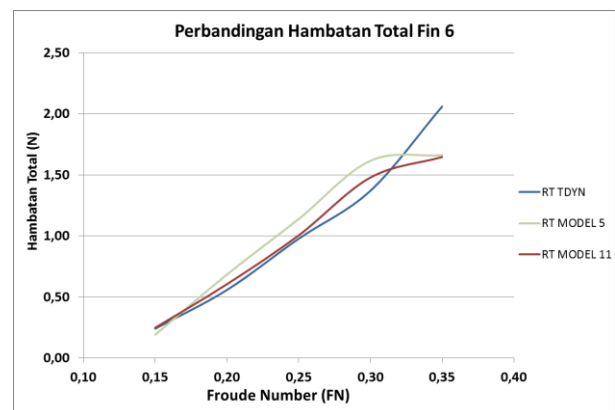
Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Hambatan Total Model 10



Gambar 4.10 Perbandingan *Contour Model* Original dan Model 11

4.5. Analisa Ukuran *Fin Centerbulb*

Jika dilihat dari jumlah fin yang dipakai dalam penelitian ini, *centerbulb* dengan jumlah fin 6 (model 5 dan model 11) adalah yang paling optimal mengurangi hambatan, berikut adalah perbandingan hambatan *fin centerbulb* jika dilihat dari ukuran *fin centerbulb* yang digunakan:



Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Koefisien Hambatan dari *Fin* Ukuran 0,065 m dan 0,13 m

Dari gambar 4.11 diketahui bahwa model 11 yang menggunakan ukuran lebar *fin* 0,13 m lebih baik dibanding model 5 yang menggunakan ukuran lebar *fin* 0,065 m dalam hal mengurangi hambatan kapal, hal ini menunjukkan bahwa ukuran *fin centerbulb* yang paling optimal mengurangi hambatan kapal adalah fin dengan ukuran 0,13 m.

5 PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan percobaan dan simulasi yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Nilai hambatan yang didapat dari kapal *Catamaran* pada model original adalah 0,24 N untuk $F_n = 0,15$; 0,56 N untuk $F_n = 0,20$; 0,98 N untuk $F_n = 0,25$; 1,37 N untuk $F_n = 0,30$ dan 2,06 N untuk $F_n = 0,35$. Penambahan *Fin Centerbulb* mengurangi hambatan pada $F_n 0,35$ sebesar 1% hingga 20% pada seluruh konfigurasi model.
2. Model 11 memiliki hambatan terkecil dibanding keseluruhan model, mampu mengurangi hambatan total sebesar 20% yaitu 1,65 N pada $F_n 0,35$ dibanding model original pada kecepatan yang sama. Dari model 11 diketahui jumlah *fin centerbulb* yang paling optimal mengurangi hambatan adalah *centerbulb* dengan jumlah fin 6, dan ukuran *fin centerbulb* yang paling optimal mengurangi hambatan adalah fin dengan ukuran 0,13 m.

5.2. Saran

1. Akan lebih baik jika penelitian ini dilanjutkan dengan menganalisa olah gerak kapal, karena penambahan *fin* pada *centerbulb* juga berpengaruh pada nilai *heave* dan *pitch motion* kapal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] 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.
- [2] Amriardi, Ulil. 2015. Analisa Hambatan Kapal Ikan Tradisional Catamaran di Perairan Cilacap Karena Perubahan Bentuk Lambung Dengan Pendekatan *Lattice Boltzmann Method (LBM)*. Skripsi Sarjana FT UNDIP Semarang :Vol.3,No.3, Juli 2015.
- [3] D. B. Danişman, "Reduction of demi-hull wave interference resistance in fast displacement catamarans utilizing an optimized centerbulb concept," *Ocean Eng.*, vol. 91, pp. 227–234, 2014.
- [4] Adib, Grafian. 2015. *Analisa Penambahan Centerbulb terhadap Hambatan Total Kapal Catamaran menggunakan Software Berbasis CFD*. Skripsi Sarjana FT UNDIP Semarang :tidakditerbitkan.
- [5] Kurniawan, Asep 2016. *Analisa Peningkatan Performa Hambatan Kapal Katamaran MV. Laganbar Menggunakan Centerbulb dan Bulbous Bow Dengan Metode Computational Fluid Dynamic (CFD)*. Skripsi Sarjana FT UNDIP Semarang :tidakditerbitkan.
- [6] Ludi dan Ketut. 2012. *Perhitungan Wave Making Resistance pada Kapal Katamaran dengan Menggunakan CFD*. Jurnal Teknik ITS Vol. 1, No. 1 Fakultas Teknologi Kelautan – Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [7] Sobirin, Yusup. 2013. *Analisa Pengaruh Variasi Bentuk Hull Terhadap Hambatan Total Kapal Catamaran untuk Penyeberangan di Kepulauan Seribu Dengan CFD*. Skripsi Sarjana pada FT UNDIP Semarang :tidakditerbitkan.
- [8] Zotti, I. 2007. *Medium Speed Catamaran With Large Central Bulbs: Experimental Investigation on Resistance and Vertical Motions*. In *Proceedings of ICMRT'07*, 167–74. Ischia, Naples, Italy.
- [9] Molland, A.F. 2008. *A Guide to Ship Design, Construction and Operation*. Butterworth - Heinemann : Elsevier.
- [10] 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
- [11] Couser, P R, Molland, A F, Armstrong N and Utama, I K A P. 1997. *Calm Water Powering Predictions for High Speed Catamarans*. Procs.Of International Conference on Fast Sea Transportation, FAST 1997, Sydney, 21-23 July.
- [12] Molland, A.F., Wellicome, J.F., Couser, P.R. 1996. *Resistance Experiments on a Systematic Series of High-Speed Displacement Catamaran Forms : Variations of Length-Displacement Ratio and Breadth-Draugh Ratio*. Transaction RINA, 138A.