



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Analisa Pengaruh Variasi Posisi *Centerbulb* Berbentuk Foil Terhadap Hambatan Kapal Katamaran MV. Laganbar Menggunakan Metode *Computational Fluid Dynamic (CFD)*

Achmad Kurniawan Zakaria¹⁾, Parlindungan Manik¹⁾, Muhammad Iqbal¹⁾
¹⁾Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Email: achkurniawan99@yahoo.com

Abstrak

Secara teoritis, stabilitas kapal katamaran lebih baik, tetapi 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 *centerbulb* berbentuk foil pada kapal katamaran. *Centerbulb* berfungsi mengurangi hambatan gelombang yang terjadi pada lambung kapal katamaran. Analisa perhitungan hambatan total kapal katamaran dihitung menggunakan *software* CFD yaitu *Tdyn 12.2.3.0* dan menggunakan variasi kecepatan ($F_n = 0,15$; $F_n = 0,20$; $F_n = 0,25$; $F_n = 0,30$; $F_n = 0,35$), dan posisi *centerbulb*. Hasilnya, nilai hambatan total kapal pada $F_n = 0,35$ model original sebesar 2,06 N berkurang menjadi 1,37 N atau sebesar 34% pada konfigurasi model 6 atau posisi tengah secara memanjang kapal dan atas secara sarat kapal.

Kata Kunci: Hambatan, Katamaran, *Centerbulb*, Foil, CFD.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia adalah Negara yang dikenal sebagai Negara Maritim. Luas wilayah Indonesia 2/3 merupakan wilayah lautan. Potensi kelautan di Indonesia yang sangat besar tersebut kurang dimanfaatkan dengan baik. Masih banyaknya nelayan yang menggunakan kapal bertipe *monohull* pada kelas nelayan tradisional menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi tidak maksimalnya produksi kelautan.

Dengan permasalahan tersebut dilakukanlah penelitian analisa hambatan kapal bertipe *monohull* yang divariasikan menjadi *catamaran* dengan tujuan untuk memperoleh kapal dengan stabilitas yang nyaman dan aman, area geladak yang lebih luas, serta *displacement* 2 kali lebih besar. Tetapi hasilnya hambatan kapal meningkat hingga 4 kali lipat^[1].

Adapun beberapa kajian yang dilakukan untuk mengurangi hambatan adalah sebagai berikut :

- Kajian Ulil Amriardi, dalam penelitiannya menyimpulkan dengan cara merubah bentuk lambung kapal katamaran menggunakan pendekatan *Lattice Boltzmann Method (LBM)* dapat mengurangi hambatan sebesar 4,12% dari hambatan total model original^[2].
- Kajian Grafian, dalam penelitiannya menyebutkan penambahan *centerbulb* dapat mengurangi hambatan sebesar 5 – 25 % dengan posisi *centerbulb* berada di depan^[3].
- Kajian Asep Kurniawan, menunjukkan bahwa penambahan *centerbulb* berbentuk oval dan *bulbous bow* dapat mengurangi hambatan total kapal sebesar 29,33% dari hambatan total model original^[4].

Berdasarkan hal tersebut di atas, maka pada penelitian ini akan dilakukan analisa perhitungan hambatan pada kapal katamaran setelah penambahan *centerbulb* berbentuk foil, serta posisi *centerbulb*, sehingga mendapatkan 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 ditambahkan *centerbulb* berbentuk foil ?
2. Bagaimana posisi *centerbulb* terhadap memanjang kapal dan terhadap sarat kapal yang menghasilkan hambatan 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. Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini, permasalahan akan dibatasi sebagai berikut :

1. Tipe *centerbulb* yang digunakan berbentuk foil.
2. Perhitungan hambatan total adalah akibat dari fluida air dan tidak ada perhitungan hambatan udara dan angin.
3. Fokus pada kapal katamaran lambung simetris.
4. Tidak dilakukan pengujian *towin tank*.
5. Diasumsikan kapal pada kondisi *evenkeel*.

1.4. Tujuan Masalah

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

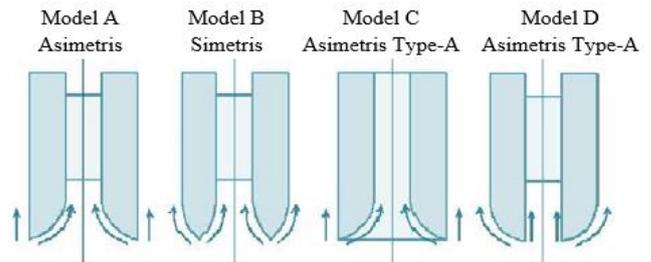
1. Mendapatkan nilai hambatan total kapal katamaran sesudah ditambahkan *centerbulb* berbentuk foil.
2. Mendapatkan posisi *centerbulb* paling optimal terhadap hambatan yang paling rendah.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kapal Catamaran

Katamaran merupakan kapal yang memiliki lambung ganda yang dihubungkan dengan struktur bridging. Bentuk lambung kapal dari katamaran mirip dengan *mono hull* tetapi memiliki garis air yang lebih ramping sehingga tahanan yang dialami lebih kecil. Kelebihan katamaran dari pada *mono hull* selain memiliki tahanan yang lebih kecil yaitu memiliki stabilitas yang lebih baik^[5]. Kedua lambung katamaran didesain sedemikian rupa menurut aliran fluida yang melewati *tunnel*-nya. Susunan lambung itu terbagi menjadi simetris dan asimetris. Berikut

bentuk improvisasi aliran air yang melewati badan kapal :



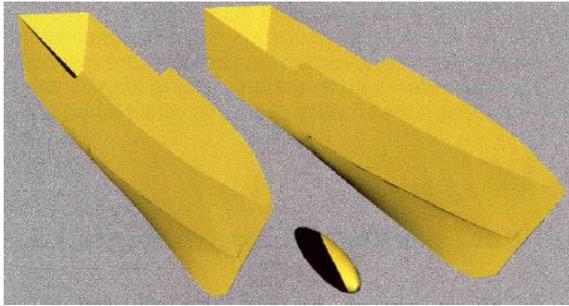
Gambar 2.1 Jenis Lambung Katamaran

Katamaran diteliti dan dikembangkan karena memiliki kelebihan dari kapal *monohull* yakni ^[6]:

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

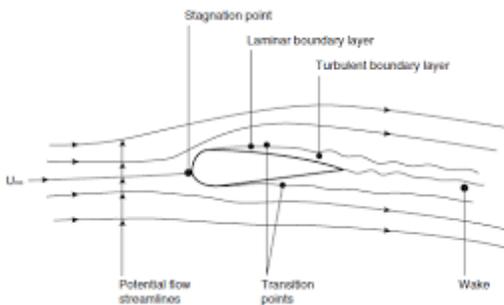
Centerbulb merupakan salah satu *outfit* kapal *catamaran* yang diinstal terintegrasi pada bagian bawah lambung kapal tepatnya pada bagian antara *demihull* lambung kapal *catamaran*. *Centerbulb* berguna dalam hal dinamika bertujuan untuk mengurangi hambatan gelombang yang terjadi di *demihull* kapal *catamaran*^[7].



Gambar 2.2 Kapal Katamaran yang Dipasangi *Centerbulb*

2.3 Foil

Foil adalah bentuk yang dapat menghasilkan gaya angkat besar dengan hambatan sekecil mungkin. Bentuk *foil* bertujuan untuk mengurangi aliran turbulen yang terjadi di belakang, yang dapat memperbesar hambatan kapal.



Gambar 2.3 Aliran Fluida Melewati Foil

2.4 Hambatan Kapal

Kapal yang bergerak di media air dengan kecepatan tertentu, akan mengalami gaya hambat (tahanan atau *resistance*) yang berlawanan dengan arah gerak kapal tersebut. Besarnya hambatan kapal sangat dipengaruhi oleh kecepatan gerak kapal (V_s), berat air yang dipindahkan oleh badan kapal yang tercelup dalam air (*displacement*), dan bentuk badan kapal (*hull form*).

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^[8]. 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 menggunakan 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)	0,80m
<i>Beam Hull</i> (B)	1,10 m
<i>Beam Over All</i> (BOA)	3,10 m

2. Data Sekunder

Data sekunder diperoleh dari literatur (jurnal dan data yang didapat pada penelitian sebelumnya). Spesifikasi *Centerbulb* (Grafian Adib, 2015) :

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

- Sedangkan panjang *centerbulb* yang digunakan pada penelitian ini adalah 0,5m. Sedangkan tinggi dan lebar menggunakan rasio maksimal *thickness* pada NACA *Airfoil Tools*.
- Posisi *centerbulb* terhadap kapal tampak atas

Posisi	X (m)	Y (m)	Z (m)
1	8,1	0	0,12
2	8,1	0	0,235
3	8,1	0	0,35
4	4,5	0	0,12
5	4,5	0	0,235
6	4,5	0	0,35
7	0,9	0	0,12
8	0,9	0	0,235
9	0,9	0	0,35

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 3.1 Faktor Skala Besaran

No.	Kuantitas	Symbol		Faktor Skala
		Model	Prototype	
A Geometrik				
1	Panjang	<i>lm</i>	<i>lp</i>	$(lp/lm) = n$
2	Luasan	<i>Am</i>	<i>Ap</i>	$(Ap/Am) = n^2$
3	Volume	<i>Vm</i>	<i>Vp</i>	$(Vp/Vm) = n^3$
B Kinematic				
1	Kecepatan	<i>vm</i>	<i>vp</i>	$(vp/vm) = n^{0,5}$

C Dynamic

1	Massa	<i>Mm</i>	<i>Mp</i>	$(Mp/Mm) = n^3$
2	Gaya	<i>Fm</i>	<i>Fp</i>	$(Fp/Fm) = n^3$

Tabel 3.2 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	0,11 m
BOA	3,10 m	0,31 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 *catamaran* 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 perubahan *centerbulb* berbentuk oval menjai *centerbulb* berbentuk foil 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 Peubah :
 - a. Kecepatan kapal dengan *Fraude Number* (Fn) : 0,15 ; 0,20 ; 0,25 ; 0,30 ; 0,35

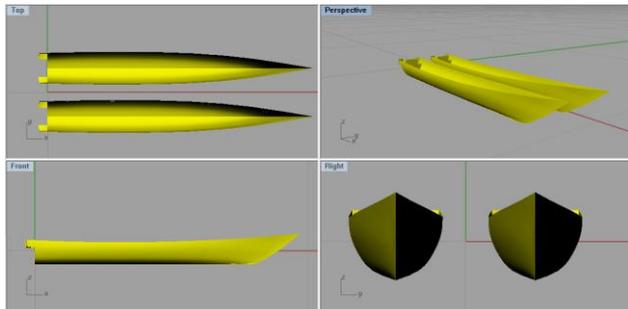
- b. Posisi *Centerbulb* terhadap memanjang kapal dan terhadap sarat kapal

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 4.0* :

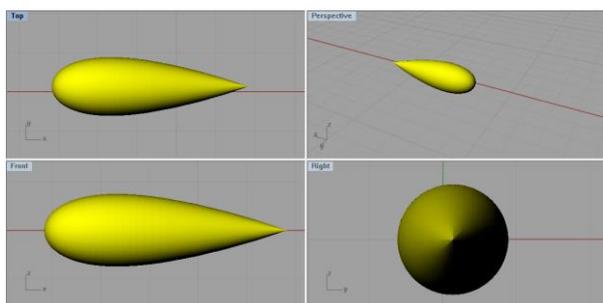


Gambar 4.1 Pemodelan Kapal Original dengan *Rhinoceros 4.0*

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*.

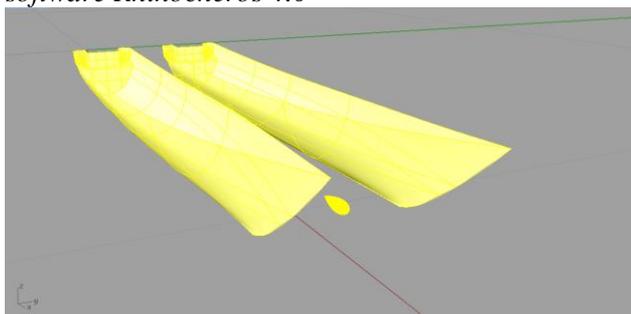
4.1.2. Desain Model *Centerbulb*

Setelah mendapatkan ukuran utama *Centerbulb*, kita dapat membuat modelnya menggunakan *software Rhinoceros 4.0* untuk mendapatkan gambar 3D.



Gambar 4.2 Pembuatan *Centerbulb* *Software Rhinoceros 4.0*

Setelah itu *Centerbulb* yang telah jadi bisa diintegrasikan dengan kapal yang telah dibuat di *software Rhinoceros 4.0*

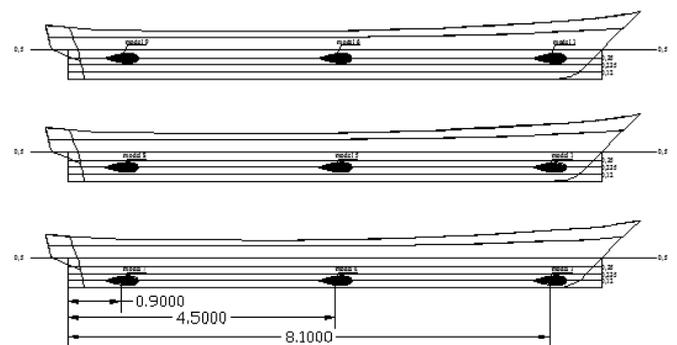


Gambar 4.3 Integrasi Desain Kapal dan *Centerbulb*

4.1.3. Variasi Letak *Centerbulb*

Variasi letak *Centerbulb* yang diujikan ada 3 jenis secara memanjang pada sumbu x dan 3 jenis secara vertikal pada sumbu y. Sumbu z sendiri tidak berubah karena letak *Centerbulb* pada letak melintang berada pada titik o sumbu yaitu di *centerline* kapal, sehingga aliran yang masuk melewati kapal simetri. Variasi secara memanjang menggunakan perbandingan x/L yaitu antara lain $x/Lwl = 0,9$, $x/Lwl = 0,5$, dan $x/Lwl = 0,1$. Sementara itu untuk letak vertikal kapal berada pada posisi sarat kapal 0,12 m, 0,235 m dan 0,35 m.

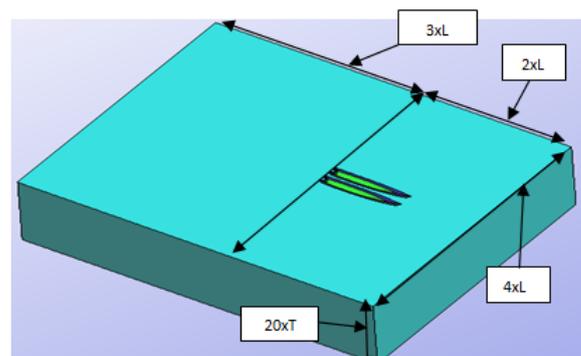
Maka variasi bentuk badan kapal seluruhnya menjadi 9 model dengan gambar sebagai berikut:



Gambar 4.4 Posisi *centerbulb* terhadap kapal

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 4.0*. 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 4.5 *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 dekompresi, maka kita mengisi massa jenis air 1025 kg/m^3 dan kekentalan jenis $0,001025 \text{ kg/m.s}$.

2. *Initial Condition Data*

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

- pengaturan *freесurface* 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.

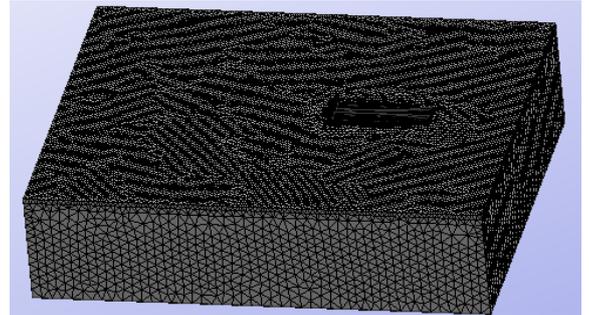
3. *Modules Data*

Pada tahap ini kita akan mengatur jenis aliran fluida dengan menanganter 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 *freесurface*, 0,1 untuk seluruh komponen sisa kecuali *Centerbulb* 0,005.



Gambar 4.6 *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 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 Model Original

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 (F_n) = 0,15; 0,20; 0,25; 0,30; 0,35. Sehingga didapat variasi kecepatannya yaitu (v) = 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 C_t *Catamaran*. Persamaan empiris untuk menghitung hambatan total adalah :

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

R_t = Hambatan Total (N)

WSA = *Watted Surface Area* (m^2)

V = Kecepatan (m/s)

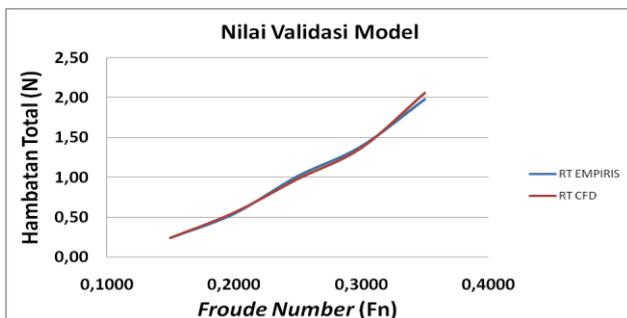
ρ = Massa Jenis Air Laut (1025 kg/m³)

C_t = 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

Fn	v (m/s)	RT Empiris (KN)	RT Simulasi CFD (KN)	Error (%)
0,15	1,40	0,24	0,24	0 %
0,20	1,87	0,54	0,56	2 %
0,25	2,33	1,01	0,98	-3 %
0,30	2,80	1,39	1,37	-1 %
0,35	3,37	1,98	2,06	4 %



Gambar 4.7 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.

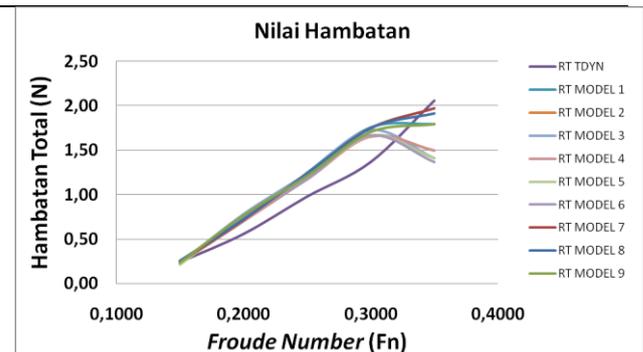
4.4. Analisa Hambatan Kapal dengan Variasi *Centerbulb*

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

Mo del	RT Fn 0,15 (N)	RT Fn 0,20 (N)	RT Fn 0,25 (N)	RT Fn 0,30 (N)	RT Fn 0,35 (N)
asli	0,24	0,56	0,98	1,37	2,06
1	0,25	0,70	1,25	1,76	1,79
2	0,23	0,75	1,17	1,65	1,49
3	0,23	0,78	1,23	1,73	1,41
4	0,23	0,70	1,17	1,66	1,50
5	0,21	0,74	1,17	1,66	1,41

6	0,25	0,74	1,17	1,67	1,37
7	0,24	0,72	1,24	1,75	1,97
8	0,25	0,73	1,24	1,75	1,92
9	0,23	0,77	1,21	1,71	1,80

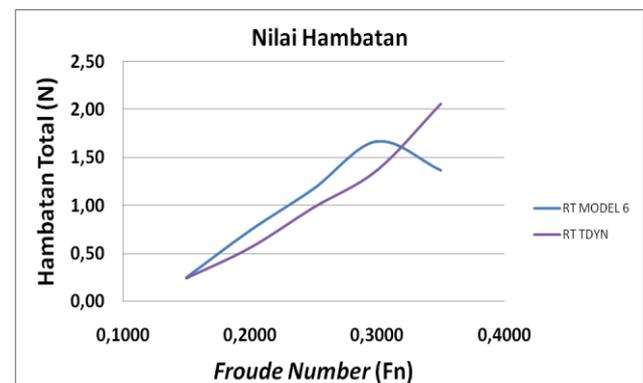


Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Hambatan

Dari Tabel 4.2 diperoleh nilai hambatan total dari seluruh konfigurasi model. Konfigurasi model masih menambah hambatan total model original pada Fn 0,15 sampai Fn 0,30. Tetapi mengurangi pada Fn 0,35. Hambatan total pada Fn 0,35 terkecil terdapat pada model 6.

Tabel 4.3 Perbandingan Hambatan

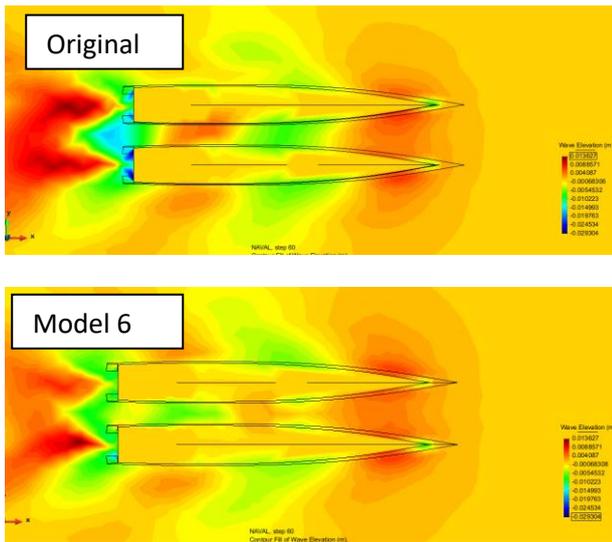
FN	v (m/s)	RT original	RT model 6	Selisih dengan ori
0,15	0,44	0,24	0,25	4%
0,20	1,09	0,56	0,74	33%
0,25	0,74	0,98	1,17	20%
0,30	1,65	1,37	1,67	22%
0,35	1,04	2,06	1,37	-34%



Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Hambatan Model terbaik

Dari gambar 4.8 diketahui nilai perbandingan hambatan total model original dengan model 6. Konfigurasi model 6 masih menambah hambatan total model original pada Fn 0,15 sampai Fn 0,30. Tetapi mengurangi pada Fn 0,35. Dengan demikian kecepatan efektif kapal dengan

penambahan *centerbulb* berbentuk foil berada pada Fn 0,32.



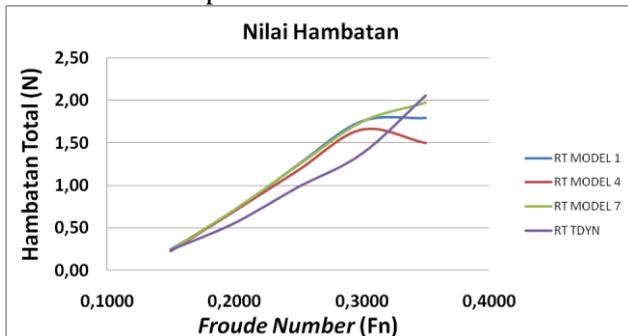
Gambar 4.10 Perbandingan Contour model original (atas) dan model 6 (bawah)

4.5 Analisa Variasi Posisi *Centerbulb*

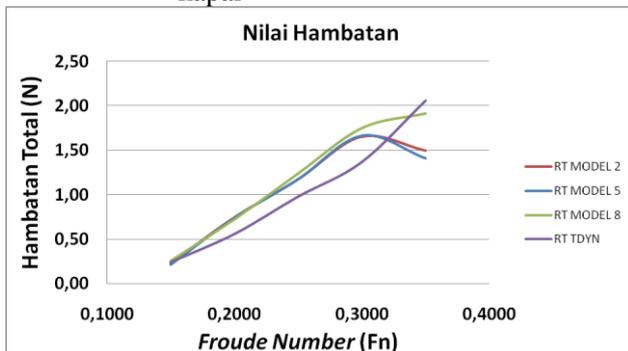
Variasi letak *Centerbulb* yang diujikan ada 3 jenis secara memanjang pada sumbu x dan 3 jenis secara vertikal pada sumbu y. Hasil analisa menurut perubahan letak sebagai berikut:

1. Secara memanjang kapal

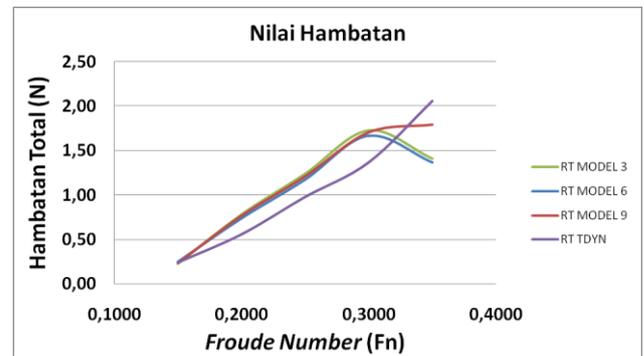
- Posisi *Centerbulb* 0,12m terhadap sarat kapal



- Posisi *Centerbulb* 0,235m terhadap sarat kapal



- Posisi *Centerbulb* 0,35m terhadap sarat kapal

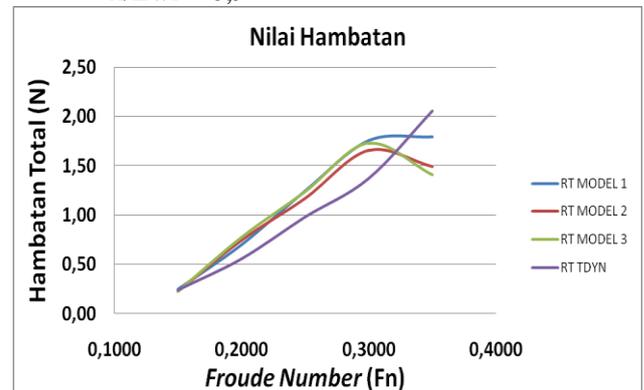


Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Koefisien Hambatan variasi letak secara memanjang kapal

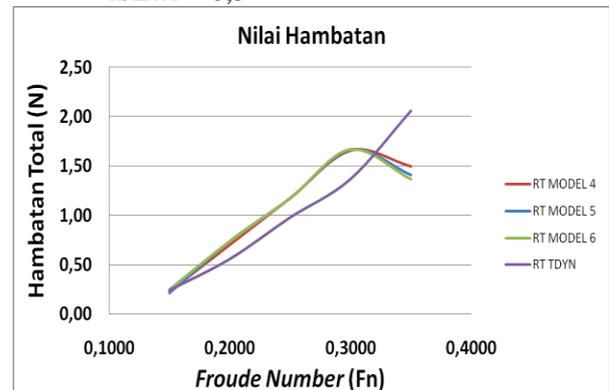
Dari gambar 4.10 diperoleh hasil bahwa hambatan terkecil pada Fn 0,35 dari seluruh perubahan sarat terletak pada posisi tengah secara memanjang kapal. Yaitu model 4, model 5, dan model 6.

2. Secara sarat kapal

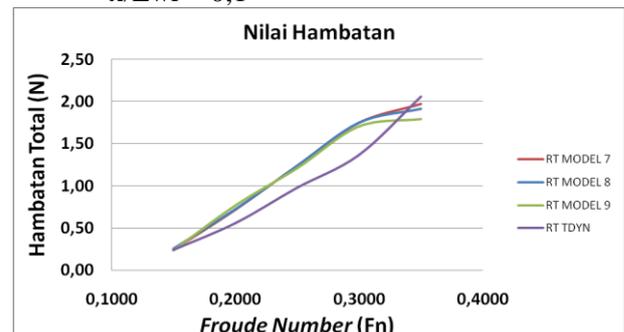
- $x/Lwl = 0,9$



- $x/Lwl = 0,5$



- $x/Lwl = 0,1$



Gambar 4.12 Grafik Perbandingan Koefisien Hambatan variasi letak secara sarat kapal

Dari gambar 4.11 diperoleh hasil bahwa hambatan terkecil pada F_n 0,35 dari seluruh perubahan memanjang kapal terletak pada posisi tengah secara sarat kapal. Yaitu model 3, model 6, dan model 9.

Dengan demikian letak variasi *Centerbulb* yang menghasilkan hambatan total terkecil pada F_n 0,35 terletak pada posisi tengah kapal secara memanjang maupun secara sarat kapal.

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 $F_n = 0,15$; 0,56N 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 $F_n = 0,35$. Setelah penambahan *Centerbulb* berbentuk foil hasilnya hambatan kapal model original berkurang pada F_n 0,35 sebesar 4% sampai 34% untuk seluruh konfigurasi model.
2. *Centerbulb* pada model 6 dengan posisi tengah kapal secara memanjang maupun secara sarat kapal memiliki hambatan terkecil pada F_n 0,35 yaitu sebesar 1,37 N mengurangi 34% hambatan model original yang sebelumnya memiliki nilai hambatan 2,06 N pada kecepatan yang sama.

5.1. Saran

1. Untuk lebih memperkaya penelitian ini, alangkah baiknya jenis foil yang digunakan bisa divariasikan dengan bentuk asimetris yang mempunyai chamber, agar bisa dihitung gaya lift dan drag pada 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] Adib, Grafian. 2015. *Analisa Penambahan Centerbulb terhadap Hambatan Total Kapal Catamaran menggunakan Software Berbasis CFD*. Skripsi Sarjana FT UNDIP Semarang :tidakditerbitkan.
- [4] 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.
- [5] Adi, Prasetyo dan Amiadji. 2013. *Analisa Penerapan Bulbous Bow pada Kapal Katamaran untuk Meningkatkan Efisiensi Pemakaian Bahan Bakar*. Jurnal Teknik POMITS Vol. 3 No.1 Fakultas Teknologi Ilmu Kelautan – Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [6] 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.
- [7] D. B. Danışman, "Reduction of demi-hull wave interference resistance in fast displacement catamarans utilizing an optimized centerbulb concept," *Ocean Eng.*, vol. 91, pp. 227–234, 2014.
- [8] 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.
- [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] 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-Draught Ratio*. Transaction RINA, 138A.