

# PENGARUH VARIASI BENTUK BURITAN KAPAL TERHADAP HAMBATAN TOTAL MENGGUNAKAN METODE CFD

Deddy Chrismianto, Berlian Arswendo A<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Indonesia

Email: deddychrismianto@yahoo.co.id

## Abstrak

Penelitian ini dilakukan dengan cara menganalisa dan menghitung hambatan total kapal menggunakan model 3D pada berbagai variasi bentuk buritan menggunakan CFD (Computational Fluid Dynamic). Berdasarkan hasil analisa dan perhitungan didapatkan hambatan total yang terkecil menggunakan CFD untuk berbagai variasi bentuk buritan kapal, dengan studi kasus pada type KCS (*Kriso Container Ship*). Hambatan total terkecil pada kondisi kecepatan  $fn$  0.22 adalah 646.57 KN yaitu pada model 1, kemudian hambatan total terkecil pada kondisi kecepatan  $fn$  0.26 adalah 2608.57 KN yaitu pada model original (asli), dan hambatan total terkecil pada kondisi kecepatan  $fn$  0.30 adalah 4042.07 KN pada model 7.

Kata kunci: Buritan, Hambatan total, CFD

## 1. PENDAHULUAN

Merancang suatu kapal merupakan sebuah pekerjaan yang dibutuhkan sebelum proses pembuatan kapal dilakukan. Hal yang cukup krusial dalam perancangan sebuah kapal adalah menentukan besarnya nilai hambatan. Banyak hal yang berkaitan dengan meminimalkan hambatan baik untuk mengurangi kebutuhan daya atau meningkatkan ekonomi bahan bakar, oleh karena itu sangatlah penting bentuk badan kapal yang *streamline* guna meminimalisir hambatan yang ada selama kapal berlayar. (Molland, F.A., 2011).

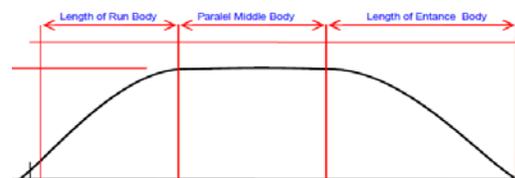
Berkaitan dengan hambatan yang ada selama kapal melaju dalam air didalam setiap aliran air pada badan kapal sampai ke buritan kapal selalu terjadi *wake* yang merupakan perbedaan antara kecepatan kapal dengan kecepatan air yang melalui baling-baling (Firman, T., 2008). *Wake* pada kapal dapat juga terjadi karena pengaruh lambung kapal itu sendiri (dimana air akan mengalir menuju buritan dan membentuk arus). Sehingga dalam kiprahnya hambatan kapal perlu diperhitungkan dengan kaitannya *wake* sebuah kapal.

Dengan memperhatikan hal tersebut, maka dapat dianalisa hubungan antara variasi bentuk buritan kapal dengan hambatan total sebagai berikut:

1. Membandingkan nilai total hambatan pada variasi buritan menggunakan perhitungan metode CFD dengan hasil eksperimen pada *towing tank*.
2. Bentuk buritan manakah yang mempunyai hambatan total paling kecil dari variasi bentuk buritan yang dianalisa.
3. Bagaimanakah bentuk buritan yang baik untuk 3 variasi kecepatan angka *Froude Number* ( $F_n$ ).

## 2. PARAMETER VARIASI BURITAN

*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 Geometri CSA (*Curve Sectional Area*)

Berdasarkan pada Gambar 1, ujung belakang CSA diusahakan memiliki radius sekecil mungkin untuk memberi efek hidrodinamik yang lebih baik. Maka dari itu diperlukan parameter-parameter yang akan digunakan untuk melakukan perhitungan. Parameter yang dipakai adalah sebagai berikut:

- Parameter tetap :
  - Dimensi properties dari lambung kapal antara lain,
    1. *Length* (LPP) (m)
    2. *Breadth* (B) (m)
    3. *Draft* (T) (m)
    4. *Displacement* (ton)

- Parameter peubah (Tabel 1)

Tabel 1 Parameter Peubah

No	Parameter	Keterangan
1	Sudut	sudut di titik akhir dan atas bagian <i>run</i> CSA
2	Panjang	Panjang bagian <i>run</i> CSA
3	Kecepatan	kecepatan dengan 3 variasi <i>froude number</i>

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Berikut data utama ukuran kapal :

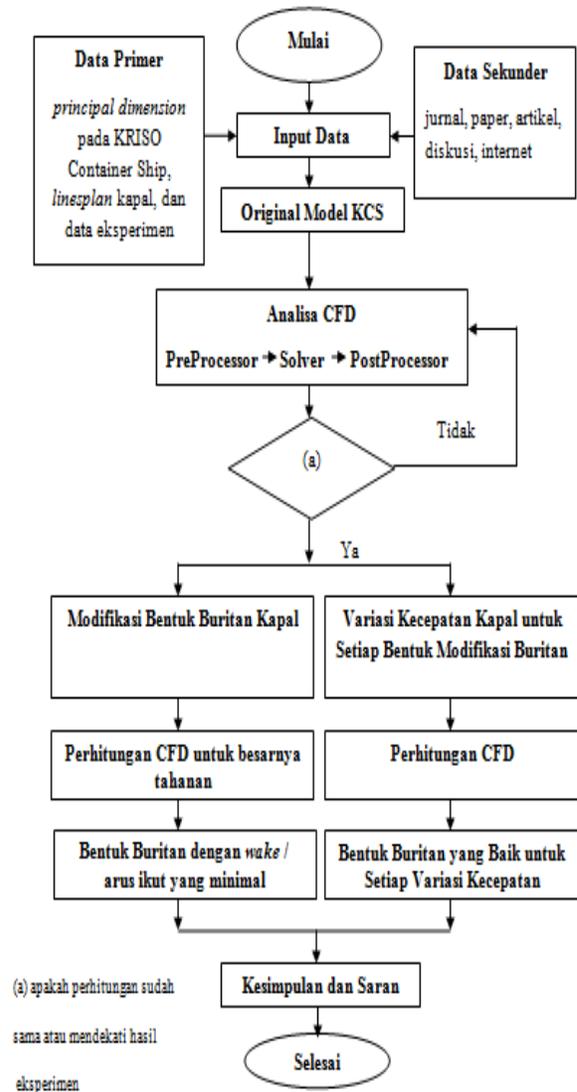
- Length (m) : 230.0
- Breadth (m) : 32.2
- Depth (m) : 19.0
- Draft (m) : 10.8
- Wetted Surface Area (m<sup>2</sup>) : 9,498.0
- Block Coefficient (Cb) : 0.6505
- Speed (m/s) : 12.3467
- Froude Number (Fn) : 0.26

Data ukuran utama model kapal :

- Length (m) : 7.2786
- Breadth (m) : 1.0190

- Depth (m) : 0.6013
- Draft (m) : 0.3418
- Wetted Surface Area (m<sup>2</sup>) : 9.5121
- Block Coefficient (Cb) : 0.6505
- Speed (m/s) : 2.1964
- Froude Number (Fn) : 0.26

Metode yang digunakan pada penelitian ini terangkum secara sistematis dalam diagram alir di bawah ini (Gambar 2):

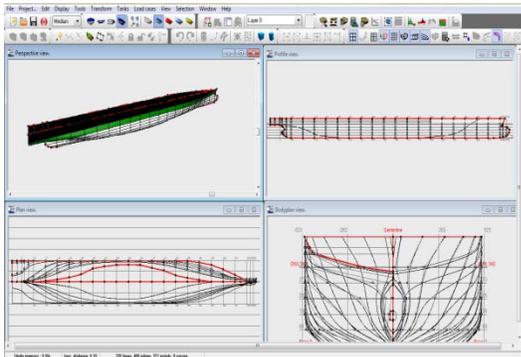


Gambar 2. Diagram alir penelitian

#### 4. PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan desain buritan badan kapal yang efisien (minimal), yang mengacu pada minimalnya nilai hambatan kapal yang didapatkan dengan cara mendesain varian bentuk buritan kapal berdasarkan pada bentuk CSA (*Curve Sectional Area*) khususnya pada bagian *run* (buritan) dan sesuai dengan parameter lainnya yang berpengaruh dengan sistem fluida yang berimbas pada kapal.

Dari data tersebut dibuat pemodelan badan kapal dengan bantuan software *Delftship* 4.03.68



Gambar 3 Pemodelan kapal dengan *Delftship* versi 4.03.68

Hasil pemodelan dari *Delftship* versi 4.03.68 pada Gambar 3 diexport dalam bentuk file .stl terlebih dahulu kemudian dianalisa menggunakan CFD. Analisis CFD yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah pemodelan, visualisasi aliran, nilai hambatan kapal pada kecepatan tertentu.

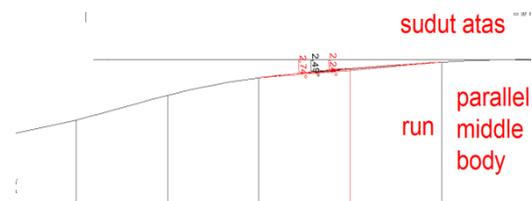
##### 4.1 Variasi Desain Bentuk *Run* CSA (buritan kapal)

Metode yang digunakan dalam variasi bentuk buritan adalah korespondensi satu-satu dari parameter yang digunakan. Parameter untuk variasi bentuk buritan adalah parameter sudut *run*, panjang *run*, dan kecepatan (*froude number*) kapal. Kemudian range pada variasi

tersebut dibatasi dengan 10% dari ukuran asli parameternya.

Variasi dimensi sudut atas dari *run* CSA (Gambar 4) yang dipakai adalah:

- A0 :  $2.49^\circ$   
Dimana A0 merupakan sudut atas *run* asli.
- A1 :  $2.24^\circ$   
Dimana A1 merupakan sudut atas *run* menggunakan range variasi -10%.
- A2 :  $2.74^\circ$   
Dimana A2 merupakan sudut atas *run* menggunakan range variasi 10%.



Gambar 4 Variasi sudut atas *run* CSA

Variasi dimensi sudut bawah dari *run* CSA (Gambar 5) yang dipakai adalah:

- B0 :  $12.39^\circ$   
Dimana B0 merupakan sudut bawah *run* asli.
- B1 :  $11.15^\circ$   
Dimana B1 merupakan sudut bawah *run* menggunakan range variasi -10%.
- B2 :  $13.63^\circ$   
Dimana B2 merupakan sudut bawah *run* menggunakan range variasi 10%.



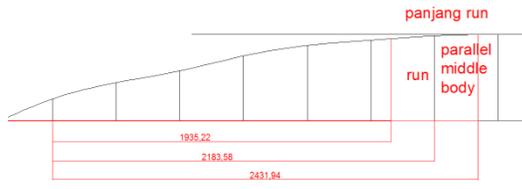
Gambar 5 Variasi sudut bawah *run* CSA

Variasi dimensi panjang *run* pada CSA kapal (Gambar 6) yang dipakai adalah:

- X0 : 2.18 m  
Dimana X0 merupakan panjang *run* asli.
- X1 : 1.94 m

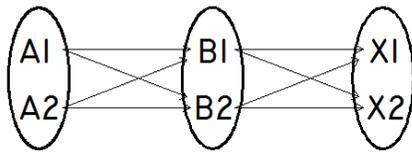
Dimana X1 merupakan panjang run menggunakan range variasi -10%.

- X2 : 2.43 m  
Dimana X2 merupakan panjang run menggunakan range variasi 10%.



Gambar 6 Variasi panjang run CSA

Berikut ini adalah korespondensi satu-satu untuk menghasilkan variasi bentuk buritan kapal. Pada Gambar 7 dapat dilihat ada 3 parameter dan 2 macam variasi tiap parameter, kemudian akan menghasilkan 8 macam variasi model bentuk bow, yaitu:



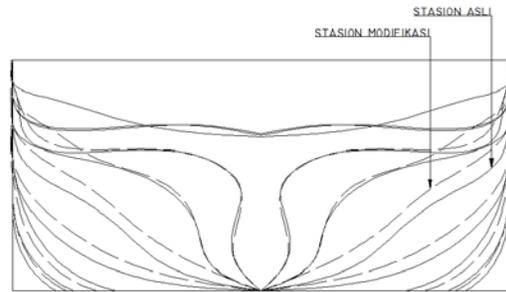
Gambar 7 Skema korespondensi satu-satu

Tabel 2 Hasil korespondensi satu-satu variasi bentuk buritan

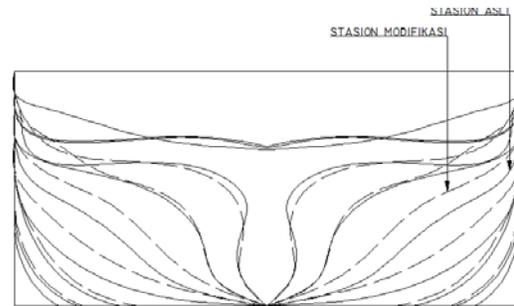
No/ Variasi	A	B	X
1	2.24°	11.15°	2.18 m
2	2.24°	11.15°	2.43 m
3	2.24°	13.63°	2.18 m
4	2.24°	13.63°	2.43 m
5	2.74°	11.15°	2.18 m
6	2.74°	11.15°	2.43 m
7	2.74°	13.63°	2.18 m
8	2.74°	13.63°	2.43 m

Setelah mendapatkan hasil korespondensi satu-satu dari 3 parameter

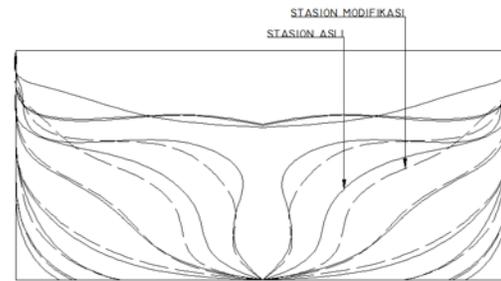
peubah maka selanjutnya kapal dibuat menjadi 8 bentuk model varian (Gambar 8 – Gambar 15).



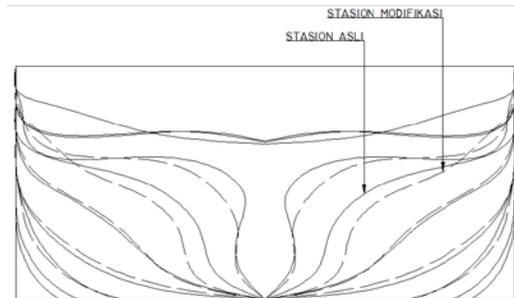
Gambar 8 Body plan model 1 dan body plan asli



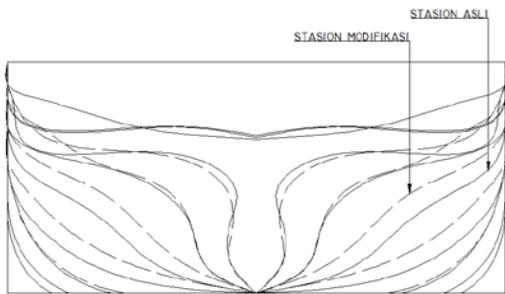
Gambar 9 Body plan model 2 dan body plan asli



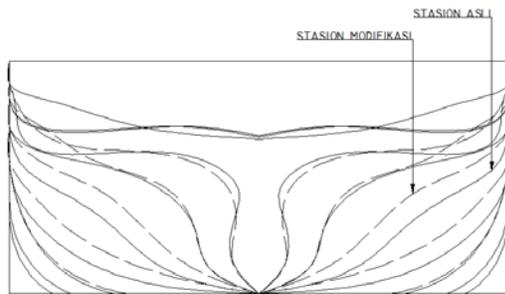
Gambar 10 Body plan model 3 dan body plan asli



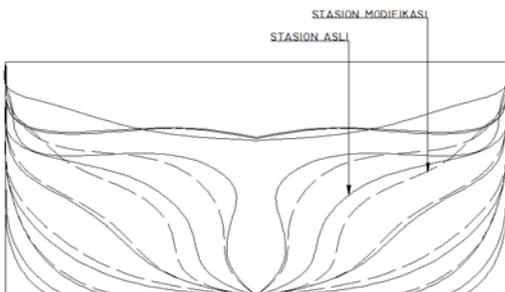
Gambar 11 Body plan model 4 dan body plan asli



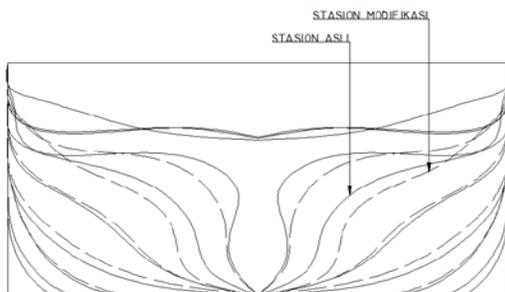
Gambar 12 Body plan model 5 dan body plan asli



Gambar 13 Body plan model 6 dan body plan asli



Gambar 14 Body plan model 7 dan body plan asli



Gambar 15 Body plan model 8 dan body plan asli

Kemudian dari 8 model diatas akan dianalisa juga menggunakan 3 macam kecepatan berbeda dengan cara merubah *froude number*nya, diantaranya adalah:  $F_n = 0.26$ ,  $F_n = 0.22$ , dan  $F_n = 0.30$ .

#### 4.2 Simulasi menggunakan CFD

Tahap awal dilakukan validasi antara hasil CFD dengan eksperimen. Validasi digunakan untuk menentukan keakurasian hasil dari analisa software dengan eksperimen.

Tabel 3 Hasil Validasi

	MOERI ( <i>Experimen</i> <i>t</i> )	CFD
$C_T \times 10^{-3}$	3.56	3.515 (-0.013%)

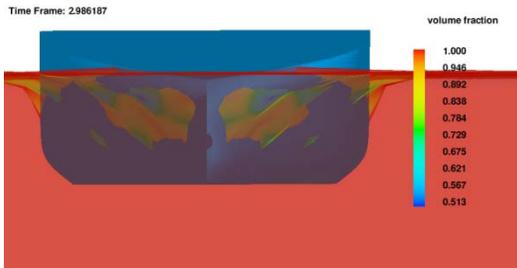
Pada Tabel 3, hasil  $C_t$  yang didapatkan di CFD untuk bentuk buritan kapal pertama atau asli adalah 0.003515442, hasil tersebut masuk dalam kriteria error dibawah 5% dari hasil uji *towing tank* yaitu 0.00356.

Sedangkan perhitungan hambatan total untuk variasi model dan kecepatan dapat dilihat pada Tabel 4 sebagai berikut

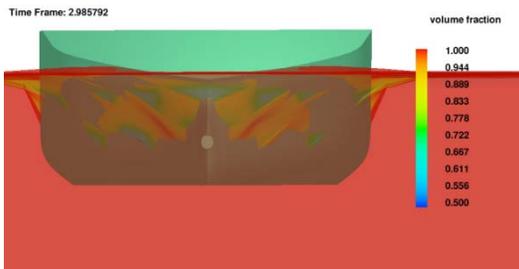
Tabel 4 Data nilai hambatan dari 8 model kapal dengan 3 varian kecepatan

Model	RT $F_n$ 0.22 (KN)	RT $F_n$ 0.26 (KN)	RT $F_n$ 0.30 (KN)	ST. DEVIAS I
ori	1525.13	2608.57	8262.98	3618.12
1	646.57	5178.88	5497.11	2713.27
2	1487.25	4499.55	5562.27	2113.81
3	2521.87	5503.06	6758.82	2176.24
4	2360.15	5664.76	10283.49	3979.79
5	2554.06	5405.65	10153.85	3839.14
6	1002.27	5082.16	7955.25	3493.90
7	1390.22	3819.66	4042.07	1471.05
8	2230.72	4207.92	7017.03	2405.17

Pada tabel di atas terlihat bahwa pada  $F_n = 0,22$  model 1 mempunyai hambatan terkecil. Sedangkan pada  $F_n = 0,26$  model original masih memiliki hambatan terkecil dibanding lainnya. Dan pada  $F_n = 0,30$  model 7 yang terbaik

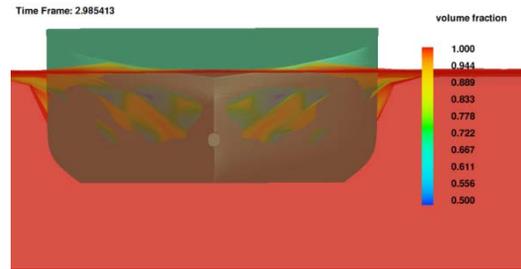


Gambar 16 (a) Simulasi kapal model 1

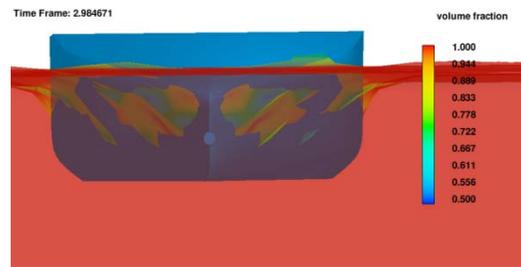


Gambar 16 (b) Simulasi kapal model original

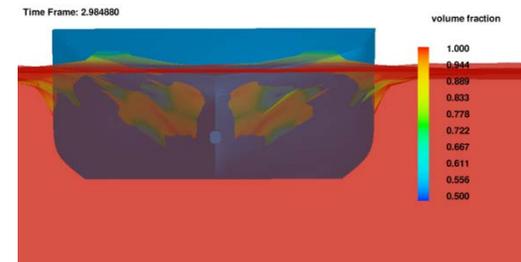
Berdasarkan Gambar 16 (a) dan Gambar 16 (b) dapat dilihat visualisasi dari bentuk aliran *wake*. Pada Gambar 16 (a) atau model 1 memiliki bentuk aliran *wake* yang minimal dibandingkan dengan kapal bentuk original. Berdasarkan visualisasi *volume fraction*, model 1 yang ada memiliki nilai yang rata-rata rendah, dengan warna hijau cenderung lebih dominan pada *range* nilai berkisar 0.675-0.784. model original mempunyai nilai yang rata-rata lebih tinggi, dengan warna kuning cenderung lebih dominan pada *range* nilai berkisar 0.833-0.944. Hal ini sebanding dengan besarnya nilai hambatan total 646.57 KN maka kapal model 1 merupakan model yang memiliki hambatan total terkecil dan bentuk aliran *wake* yang minimum.



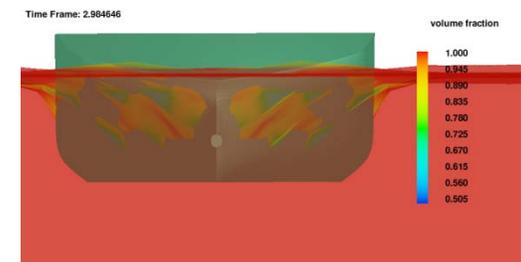
Gambar 17(a) Simulasi kapal model original



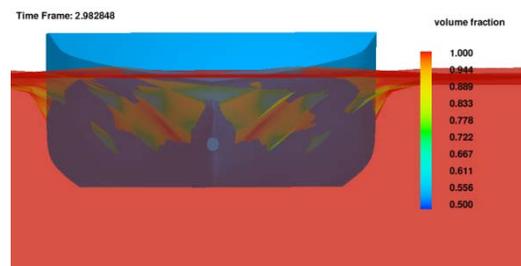
Gambar 17 (b) Simulasi kapal model 1



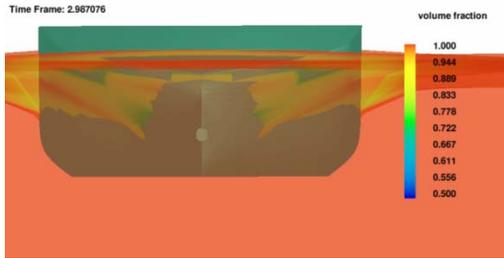
Gambar 17 (c) Simulasi model 2



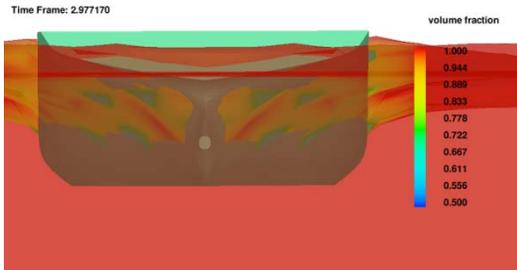
Gambar 17 (d) Simulasi kapal model 3



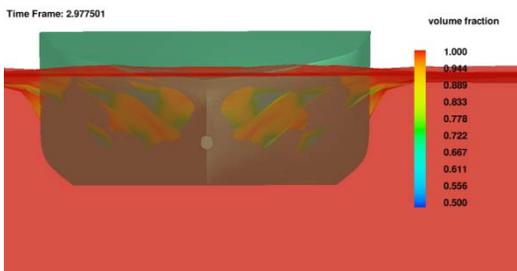
Gambar 17 (e) Simulasi kapal model 4



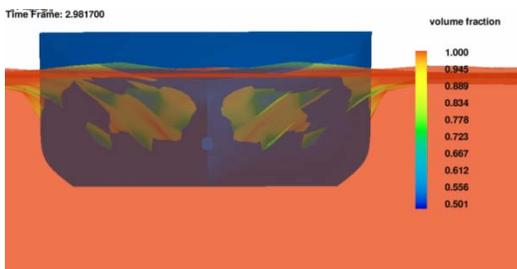
Gambar 17 (f) Simulasi kapal model 5



Gambar 17 (g) Simulasi kapal model 6



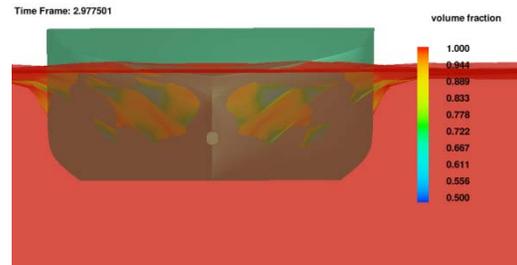
Gambar 17 (h) Simulasi kapal model 7



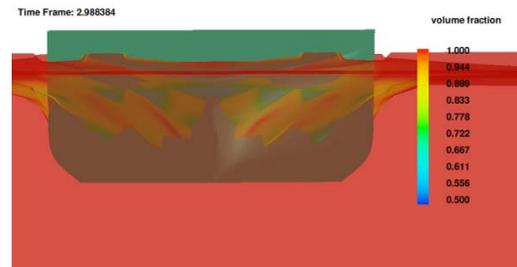
Gambar 17 (i) Simulasi kapal model

Berdasarkan Gambar 17 (a) – Gambar 17 (i) dapat dilihat visualisasi dari *volume fraction* bahwa model original memiliki bentuk aliran *wake* yang minimal diantara bentuk aliran *wake* yang lain. Berdasarkan visualisasi Gambar 17 (a) memiliki nilai yang rata-rata rendah, dengan warna hijau cenderung lebih dominan pada *range* nilai berkisar 0.667-0.778. Hal ini sebanding

dengan besarnya nilai hambatan total 2608.57 KN maka model original merupakan model yang memiliki hambatan total terkecil.



Gambar 18 (a) Simulasi kapal model



Gambar 18 (b) Simulasi kapal model original

Berdasarkan Gambar 18 (a) dan Gambar 18 (b) dapat dilihat visualisasi dari *volume fraction* menunjukkan model 7 memiliki bentuk aliran *wake* yang minimal dibandingkan dengan kapal bentuk original. Berdasarkan visualisasi Gambar 18 (a) memiliki nilai yang rata-rata rendah, dengan warna kuning cenderung lebih dominan pada *range* nilai berkisar 0.833-0.944. Sementara Gambar 18 (b) nilai yang rata-rata lebih tinggi, dengan warna merah cenderung lebih dominan pada *range* nilai berkisar 0.944-1.000. Hal ini sebanding dengan besarnya nilai hambatan total 4042.067 KN maka model modifikasi 7 merupakan model yang memiliki hambatan total terkecil dan bentuk aliran *wake* yang minimum.

## 5. KESIMPULAN

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

1. Sebanding dengan besarnya nilai hambatan total 4042.067 KN maka model modifikasi 7 merupakan model yang memiliki hambatan total terkecil pada Fn 0.22.
2. Sebanding dengan besarnya nilai hambatan total 2608.57 KN maka model original merupakan model yang memiliki hambatan total terkecil pada Fn 0.26.
3. Sebanding dengan besarnya nilai hambatan total 646.57 KN maka kapal modifikasi 1 merupakan model yang memiliki hambatan total terkecil Fn 0.30.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Firman Tuakia. (2008), Dasar-dasar CFD Menggunakan Fluent. Informatika Bandung.
- [2] Gaguk Suhardjito. (2012), Desain Rencana Garis.
- [3] Ir.Syerly Klara, MT. (2011), Mekanika Fluida Universitas Hasanuddin. Makasar.
- [4] Molland, F.A., Turnock, R.S., & Hudson, A.D. (2011), Ship Resistance and Propulsion: practical estimation of ship propulsive power. New York: Cambridge University Press.
- [5] Shin Hyung Rhee. (2010), Flexible CFD Meshing Strategy for Prediction of Ship Resistance And Propulsion Performance
- [6] W. J. Kim, S.H. Van, D. H. Kim. (2001), Measurement of Flows around Modern Commercial Ship Models.
- [7] Zhang Ping. (2008), Parametric Approach to Design of Hull Forms.v