

# ANALISA HAMBATAN AKIBAT PENAMBAHAN STERN FLAP PADA KAPAL KRI TODAK MENGGUNAKAN METODE *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC (CFD)*

Jefri Harumbinang<sup>1</sup>, Deddy Chrismianto<sup>1</sup>, Eko Sasmito Hadi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,

Email: [jeffry.harum@gmail.com](mailto:jeffry.harum@gmail.com), [deddychrismianto@yahoo.co.id](mailto:deddychrismianto@yahoo.co.id), [ekosasmitohadi@gmail.com](mailto:ekosasmitohadi@gmail.com)

## Abstrak

Kecepatan erat hubungannya dengan hambatan kapal. Dengan mengurangi nilai hambatan, kecepatan maksimal dari kapal dapat lebih ditingkatkan lagi. Nilai hambatan dari kapal dapat dikurangi dengan melakukan perubahan hullform terutama pada bagian haluan, penambahan *bullbos bow*, atau bisa juga dengan penambahan appendage pada buritan kapal. Salah satu penambahan appendage buritan adalah Stern Flap. Pada penelitian sebelumnya stern flap mampu mengurangi nilai hambatan kapal. Penelitian dilakukan dengan cara menganalisa dan menghitung hambatan total kapal menggunakan program computer berbasis CFD. CFD (*Computational Fluid Dynamic*) adalah ilmu yang mempelajari cara memprediksi aliran fluida, perpindahan panas, dan reaksi kimia dengan menyelesaikan persamaan matematika/numerik dinamika fluida. Berdasarkan hasil analisa dan perhitungan menggunakan CFD, dengan penambahan *stern flap* mampu mengurangi hambatan total kapal, dari 9 model variasi *stern flap*, didapatkan model dengan hambatan total paling kecil pada variasi kecepatan 10 knot, 20 knot dan 30 knot yaitu terdapat pada model VI dengan panjang *stern flap* 13%  $B_T$  atau 0,863 m, lebar *stern flap* 6,498 m dan sudut *stern flap* 6°. Kesimpulannya, dari 9 model tersebut didapatkan bentuk *stern flap* terbaik yang memiliki hambatan paling kecil yaitu model VI.

Kata kunci: KRI Todak, *Stern Flap*, hambatan total, buritan, CFD

## Abstract

*The speed of ship closely related to the ship resistance. By reducing the resistance value, the maximum speed of the ship can be further enhanced. Resistance value of the vessel can be reduced by making changes hullform especially in the bow section, the addition bullbos bow, or by the addition appendage on the stern area. One of the additions stern appendage is Stern Flap. In previous studies stern flap is able to reduce the resistance value of the ship. The study was conducted by analyzing and calculating the total resistance vessels using CFD-based computer program. CFD (Computational Fluid Dynamics) is the study of how to predict fluid flow, heat transfer, and chemical reactions by completing mathematical equations / numerical fluid dynamics. Based on the analysis and calculation using CFD, with the addition of stern flap is able to reduce the total resistance of ships, from 9 models variation stern flap, found a model with the smallest total resistance in rate speed of 10 knot, 20 knot, and 30 knot is model VI with length of stern flap is 13%  $B_T$  or 0,863 m, width of stern flap is 6,498 m and the angle of stern flap is 6°. In conclusion, from 9 models stern flap is obtained the best form has the least resistance is model VI.*

*Key Word :KRI Todak, Stern Flap, total resistance, Stern, CFD*

## 1. PENDAHULUAN

Kapal perang Indonesia atau biasa disingkat dengan sebutan KRI, merupakan jenis kapal yang diharapkan memiliki beberapa performa yang dapat menunjang operasionalnya di bidang pertahanan dan keamanan, diantaranya adalah kecepatan yang tinggi, sistem persenjataan yang mumpuni, dan

tingkat keandalan yang tinggi. Ketiga hal tersebut harus terdapat pada setiap kapal perang karena apabila kapal tersebut dilengkapi dengan persenjataan yang lengkap dan kuat namun tidak ditunjang dengan kecepatan yang tinggi maka akan mengurangi kapabilitasnya sebagai kapal perang. Oleh karena itu, salah satu hal yang diperhatikan

dalam perencanaan kapal perang adalah mendesain sedemikian rupa sehingga kecepatan kapal dapat terpenuhi.

Nilai hambatan dari kapal dapat dikurangi dengan melakukan perubahan hullform terutama pada bagian haluan, penambahan bullbos bow, atau bisa juga dengan penambahan appendage pada buritan kapal. Salah satu penambahan appendage buritan adalah Stern Flap. Pada penelitian sebelumnya stern flap mampu mengurangi nilai hambatan dan meningkatkan kecepatan.

Pada penelitian ini akan diuji pengaruh dari adanya penambahan *stern flap* pada kapal KRI Todak agar dihasilkan tahanan total yang paling minimum dari kapal model aslinya. Analisa dilakukan dengan menggunakan metode CFD (*Computational Fluid Dynamics*). Diharapkan dari penelitian ini akan didapatkan pembuktian adanya pengaruh stern flap dalam pengurangan tahanan kapal.

Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini permasalahan akan dibatasi oleh antara lain hanya menganalisa hambatan, tidak ada analisa ekonomis dari komparasi antara bentuk *stern flap*, pengkajian bentuk *stern flap* yang dianalisis dengan melakukan modifikasi panjang *chord* dan sudut dari *stern flap*, penambahan *stern flap* ini dilakukan pada kapal KRI Todak, analisa dan pengolahan data menggunakan software *Rhinoceros* dan software berbasis CFD.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. KRI Todak

KRI Todak (631) merupakan kapal pertama dari kapal perang jenis Kapal patroli cepat kelas Todak milik TNI AL. Dinamai menurut nama ikan Todak. Bertugas sebagai armada patroli cepat yang beroperasi di laut dangkal, dan sebagai kapal perang anti kapal permukaan. Termasuk dalam kelas Todak antara lain KRI Hiu (634) dan KRI Layang (805) dan KRI Lemadang (632).

KRI Todak merupakan kapal pertama dalam seri *FPB-57 Nav V* yang dirancang dan dibangun sepenuhnya oleh PT. PAL, Surabaya untuk TNI Angkatan Laut. Seri ini merupakan pengembangan dari seri sebelumnya. KRI Todak diluncurkan dari galangan pada tahun 1999 dan masuk ke jajaran armada TNI Angkatan Laut pada

tahun 2000 sebagai bagian dari Satuan Kapal Patroli, Koarmabar.

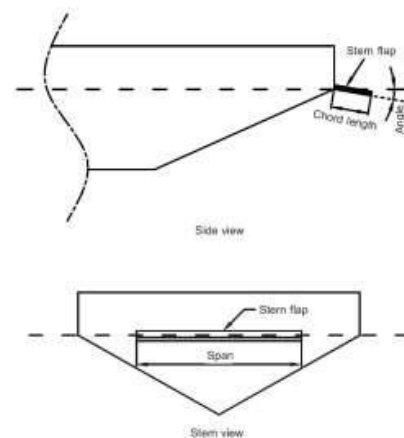
Dinamai menurut nama ikan Todak. Sebelumnya nama *Todak* pernah digunakan pada kapal buatan Yugoslavia tipe BS yang berada di bawah kendali Komando Armada RI Kawasan Timur pada tahun 1960-1970. [1]

### 2.2. Stern Flap

Ada beberapa metode untuk mengurangi hambatan dengan penambahan appendage buritan seperti *stern flap*, *stern wedge*, *microbubble injection and riblets* [2].

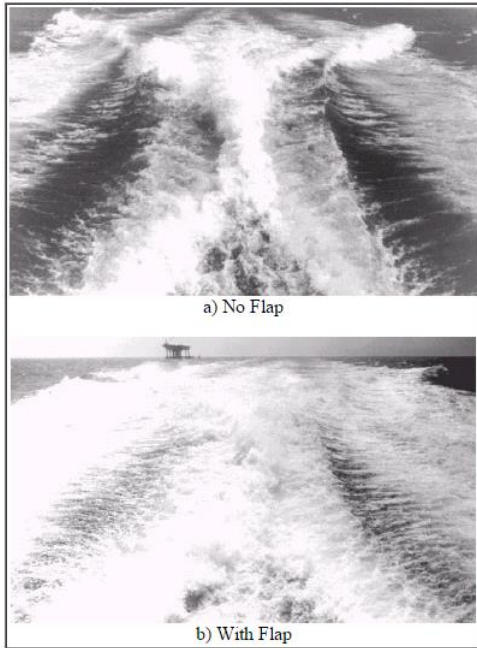
Stern Flap adalah salah satu penambahan *appendage* yang berupa penambahan panjang pada buritan kapal. Interaksi dengan lambung terjadi pada trim kapal, mengurangi tahanan propulsi dan meningkatkan kecepatan kapal. Parameter paling penting dari *stern flap* adalah panjang *flap* ( $L_f$ ), sudut *flap* dan lebar *flap* sepanjang transom. Dari berbagai penelitian *stern flap* memiliki efek dalam performa kapal seperti *stern wedge*. Semua *stern flap* tergantung pada tipe dan ukuran dari kapal yang digunakan. [2]

Pada kapal *planning hull* stern flap berpengaruh pada sudut trim 4 – 5 derajat. Sedangkan pada *displacement hull* stern flap mengakibatkan kenaikan sudut trim 0.1-0.3 derajat. Keuntungan dasar pada kapal dengan penambahan stern flap pada kapal adalah perubahan alur aliran di sekitar propeller. Aliran ini memberikan pengurangan drag pada bagian buritan dan merubah tahanan gelombang pada kapal. [3]



Gambar 1. Lokasi Stern Flap

Stern Flap menyebabkan aliran pada bawah lambung menurun pada lokasi penambahan panjang. Penurunan *flow velocity* akan meningkatkan tekanan pada bawah lambung, hal ini menyebabkan pengurangan gaya hisap *afterbody* (pengurangan bentuk drag). Keuntungan performa hidrostatis dari adanya *stern flap* disebabkan karena **perubahan aliran di sekitar buritan kapal**. [4]



Gambar 2. Perbandingan *wave patern* kapal tanpa *stern flap* dan dengan *stern flap*

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Metodologi Penelitian

##### 3.1.1 Data Primer

Data primer diperoleh dari data pokok yang berkaitan dengan Tugas Akhir ini yaitu ukuran utama dan *linesplan* kapal KRI Todak. Berikut data utama ukuran kapal :

*LOA* : 58.1 m  
*Breadth* : 7.88 m  
*Depth* : 4.95 m  
*Draft* : 2.33 m

##### 3.1.2 Data Sekunder

Data sekunder diperoleh dari literatur (jurnal jurnal, paper, artikel, diskusi, internet dan data yang didapat pada penelitian sebelumnya).

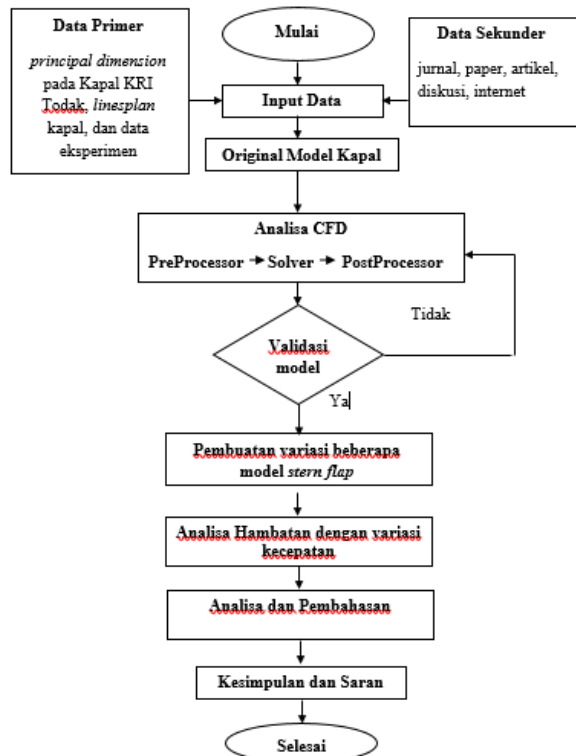
### 3.2 Parameter Penelitian

Penelitian ini difokuskan pada efek variasi ukuran stern flap menggunakan beberapa parameter. Penelitian ini disimulasikan untuk mendapatkan hambatan terkecil dan terbesar. Parameter yang dipakai adalah sebagai berikut :

- Parameter tetap :  
 Dimensi properties dari lambung kapal antara lain,
  1. *Length* (LPP) : 54,4 m
  2. *Breadth* (B) : 7,88 m
  3. *Draft* (T) : 2,33 m
  4. Lebar *Stern Flap* ( $B_T$ ) : 6,49 m
- Parameter peubah
  1. Panjang *Stern Flap* (m)
    - a. 10%  $B_T$
    - b. 13%  $B_T$
    - c. 16%  $B_T$
  2. Sudut *Stern Flap* ( $^\circ$ )
    - a. 0
    - b. 3
    - c. 6
  3. Kecepatan (knot)
    - a. 10
    - b. 20
    - c. 29,6

### 3.3 Diagram Alir Penelitian

Dalam proses pengerjaan penelitian ini, alur tahapan pengerjaan atau diagram alir penelitiannya adalah sebagai berikut :



Gambar 3. Diagram alir penelitian

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan dianalisa nilai hambatannya dengan menggunakan metode *CFD*, dimana nantinya hasil perhitungan divalidasikan dengan hasil perhitungan dari metode *Holtrop*. Skala model yang dipakai pada proses simulasi *CFD* adalah 1 : 100.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan desain buritan kapal yang optimal yaitu memiliki nilai hambatan yang minimal dengan mendesain varian bentuk *stern flap* sesuai dengan dua parameter yang sudah ditentukan. Parameter tersebut meliputi : variasi panjang dan sudut *stern flap*

❖ Data ukuran utama kapal :

- *Length* : 54,4 m
- *Breadth* : 7,88 m
- *Depth* : 2,33 m

❖ Data ukuran utama model kapal (skala) :

- *Length* : 0,5442 m
- *Breadth* : 0,0788 m
- *Depth* : 0,0233 m

##### 4.1 Pengolahan Data

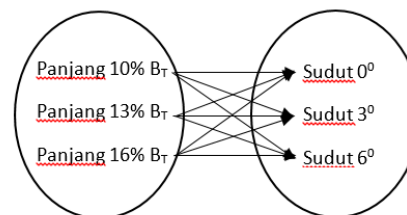
Hasil pemodelan dari *Rhinoceros 5.0* diexport dalam bentuk *file .igs* terlebih

dahulu kemudian dibuka di *software CFD*. Analisa *CFD* yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah pemodelan, visualisasi aliran, *velocity* dan nilai hambatan kapal selam pada bentuk lambung yang sudah divariasi dengan tiga parameter.

##### 4.2 Variasi Desain *Stern Flap*

Metode yang digunakan dalam variasi bentuk *stern flap* adalah korespondensi satu-satu dari parameter yang digunakan. Parameter untuk variasi bentuk *stern flap* adalah panjang dan sudut *stern flap* yang nantinya akan dianalisa dalam 3 kecepatan, yaitu pada  $F_n$  0,22 ;  $F_n$  0,44 ;  $F_n$  0,65.

Skema korespondensi satu-satu untuk menghasilkan variasi bentuk *stern flap* menggunakan 2 parameter dan 3 macam variasi tiap parameter, kemudian akan menghasilkan 9 macam variasi model bentuk *stern flap*.

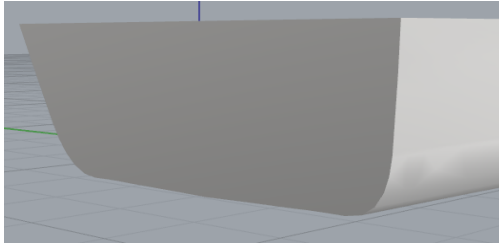


Gambar 4. Skema korespondensi satu- satu

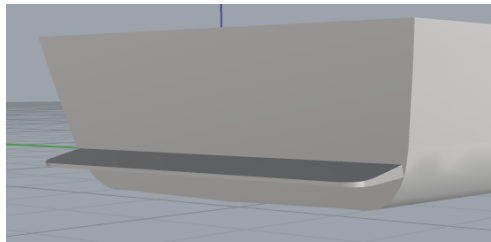
Tabel 1. hasil korespondensi satu- satu bentuk *stern flap*

No/ Model	Nama Model	Panjang (% $B_T$ )	Sudut <i>stern flap</i>
1	Model I	10	0
2	Model II	10	3
3	Model III	10	6
4	Model IV	13	0
5	Model V	13	3
6	Model VI	13	6
7	Model VII	16	0
8	Model VIII	16	3
9	Model IX	16	6

Model sebanyak 9 tersebut kemudian dibuat di *software Rhinoceros 5.0* sesuai dengan ukuran yang sudah ditentukan pada masing-masing variasi ukuran *stern flap*.



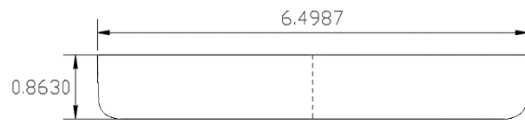
Gambar 5 Model Asli tanpa *stern flap*



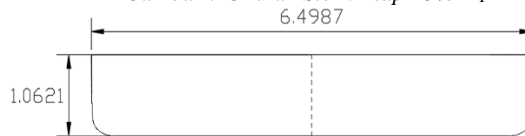
Gambar 6 Model dengan adanya *stern flap*



Gambar 6 Ukuran *Stern Flap* 10%  $B_T$



Gambar 7 Ukuran *Stern Flap* 13%  $B_T$



Gambar 8 Ukuran *Stern Flap* 16%  $B_T$

Model asli dan model variasi tersebut diuji dengan menggunakan software *CFD* dan hasilnya dapat diketahui nilai  $C_t$  dari masing-masing model tersebut. Nilai  $C_t$  dari hasil *CFD* tersebut kemudian digunakan untuk mencari nilai hambatan total sebenarnya dari masing-masing model. Dari hasil tersebut dicari nilai hambatan model yang lebih kecil dari nilai hambatan model asli kapal.

#### 4.3 Simulasi *Computational Fluid Dynamic*

Proses simulasi numerik pada *Computational Fluid Dynamic* dimulai dari pembuatan model lambung kapal selam. Pemodelan lambung dengan menggunakan program *Rhinoceros 05*, kemudian file

tersebut diexport dalam bentuk *file .stp* untuk di buka di *ANSYS*.

Langkah – langkah simulasi ini dibagi menjadi beberapa tahapan antara lain:

- a. *Geometry*
- b. *Mesh*
- c. *Setup*
- d. *Solution*
- e. *Result*

Tahap *geometri* adalah tahap pemodelan yaitu tahap penentuan model yang akan dianalisa.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, pembuatan kolam *towing tank* dilakukan dengan menyesuaikan ukuran kapal. Panjang kolam *towing tank* 4 Lpp, di depan haluan 1 Lpp dan dibelakang buritan 2 lpp. Penelitian ini pada tahap meshing menggunakan metode *CFX-mesh*.

Tahap *setup* dibagi menjadi beberapa langkah, antara lain default domain, *solver*, pembuatan *expression*, dan lain-lain.

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

Setelah proses running atau simulasi selesai maka hasilnya dapat kita lihat di tahap *solution*. Pada tugas akhir ini hasil yang diinginkan berupa nilai hambatan kapal, model, visualisasi *pressure* dan visualisasi aliran.

#### 4.4 Validasi Hasil Uji Model Metode *CFX* Dengan Hasil Uji Model Metode *Holtrop*

Pada penelitian ini untuk memvalidasi hasil dari uji model, menggunakan hasil uji metode *Holtrop* yang sudah dilakukan pada penelitian sebelumnya.

Tabel 2. Perbandingan nilai  $C_t$  *Holtrop* dan  $C_t$  *CFX*

Ket.	<i>Holtrop</i>	<i>CFX</i>	Selisih
$C_t$	0,012359	0,01207	0,00029 (2,39%)

Berdasarkan data di atas, selisih hasil  $C_t$  antara metode *holtrop* dengan hasil *CFX* didapatkan selisih 0,00029 atau 2,39%

#### 4.5 Perhitungan Hambatan Kapal

Perhitungan hambatan kapal dengan metode *Computational Fluid Dynamic* diambil dari tahap *results*. Data diambil dari menu *expressions* pada tahap *results*. Data yang diperlukan untuk menentukan hambatan kapal total adalah *Ct* atau koefisien hambatan total kapal model yang didapat dari *CFD*. Kemudian dari data koefisien tersebut kita olah sehingga kita mendapat nilai hambatan total kapal sebenarnya.

Dari data yang ada, model asli dan 9 model variasi masing – masing dan dicari nilai hambatannya. Berikut hasil proses *running*.

Tabel 3. Perbandingan nilai *Ct* tiap-tiap model

Model	WSA (m <sup>2</sup> )	Ct		
		Fn 0,22	Fn 0,44	Fn 0,65
Ori	0,04032	0,01207	0,01297	0,01434
I	0,04086	0,01144	0,01294	0,01431
II	0,04085	0,01171	0,01290	0,01391
III	0,04084	0,01173	0,01256	0,01383
IV	0,04113	0,01174	0,01250	0,01387
V	0,04112	0,01163	0,01244	0,01371
VI	0,04111	0,01154	0,01237	0,01370
VII	0,04138	0,01143	0,01258	0,01374
VIII	0,04137	0,01112	0,01253	0,01387
IX	0,04136	0,01105	0,01249	0,01431

Koefisien hambatan total paling kecil terdapat pada Model IX yaitu sebesar 0,01105. Dengan menggunakan rumus maka hambatan total kapal skala 1:1 didapatkan sebagai berikut :

Rumus umum dari hambatan total kapal adalah:

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

Dimana

- $\rho$  : masa jenis air laut
- Ct* : koefisien hambatan total
- S* : *wetted surface area*
- V* : kecepatan

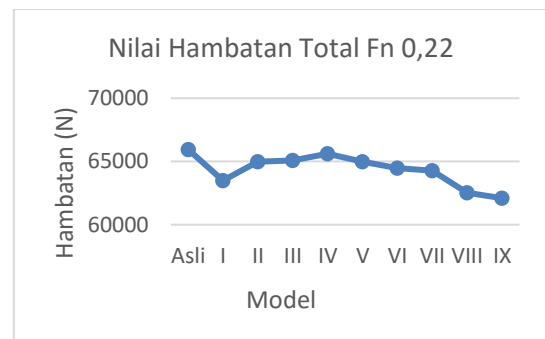
#### 4.6 Perhitungan Hambatan dan Hasil simulasi

Perhitungan hambatan kapal dengan metode *Computational Fluid Dynamic* pada *post processor* (hasil *running*) diambil dari tahap *result*.

##### 4.6.1 Perhitungan Hambatan dan Hasil simulasi pada Fn 0,22

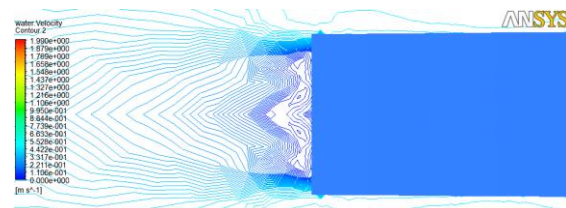
Tabel 4. Hambatan kapal pada Fn 0,22

No	Model	WSA (m <sup>2</sup> )	RT (N)
1	Asli	403,2	66136,7
2	I	408,6	63485,4
3	II	408,5	64976,3
4	III	408,4	65079,2
5	IV	411,3	65665,3
6	V	411,2	64978,9
7	VI	411,1	64465,9
8	VII	413,8	64266,4
9	VIII	413,7	62520,1
10	IX	413,6	62098,1



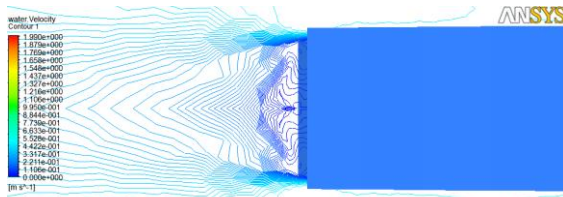
Gambar 9. Hambatan kapal pada Fn 0,22

Dapat dilihat dari data di atas hasil CFD, hambatan didiapatkan untuk kapal asli adalah 66136,7 N, sedangkan hambatan terkecil sebesar 62098,1 N pada variasi *stern flap* model IX.



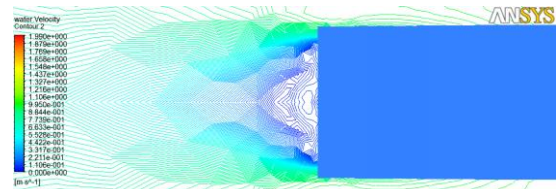
Gambar 10. *Contour* gelombang Model Asli Fn 0,22



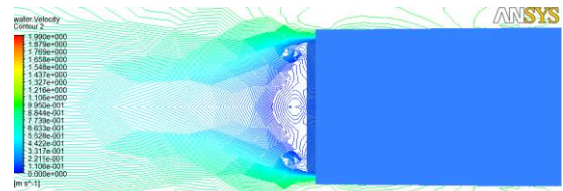


Gambar 11. Contour gelombang Model VI Fn 0,22

Dari gambar di atas, model VI memiliki kontur aliran gelombang yang lebih melebar daripada model asli sehingga bisa dikatakan lebih baik dan sesuai dengan teori (lihat gambar 2).



Gambar 13. Contour gelombang Model Asli Fn 0,44



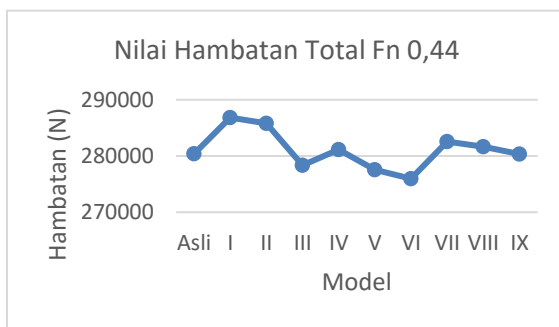
Gambar 14. Contour gelombang Model VI Fn 0,44

Pada gambar di atas menunjukkan bahwa pada model VI area kontur gelombang yang terjadi lebih lebar dan lebih panjang ke belakang daripada model asli, sehingga bisa dikatakan lebih baik dan sesuai dengan teori (lihat gambar 2).

#### 4.6.2 Perhitungan Hambatan dan Hasil Simulasi pada Fn 0,44

Tabel 5. Hambatan total pada Fn 0,44

No	Model	WSA (m <sup>2</sup> )	RT (N)
1	Asli	403,2	281820
2	I	408,6	286828
3	II	408,5	285818
4	III	408,4	278353
5	IV	411,3	281115
6	V	411,2	277562
7	VI	411,1	275961
8	VII	413,8	282532
9	VIII	413,7	281634
10	IX	413,6	280331



Gambar 12. Hambatan kapal pada Fn 0,44

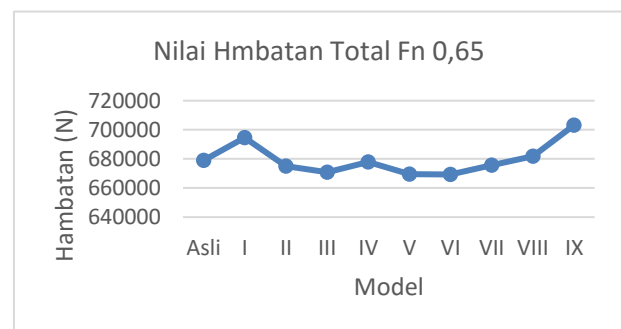
Dapat dilihat dari data di atas hasil CFD, hambatan didapatkan untuk kapal asli adalah 281820,5 N, sedangkan hambatan terkecil sebesar 275961,5 N pada variasi *stern flap* model VI.

Berikut simulasi alirannya

#### 4.6.3 Perhitungan Hambatan dan Hasil Simulasi pada Fn 0,66

Tabel 6. Hambatan kapal pada Fn 0,66

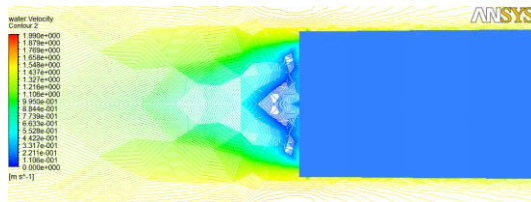
No	Model	WSA (m <sup>2</sup> )	RT (N)
1	Asli	403,2	682656,2
2	I	408,6	694583,7
3	II	408,5	675130,7
4	III	408,4	670942,8
5	IV	411,3	677955,1
6	V	411,2	669538,4
7	VI	411,1	669316,9
8	VII	413,8	675694,2
9	VIII	413,7	681925,7
10	IX	413,6	703161,9



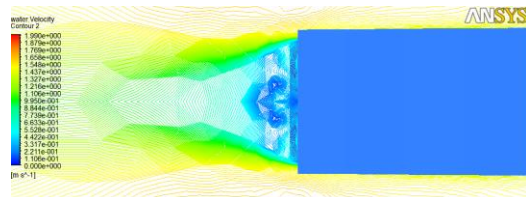
Gambar 15. Hambatan kapal pada Fn 0,66

Dapat dilihat dari data di atas hasil CFD, hambatan didapatkan untuk kapal asli adalah 682656,2 N, sedangkan hambatan terkecil sebesar 669316,9 N pada variasi *stern flap* model VI.

Berikut simulasi alirannya



Gambar 16. *Contour* gelombang Model Asli Fn 0,65



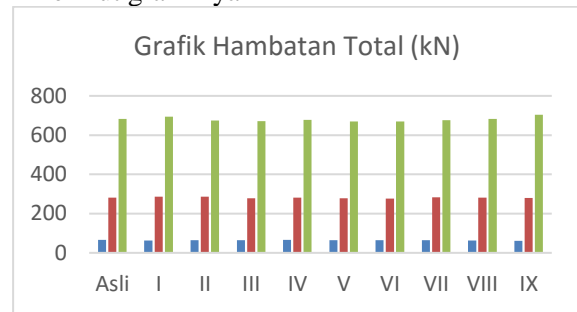
Gambar 17. *Contour* gelombang Model VI Fn 0,66  
Dari gambar di atas, model VI memiliki kontur gelombang yang lebih lebar dan panjang daripada model asli sehingga bisa dikatakan lebih baik dan sesuai dengan teori (lihat gambar 2).

#### 4.6.4 Perhitungan Hambatan Total Seluruh Froude Number

Tabel 7. Hambatan kapal pada keseluruhan Froude Number

No	Model	WSA (m <sup>2</sup> )	RT (kN)		
			Fn 0,22	Fn 0,44	Fn 0,65
1	Asli	403,2	66,13	281,82	682,65
2	I	408,6	63,48	286,83	694,58
3	II	408,5	64,98	285,82	675,13
4	III	408,4	65,08	278,35	670,94
5	IV	411,3	65,66	281,11	677,95
6	V	411,2	64,98	277,56	669,53
7	VI	411,1	64,46	275,96	669,31
8	VII	413,8	64,27	282,53	675,69
9	VIII	413,7	62,52	281,63	681,92
10	IX	413,6	62,09	280,33	703,161

Berikut grafiknya



Gambar 18. Hambatan Total semua variasi

Dari data di atas didapatkan nilai hambatan total dari model asli adalah 66,13 kN, 281,82 kN, dan 682,66 kN pada Fn 0,22 0,44 dan 0,65 sedangkan model dengan hambatan terkecil terdapat pada Model VI yaitu 64,46 kN, 275,96 kN, dan 669,32 kN pada Fn 0,2 0,4 dan 0,65. Maka model terbaik yang didapat adalah model VI.

#### 4.6.5 Perhitungan Hambatan Viskos dan Gelombang

Tabel 8. Nilai Hambatan Viskos

No	Model	Rv (kN)		
		Fn 0,22	Fn 0,44	Fn 0,65
1	Asli	50,57	144,66	277,75
2	I	49,76	139,75	275,07
3	II	51,67	143,16	274,80
4	III	50,85	142,95	271,41
5	IV	51,21	145,87	268,13
6	V	50,99	146,69	272,05
7	VI	50,84	146,35	273,26
8	VII	51,02	142,82	273,51
9	VIII	49,41	140,40	277,16
10	IX	49,41	143,45	278,37

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa hambatan viskos terkecil pada Fn 0,22 adalah Model IX yaitu 49,1 kN, pada Fn 0,44 adalah Model I yaitu 139,75 kN dan pada Fn 0,65 adalah Model IV yaitu 268,13 kN.



Tabel 9. Nilai Hambatan Gelombang

No	Model	Rw (kN)		
		Fn 0,22	Fn 0,44	Fn 0,65
1	Asli	15,38	135,74	401,34
2	I	13,73	147,08	419,51
3	II	13,31	142,66	400,33
4	III	14,22	135,40	399,53
5	IV	14,40	138,97	409,82
6	V	13,99	136,49	397,48
7	VI	13,62	130,61	396,05
8	VII	13,25	139,71	402,19
9	VIII	13,12	141,24	404,77
10	IX	12,68	136,88	424,80

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa hambatan gelombang terkecil pada Fn 0,22 adalah Model IX yaitu 12,68 kN, pada Fn 0,44 adalah Model VI yaitu 129,61 kN dan pada Fn 0,65 adalah Model VI yaitu 396,05 kN.

#### 4.6.6 Perbandingan Tiap Hambatan Model Asli dengan Model VI

Tabel 10 Perbandingan Hambatan Total

No	Model	Rt (kN)		
		Fn 0,22	Fn 0,44	Fn 0,65
1	Asli	65,94	280,39	679,09
2	VI	64,46	275,96	669,32

Dari tabel di atas, didapat prosentase penurunan hambatan total model VI dari model Asli adalah 2,24%, 1,60%, dan 1,4% untuk Fn 0,22 Fn 0,44 dan Fn 0,65. Didapatkan penurunan paling tinggi pada fn 0,22, maka dapat disimpulkan bahwa model stern flap ini bekerja optimal pada kecepatan rendah.

Tabel 11 Perbandingan Hambatan Viskos

No	Model	Rv (kN)		
		Fn 0,22	Fn 0,44	Fn 0,65
1	Asli	50,57	144,66	277,75
2	VI	50,84	146,35	273,26

Dari tabel di atas didapat bahwa pada fn 0,22 hambatan viskos lebih besar 0,845% dari model asli dan mengalami penurunan 1,615% pada fn 0,65. Hal ini tidak terlalu berpengaruh terhadap penurunan hambatan total.

Tabel 12 Perbandingan Hambatan Gelombang

No	Model	Rw (kN)		
		Fn 0,22	Fn 0,44	Fn 0,65
1	Asli	15,38	135,74	401,34
2	VI	13,62	130,61	396,05

Berdasarkan tabel di atas hambatan gelombang mengalami penurunan di semua kecepatan yakni 8,23%, 4,52%, dan 1,32%. Hal ini membuktikan bahwa hambatan gelombang memegang peranan terbesar dalam mengurangi hambatan total kapal.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil perhitungan dan analisis yang dilakukan dengan CFD didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan adanya penambahan *Stern Flap* pada kapal KRI Todak, berpengaruh pada nilai hambatan total yang dihasilkan, yaitu mengalami penurunan sampai 2,24% pada Fn 0,22 yaitu dari 65,94 kN (model asli) menjadi 64,46 kN (model VI).
2. Hasil analisa hambatan total yang memiliki hambatan yang paling minimum adalah pada model VI yaitu dengan panjang *stern flap* 13%  $B_T$  atau 0,863 m lebar *stern flap* 6,498 m dan sudut *stern flap* 6°.
3. Untuk pengaruh panjang *stern flap*, secara umum pada kecepatan rendah semakin panjang *stern flap* menghasilkan hambatan total yang lebih kecil, sedangkan sebaliknya pada kecepatan tinggi ukuran panjang *stern flap* yang lebih pendek menghasilkan hambatan total yang lebih kecil. Untuk pengaruh sudut, secara umum pada semua kecepatan semakin besar sudut *stern flap* menghasilkan hambatan total yang lebih kecil.

## 5.2 Saran

1. Menganalisa dengan CFD posisi *stern flap* yang diletakkan di transom bagian paling bawah (bukan di garis sarat).
2. Menganalisa pengaruh gaya angkat terhadap penambahan *stern flap*.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] [https://id.wikipedia.org/wiki/KRI\\_Todak\\_\(631\)](https://id.wikipedia.org/wiki/KRI_Todak_(631))
- [2] Yaakob, Omar, 2004, *Stern Flap for Resistance Reduction of Planning Hull Craft*. Universiti Teknologi Malaysia
- [3] Cusnaelli, Dominic S., 2002, *Stern Flap-A Chronicle of Success at Sea*, Naval Surface Warfare Center
- [4] Salas, M. J., 2004, *Hydrodynamic Analysis of The Performance of Stern Flaps in a Semi-Displacement Hull*. Institute of Naval and Maritime Science.