



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Analisa Hambatan Kapal Perintis 750 DWT Akibat Penambahan Wedge Dengan Variasi Sudut Dan Bentuk Menggunakan Metode *Computational Fluid Dynamic (CFD)*

Ricky Tri Haryadi¹⁾, Eko Sasmito Hadi¹⁾, Ahmad Fauzan Zakki¹⁾

Laboratorium Hidrodinamika

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

Email : rickytriharyadi@gmail.com, ekosasmitohadi@gmail.com, Ahmadfzakki@yahoo.com

Abstrak

Perkembangan teknologi dunia perkapalan saat ini telah banyak diterapkan pada kapal. Hal itu sangat bagus dikarenakan dapat meningkatkan operasioanal kapal secara optimal, salah satu teknologi itu dapat mengurangi hambatan kapal. Salah satu inovasi agar dapat mengurangi hambatan kapal adalah menambahkan wedge pada kapal. Wedge adalah suatu tambahan bentuk yang menempel pada area buritan kapal dan di bawah garis air yang dapat memperbaiki aliran air pada area buritan kapal. Penelitian ini mempunyai tujuan untuk membandingkan desain wedge terbaik dalam variasi bentuk dan sudut untuk menghasilkan hambatan mana yang paling baik. Pada penelitian ini penulis menggunakan software Rhinoceros untuk merancang desain dan menggunakan software berbasis CFD untuk mendapatkan hasil simulasi yaitu Tydn. Hasil analisa dalam penelitian ini menghasilkan hambatan pada model variasi terjadi pengurangan dan penambahan. Pengurangan hambatan terjadi pada model stern flap pada setiap sudut dan kecepatan, pengurangan hambatan terbesar terjadi di kecepatan rendah 10 knot pada sudut 2 derajat sebesar 4,23%. Penambahan hambatan terjadi pada model trim wedge sebesar 2,61% dan trim wedge flap sebesar 8,92%. Faktor terjadinya penambahan dan pengurangan hambatan karena distribusi tekanan dan pola aliran air yang terjadi di daerah buritan kapal. Dari ketiga model tersebut yang memiliki nilai hambatan terkecil dan efisien adalah model stern flap.

Kata Kunci : Stern, Wedge, Flap, Hambatan, Tydn, Rhinoceros, CFD

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan yang terbesar di dunia, karena mempunyai pulau-pulau yang membentang dari Sabang hingga ke Merauke. Mayoritas wilayah Indonesia adalah wilayah laut. Oleh sebab itu laut menjadi jalan penghubung pulau-pulau yang terdapat di wilayah Indonesia. Dengan ini transportasi laut memegang peranan penting dalam perekonomian antar pulau di Indonesia. Transportasi laut mempunyai peran untuk memperlancar kegiatan perpindahan barang dan jasa dari pulau satu ke pulau yang lainnya sehingga kebutuhan hidup manusia dapat terpenuhi secara baik.

Kebutuhan dan ketergantungan masyarakat terhadap barang-barang dari luar pulau bermacam-macam. Oleh sebab itu, untuk mendistribusikan

barang dari pulau yang lainnya diperlukan alat transportasi laut yang dapat menunjang kebutuhan tersebut secara ekonomis adalah kapal laut, kapal laut mempunyai kemampuan untuk mengangkut orang maupun barang untuk jumlah yang besar. Kapal laut yang tepat digunakan untuk antar pulau di Indonesia salah satunya adalah Kapal Perintis.

Upaya untuk menjaga kapal dengan resistensi yang kecil dilakukan dengan desain yang tepat pada hidrodinamika dan propulsi seperti mengubah bentuk buritan menjadi terowongan [1]. atau membuat kapal perintis yang efisien dapat dilakukan dengan membuat modifikasi pada area buritan kapal dengan penambahan *wedge*. Pada bentuk *stern wedge* hambatan mampu dikurangi sebesar 5,47% di kecepatan tinggi pada kapal KRI Todak [2]. Pengembangan bentuk *stern wedge* yang lebih panjang dengan tambahan *flap* juga

berpengaruh terhadap besarnya nilai hambatan oleh kapal yang di pasang *trim wedge flap* dan yang tidak dipasang. Pada kapal *crew boat* yang telah terpasang *Integrated Wedge Flap* memberikan dampak penambahan hambatan total kapal di kecepatan rendah dan di kecepatan tinggi terjadi pengurangan hambatan total pada kapal [3]. Bentuk variasi lain di area buritan yang dapat mengurangi nilai hambatan total kapal adalah *stern flap*. Pada hasil penelitian dengan melakukan perbandingan antara *stern wedge* dan *stern flap*, *stern flap* memperoleh hasil yang optimal terhadap pengurangan hambatan, dan itu terjadi di kecepatan rendah hingga kecepatan tinggi. Hal itu terjadi karena variasi bentuk buritan dapat mengubah pola aliran air di bawah area buritan kapal [4].

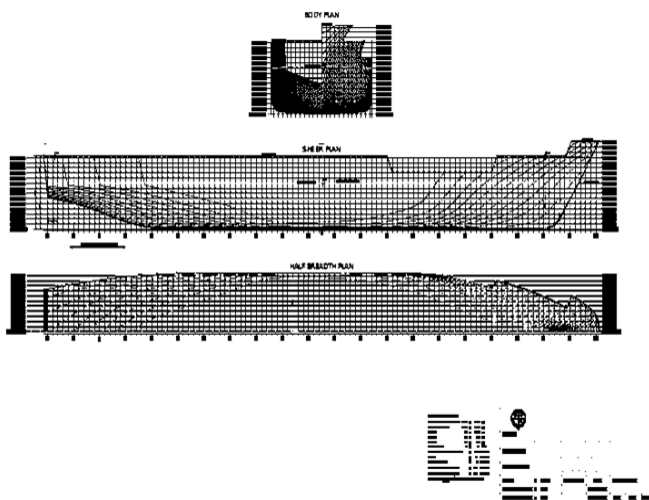
Diharapkan dari penelitian ini akan didapatkan pembuktian adanya pengaruh *wedge* dalam pengurangan hambatan kapal dari tiap variasi bentuk dan sudut. Sehingga bisa didapatkan desain mana yang terbaik dari ketiga desain dengan bentuk berbeda, dengan pengurangan nilai hambatan yang paling baik.

2. METODE

2.1 Materi Penelitian

Penelitian ini, menggunakan data primer ukuran utama kapal perintis *monohull 750 DWT*, dengan spesifikasi berikut:

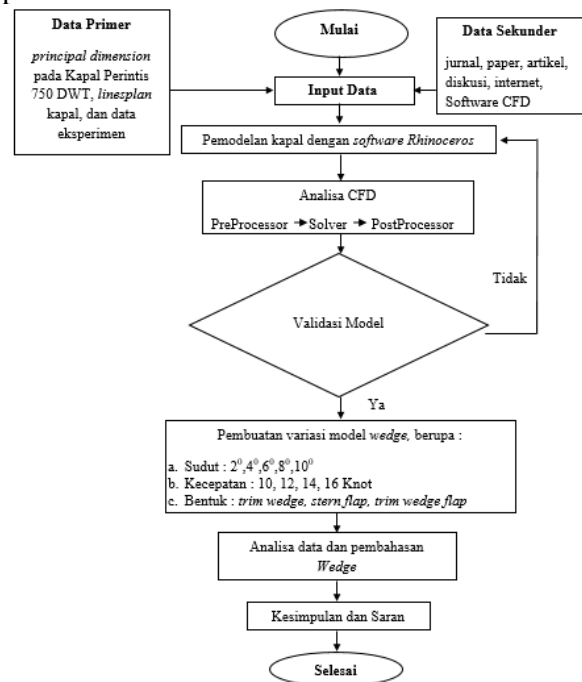
LOA (<i>Length over all</i>)	: 64,00 m
LWL	: 58,96 m
B	: 11,60 m
H	: 4,50 m
T	: 2,90 m
Speed (Vs)	: 16 knot



Gambar 1. *Lines Plan* Kapal Perintis 750 DWT

Pada data sekunder dapat diperoleh dari literatur (buku, jurnal, *International Conference* dan data penelitian sebelumnya).

Metode yang diterapkan di penelitian ini tersusun dengan sistematis dalam diagram alir penelitian berikut ini:



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian.

2.2 Parameter Penilitan

Pada Penelitian ini difokuskan pada variasi model bentuk dan sudut *wedge* pada kapal perintis *monohull 750 DWT* yang paling optimal terhadap hambatan. Maka dari itu, penelitian ini menggunakan beberapa parameter. Parameter yang digunakan antara lain adalah:

A. Parameter tetap

Penulis menggunakan data primer ukuran utama kapal perintis *monohull 750 DWT* untuk dijadikan sebagai parameter tetap dalam penelitian ini.

B. Parameter peubah

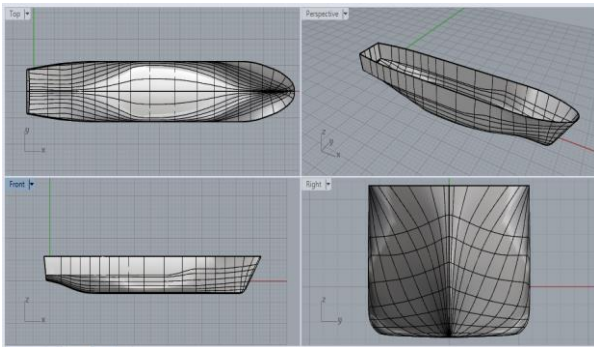
Model variasi bentuk, sudut, dan kecepatan :

- Sudut *wedge* dibentuk antara 2^0 , 4^0 , 6^0 , 8^0 , 10^0 dengan bagian bawah buritan yang tercelup air.
- Bentuk menggunakan 3 variasi model yaitu *trim wedge*, *stern flap*, dan *trim wedge flap*.
- Variasi kecepatan 10 knot, 12 knot, 14 knot dan 16 knot dengan F_n 0,21, 0,25, 0,29, dan 0,33.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Desain Model Badan Kapal

Untuk menghitung dan menganalisa hambatan kapal menggunakan *software* yang berbasis CFD maka langkah pertama yang harus dikerjakan adalah membuat model 3D Kapal Perintis 750 DWT. Model tersebut dibuat berdasarkan gambar rancang bangun yang sebenarnya. Dari data diatas dibuat pemodelan lambung kapal dengan bantuan perangkat lunak *Rhinoceros 5.0* yang kemudian di validasi dengan data LHI.



Gambar 3. Pemodelan Kapal Orisinal dengan *Software Rhinoceros 5.0*

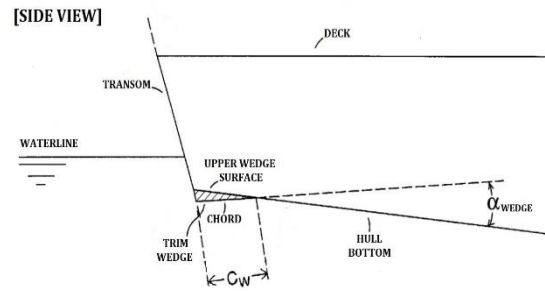
Apabila model kapal telah selesai dibuat, langkah berikutnya yaitu memodifikasi dengan menambahkan bentuk buritan kapal menjadi *trim wedge*, *stern flap* dan *trim wedge-flap*. Hasil pemodelan pada *Software Rhinoceros v 5.0* sebelumnya harus di skala 1 : 18 lalu diekspor ke bentuk *file* dengan ekstensi *.iges* selanjutnya dibuka dengan *software CFD Tdyn*.

3.2. Desain Wedge

Untuk variasi bentuk *wedge* yang digunakan pada penelitian ini terdapat tiga model *wedge* yang berbeda antara lain :

a. Trim Wedge

Trim Wedge adalah bentuk modifikasi pada lambung kapal di area buritan kapal tepatnya antara *station 19,5 – station 20* atau di bawah *transom* yang tercelup air. *Wedge* tersebut dibuat antara sudut relatif 2° , 4° , 6° , 8° dan 10° dari permukaan lambung kapal dengan panjang *wedge* 2% L_{pp} [5]. *Trim wedge* pada prinsipnya berfungsi untuk meningkatkan pola aliran air yang terjadi di area buritan kapal yang berpengaruh pada efisiensi propulsi [5]. Parameter utama *trim wedge* adalah panjang *chord* (L_f), Sudut *Wedge* (α), *Flap Span*. [8]

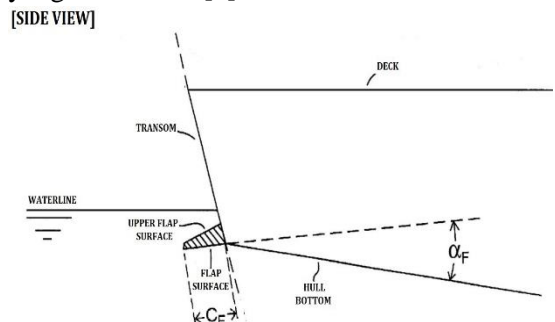


Gambar 4. *Trim Wedge* [8]

b. Stern Flap

Stern flap adalah bentuk modifikasi lambung kapal dengan memberikan penambahan panjang dalam bentuk *flap* yang terdapat di belakang *transom* kapal. Penambahan ini dapat memberikan perubahan aliran air yang terjadi di bawah area *transom*, itu terjadi karena adanya interaksi dengan lambung yang berlangsung *trim* kapal sehingga mengurangi resistensi propulsi dan meningkatkan kecepatan saat kapal melaju. Parameter *Stern Flap* yang paling utama adalah panjang *chord* (L_f), sudut *flap* (α) dan *flap span* sepanjang belakang *transom*.

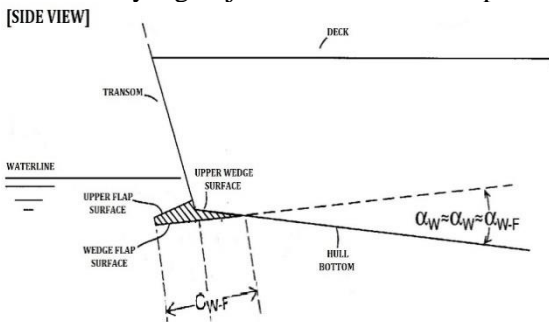
Prinsip kerja *Stern Flap* ini yaitu pada area *flap span* menyebabkan gaya angkat dan mengubah distribusi tekanan air yang terjadi di area bawah buritan, sehingga menyebabkan aliran bawah lambung berkurang di lokasi penambahan panjang tersebut. Mengurangi aliran kecepatan akan meningkatkan tekanan di bawah lambung, menyebabkan pengurangan kekuatan hisap *afterbody* (pengurangan bentuk drag) Tinggi gelombang dan energi gelombang di buritan dapat dikurangi dengan adanya *stern flap* [6]. 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 [7].



Gambar 5. *Stern Flap* [8]

c. *Trim Wedge Flap*

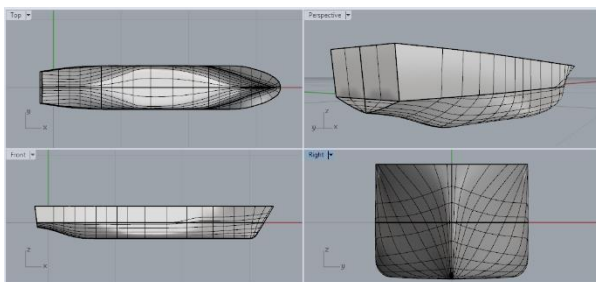
Trim wedge flap adalah salah satu bentuk modifikasi pada area buritan kapal yang merupakan hasil pengembangan dari *stern wedge* dan *stern flap*. *Stern wedge* yang dipasang pada buritan kapal diperpanjang dengan menambahkan *flap* dengan panjang 2%Lpp. Sudut *flap* hampir sama dengan sudut *wedge* yaitu sudut relatif 0^0-10^0 dari ujung depan *wedge* sepanjang 2%Lpp sampai dengan ujung belakang *flap*. Berfungsi untuk mengoptimalkan pola aliran gelombang yang terjadi di area buritan kapal dengan mengurangi aliran dan meningkatkan tekanan dinamis pada bagian bawah kapal. Hal tersebut mengakibatkan terjadinya gaya angkat yang nantinya berdampak pada pola aliran yang terjadi di area buritan kapal.



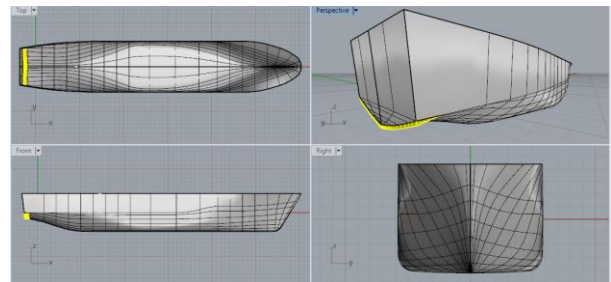
Gambar 6. *Trim Wedge Flap* [8]

3.3. Pembuatan Model Variasi

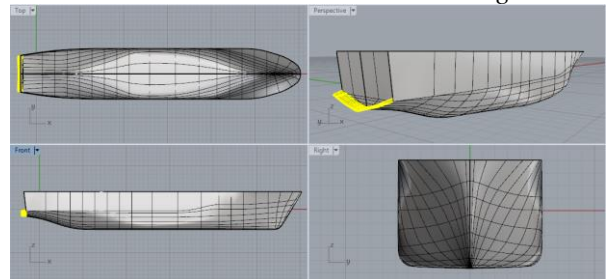
Model variasi yang digunakan untuk melakukan analisa hambatan dan analisa aliran air di area buritan kapal dibuat dengan bantuan *software Rhinoceros 5.0*. Langkah pertama yang dilakukan yaitu dengan memodifikasi model 3D kapal orisinal di bagian buritan sehingga membentuk model variasi yang sudah di tentukan ukuran dan bentuknya antara lain model *trim wedge*, *trim wedge flap*, dan *stern flap* dengan masing-masing sudut $2^0, 4^0, 6^0, 8^0, 10^0$. Setelah semuanya selesai dibuat kemudian *export* model 3D tersebut ke dalam format ekstensi *.iges* dengan skala 1 : 18.



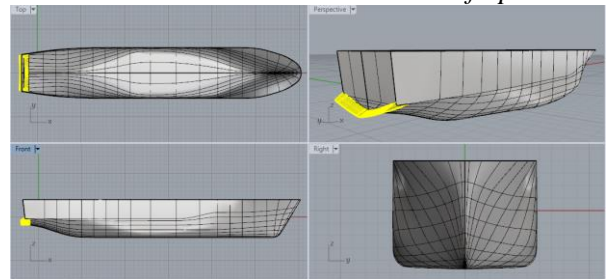
Gambar 7. Desain model orisinal



Gambar 8. Desain model *trim wedge*



Gambar 9. Desain model *stern flap*



Gambar 10. Desain model *trim wedge flap*

Tabel 1. Spesifikasi *Wedge*

Nama Model	Panjang Chord	Posisi
<i>Trim Wedge</i>	1,2 m	Dibawah Transom
<i>Trim Wedge Flap</i>	2,4 m	Dibawah/Belakang Transom
<i>Stern Flap</i>	1,2 m	Dibelakang Transom

3.4. Simulasi *Computational Fluid Dynamic*

Kemampuan metode CFD dan pesatnya perkembangan teknologi komputasi sehingga membuat pengaplikasian metode *computational fluid dynamic* sebagai solusi untuk kajian penelitian di dunia *engineering*. Penggunaan metode ini telah meluas pada dunia industri dan aplikasi-aplikasi studi keilmuan. Dalam karakteristik pola aliran, *software* berbasis CFD dapat memvisualisasikan pola aliran air yang lebih jelas, detail dan mempunyai hasil yang akurat dari hal sulit dan mahal tersebut, bahkan hasil yang diperoleh tidak dapat dilakukan dengan metode teknik eksperimen [9].

Pada hasil perhitungan CFD (Tdyn) menghasilkan 4 komponen gaya (*force*) pada kapal yang arahnya berlawanan dengan arah gerak kapal

sehingga disebut dengan hambatan kapal. Pertama adalah hambatan tekanan, kedua adalah hambatan tekanan statis yang nilainya sangat kecil sehingga dapat diabaikan, ketiga adalah hambatan viskos dan yang keempat adalah hambatan total. Sedangkan Hambatan Viskos (*Viscous Force*) adalah gaya yang dihasilkan dengan mengintegrasikan tegangan viskos atau traksi fluida (gaya tangensial fluida) pada permukaan lambung kapal [10].

3.5. Validasi Hambatan Kapal Orisinal

Tabel 2. Validasi Hambatan Total Kapal Orisinal

Fn	V (m/s)	RT LHI (N)	RT Simulasi CFD (N)	Error (%)
0,26	1,455	11,37	11,63	2,24
0,28	1,576	14,29	14,01	-1,98
0,30	1,698	18,54	19,24	3,64
0,32	1,819	22,96	23,46	2,11
0,34	1,940	28,06	27,38	-2,47

Validasi digunakan untuk mengatur konvergensi ukuran pada *meshing* yang tepat. Sehingga didapatkan ukuran *meshing* 0,03276 untuk area kapal bawah air, 0,1638 untuk *free surface*, dan 0,3276 untuk seluruh sisa komponen lainnya.

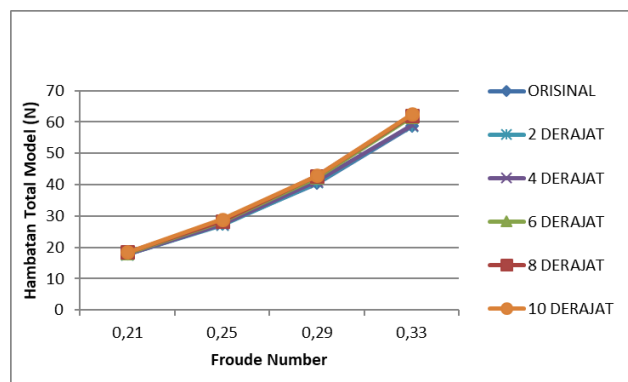
3.6. Hasil Simulasi Computational Fluid Dynamic

Hasil simulasi CFD (Tdyn) pada nilai hambatan yang diperoleh dapat dilihat setelah melakukan step *running data* pada menu "*Force on Boundaries*". Kemudian hasil tersebut dapat di analisa nilai hambatannya setelah penambahan variasi untuk tiap modelnya.

Variasi bentuk badan kapal dengan penambahan *trim wedge*, maka hasil analisisnya sebagai berikut :

Tabel 3. Hambatan total model *trim wedge*

Sudut/ Fn	Hambatan Total Model (N)			
	0,21	0,25	0,29	0,33
Orisinal	17,952	27,403	40,497	58,686
2°	17,812	27,103	40,736	58,804
4°	17,909	27,421	41,224	59,006
6°	18,083	28,121	42,281	61,579
8°	18,395	28,391	42,848	62,091
10°	18,418	28,917	42,975	62,498



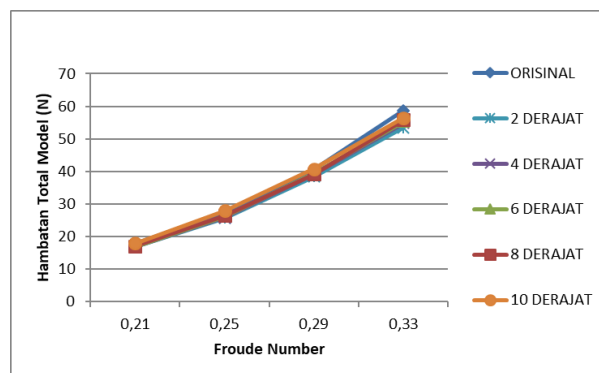
Gambar 11. Hambatan total model *trim wedge*

Tabel 3. menunjukkan nilai hambatan total model dari hasil simulasi CFD. Dalam hasil simulasi ini model *trim wedge* memberikan pengaruh terhadap penambahan hambatan total kapal hampir menyeluruh di setiap kecepatan rendah hingga tinggi. Semakin besarnya sudut *wedge* dan tingginya kecepatan memberikan dampak penambahan hambatan yang lebih besar. Pengurangan nilai hambatan hanya terjadi di sudut 2° Fn 0,21(0,78%), Fn 0,25 (1,09%) dan sudut 4° Fn 0,21 (0,24%). Pada model ini tidak optimal untuk mengurangi hambatan kapal karena mempunyai presentase keseluruhan penambahan hambatan sebesar 2,61%.

Peningkatan Hambatan yang terjadi karena pola aliran di daerah transom kapal menimbulkan turbulensi. Semakin dalam sudut *wedge* ke air yang terjadi adalah menghambat aliran air yang terjadi di area buritan sehingga tekanan hambatan yang terjadi semakin besar.

Tabel 4. Hambatan total model *stern flap*

Sudut/ Fn	Hambatan Total Model (N)			
	0,21	0,25	0,29	0,33
Orisinal	17,952	27,403	40,497	58,686
2°	16,807	25,711	28,449	53,471
4°	16,877	25,806	39,059	54,824
6°	16,934	26,241	39,331	55,339
8°	17,056	26,473	39,104	55,811
10°	17,994	27,957	40,742	56,451



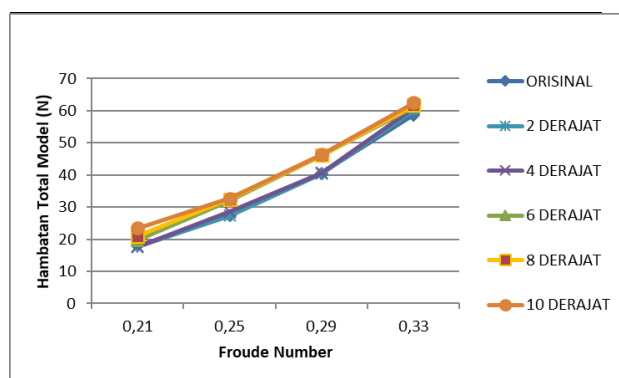
Gambar 12. Hambatan total model *stern flap*

Tabel 4. menunjukkan nilai hambatan total model dari hasil simulasi CFD. Dalam hasil simulasi ini model *stern flap* memberikan pengaruh optimal terhadap hambatan total kapal. Pengurangan nilai hambatan terjadi hampir menyeluruh pada setiap sudut dan kecepatan. Penambahan hambatan hanya terjadi di sudut 10^0 pada Fn 0,21 (0,23%), Fn 0,25 (2,02) dan Fn 0,29 (0,60%). Presentase pengurangan hambatan total keseluruhan sebesar 4,23%. *Stern flap* yang memiliki sudut yang kecil akan menghasilkan pengurangan hambatan yang cukup besar pada kecepatan rendah dan nilai pengurangan semakin mengecil di kecepatan tinggi.

Pengurangan hambatan yang terjadi karena pola aliran air yang terdapat pada buritan kapal memanjang, turbulensi aliran pada buritan menjauh pada saat kecepatan rendah hingga tinggi. Sehingga tinggi air yang mengalir tidak sampai membasahi transom. Tambahan Panjang *flap* menghasilkan peningkatan gaya angkat area buritan.

Tabel 5. Hambatan total model *trim wedge flap*

Sudut/ Fn	Hambatan Total Model (N)			
	0,21	0,25	0,29	0,33
Orisinil	17,952	27,403	40,497	58,686
2^0	17,681	27,339	40,335	60,806
4^0	17,791	28,562	40,644	61,239
6^0	19,737	32,108	46,021	61,739
8^0	21,003	32,456	46,147	61,739
10^0	23,516	32,659	46,319	62,519



Gambar 13. Hambatan total model *trim wedge flap*

Tabel 5. menunjukkan nilai hambatan gelombang total model dari hasil simulasi CFD. Dalam hasil simulasi ini model *trim wedge flap* memberikan pengaruh kurang optimal terhadap hambatan total kapal. Penambahan nilai hambatan terjadi hampir menyeluruh pada setiap sudut dan kecepatan. pengurangan hambatan hanya terjadi di sudut 2^0 pada Fn 0,21 (1,51%), Fn 0,25 (0,23), Fn 0,29 (0,40%) dan sudut 4^0 pada Fn 0,21 (0,90%).

Presentase penambahan hambatan total keseluruhan sebesar 8,92%. *Trim wedge flap* yang memiliki sudut yang kecil akan menghasilkan pengurangan hambatan yang kecil pada kecepatan rendah dan Sudut yang besar akan menghasilkan penambahan hambatan yang besar pada kecepatan yang rendah.

Penambahan hambatan terjadi karena pola aliran air terjadi turbulensi di area belakang. Semakin dalam sudut wedge ke air dan panjang chord pada *wedge* yang terjadi adalah justru menghambat aliran air yang terjadi di area buritan sehingga terjadi penumpukan tekanan hambatan.

3.7. Analisa Hambatan Akibat Penambahan Wedge

Analisis yang dilakukan adalah dengan melihat perbedaan nilai hambatan total pada tiap-tiap model yang diuji. Analisis dilakukan dengan membandingkan antara kapal model orisinal dengan model variasi *trim wedge*, *stern flap*, dan *trim wedge flap*. Pada tahap ini analisis dilakukan dengan melihat besar nilai hambatan pada 3 model variasi dengan masing-masing empat variasi kecepatan dan 5 variasi sudut. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa dari ketiga model variasi tersebut mana model yang memiliki hambatan paling baik dan optimal. Hasil analisa yang diperoleh dari simulasi ini antara lain:

a) Analisa Pengaruh Sudut dan Kecepatan

Dalam penelitian yang dilakukan terdapat lima variasi sudut. Kelima variasi tersebut memiliki sudut yang berbeda yaitu 2^0 - 10^0 . Sudut merupakan faktor yang penting dalam desain model. Setiap model variasi kapal memberikan pengaruh yang berbeda untuk tiap sudut yang dipilih. Model dengan sudut yang rendah (2^0) pada kecepatan rendah rata-rata terjadi pengurangan namun sedikit, tapi berbeda hasil ketika pada sudut 4^0 - 10^0 dimana penambahan hambatan mulai terjadi dengan presentase yang meningkat pada tiap sudut yang semakin besar. Ini fakta yang terjadi pada model *trim wedge* dan *trim wedge flap*. Karena mempunyai karakteristik yang sama terhadap perubahan pola air di area tersebut. Tapi hasil berbanding terbalik dengan model *stern flap*, dimana di setiap sudut *stern flap* berpengaruh terhadap pengurangan hambatan yang lebih besar terutama terjadi di kecepatan rendah. Semakin dalam sudut *stern flap* ini pengurangan hambatan juga semakin mengecil nilainya.

b) Analisa Distribusi Tekanan

Prinsip kerja pada ketiga model ini adalah memberikan tekanan pada kapal untuk mengurangi hambatan, tekanan tersebut yang dapat

mengakibatkan *lift* pada kapal. Pada kapal orisinal tekanan yang terjadi pasti lebih kecil dengan model variasi. Pada model yang menggunakan 3 model ini pasti memiliki tekanan di area yang di pasang mengalami kenaikan tekanan yang mengakibatkan terjadinya *lift*. Secara keseluruhan pengaruh penggunaan model variasi ini mengakibatkan perubahan tekanan yang terjadi pada bagian kapal yang terpasang variasi ini. Tekanan yang timbul ini mengakibatkan terjadinya *lift* yang akan mengurangi nilai hambatan yang terjadi. Namun yang terjadi pada model *trim wedge* dan *trim wedge flap* justru malah menambah hambatan, itu terjadi karena distribusi tekanan tidak seimbang yang mengakibatkan aliran yang di hasilkan menjadi turbulensi dan gaya tekan kapal terhadap fluida semakin besar.

c) Analisa Pola Aliran

Pola aliran merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi hambatan kapal. Pola aliran fluida yang *uniform* akan mengurangi nilai hambatan yang terjadi. Penambahan variasi model ini dapat mempengaruhi aliran fluida. Aliran fluida akan mengalami penurunan kecepatan pada daerah yang dipasang variasi ini dan aliran fluida akan mengalami peningkatan kecepatan pada saat setelah melewati bagian variasi yang dipasang. Dengan penurunan kecepatan maka akan terjadi kenaikan tekanan pada kapal.

Pada simulasi ini pola aliran saat kecepatan tinggi akan mengalami turbulensi yang semakin besar pada daerah yang dipasang. Hal ini membuat terjadinya peningkatan hambatan kapal, Transom kapal menjadi basah akibat adanya turbulensi pada daerah tersebut. Aliran air yang meninggalkan kapal membasahi transom sehingga terjadi penambahan hambatan. Pada saat kecepatan rendah turbulensi dari aliran malah lebih kecil. Dan juga turbulensi aliran di buritan kapal menjadi menjauh dari pada saat kecepatan rendah sehingga pengaruhnya terhadap hambatan kapal menjadi berkurang. Pada kecepatan rendah air yang mengalir tidak sampai mencapai transom. Sehingga pada daerah ini tidak terjadi torsi aliran dan transom tidak menjadi basah. Hasilnya pada kecepatan rendah hambatan yang terjadi menjadi berkurang.

Pola aliran yang terjadi pada model *trim wedge* dan *trim wedge flap* justru terganggu karena adanya variasi tersebut yang menonjol di bawah transom kapal. Aliran air tersebut tidak mengalir sebagai mana mestinya, sehingga menimbulkan turbulensi dan meningkatkan hambatan pada area tersebut.

d) Analisa Hasil Perbandingan

Hasil perbandingan dari simulasi ini dapat di analisa mana model variasi yang lebih baik hambatannya. Penambahan maupun pengurangan hambatan yang terjadi pada variasi model terjadi pada hasil simulasi ini. Setelah hasil yang di dapat maka diperoleh hasil yaitu model variasi *stern flap* yang memiliki hasil hambatan total yang lebih baik dari pada model original, *trim wedge* dan *trim wedge flap*. Dengan hal ini menunjukkan bahwa simulasi ini merupakan hasil yang valid dan bisa dipertanggungjawabkan. Hasil dari simulasi ini juga bisa di bandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya dengan objek yang sama, perbandingan menunjukkan bahwa hasil memiliki kemiripan dan perbedaan. Perbedaan yang terjadi kemungkinan karena beberapa faktor penelitian seperti referensi kapal yang berbeda. Dalam penelitian ini menggunakan kapal yang notabene memiliki kecepatan yang sedang dan memiliki bagian bawah buritan dengan bentuk V, sementara penelitian yang lain menggunakan kapal yang mempunyai kecepatan yang tinggi.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan Hasil simulasi dan perhitungan yang telah dianalisa maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

Hasil simulasi CFD Kapal Perintis 750 DWT dengan adanya penambahan *wedge*, terjadi perbedaan antara model kapal orisinal dan kapal yang menggunakan *wedge*.

Terjadi penambahan hambatan total pada model *trim wedge* sebesar 2,61% dan model *trim wedge flap* sebesar 8,92%. Pada model *stern flap* terjadi pengurangan hambatan sebesar 4,23% terhadap model orisinal. Pengurangan hambatan terjadi pada setiap variasi sudut dan kecepatan. Pengurangan hambatan terbesar di sudut 2 derajat dan kecepatan 10 knot.

Besarnya sudut *wedge* memberikan pengaruh terhadap besarnya hambatan kapal. Semakin besar sudut memberikan penambahan hambatan total yang semakin besar pada kecepatan tinggi. Semakin kecil sudut *wedge* memberikan pengurangan yang semakin besar pada kapal dengan kecepatan rendah.

Pengurangan hambatan pada kapal dengan *wedge* diakibatkan oleh adanya tekanan yang timbul dan perbaikan pola aliran. Hasil simulasi dari ketiga variasi model, model yang memiliki nilai hambatan paling kecil adalah model yang di pasang variasi *stern flap*. Karena terbukti dapat mengurangi hambatan yang optimal dibanding 2 model yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Sid'qon. "Kajian Bentuk Stern Hull Kapal Shallow Draft Untuk Meningkatkan Performance Kapal," M. S. Thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2015.
- [2] A. D. Alfian, E. S. Hadi, D. Chrismianto, "Analisa Hambatan Akibat Penambahan Stern Wedge Pada Kri Todak Menggunakan Metode Cfd (Computational Fluid Dynamic)," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 4, no. 10, pp. 779-786, 2016.
- [3] M. A. Alamsyah, *Analisis Computational Fluid Dynamic Terhadap Hambatan Crew Boat Dengan Penambahan Integrated Wedges-Flap*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2017.
- [4] E. Jadmiko, I. Syarif, L. Arif, "Comparison of Stern Wedge and Stern Flap on Fast Monohull Vessel Resistance," *International Journal of Marine Engineering Innovation and Research*, vol. 3, no. 2, pp. 041-049, 2018.
- [5] A. Y. Setiawan, W. D. Aryawan, *Modifikasi Bentuk Buritan Pada Shallow Draft Bulk Carrier Untuk Meningkatkan Efisiensi Sistem Propulsi*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2014.
- [6] M. Aktivano. *Analisa Penambahan Stern Flap pada Kapal Hull Planing Chine Axe Bow Pengaruhnya Terhadap Tahanan Kapal*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2017.
- [7] J. Harumbinang, E. S. Hadi, D. Chrismianto, "Analisa Hambatan Akibat Penambahan Stern Flap Pada Kapal Kri Todak Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamic (CFD)," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 4, no.4, pp. 758-767, 2016.
- [8] G. Karafiath, D. S. Cusanelli, *Combined Wedge-Flap For Improved Ship Powering*. Washington, DC: The United States of America as represented by the Secretary of the Navy, 2000.
- [9] D. Hermanto, *Analisa Peningkatan Performa Sea Keeping Kapal Catamaran Menggunakan Center Bulb dan Bulbosbow dengan Menggunakan Metode CFD*. Semarang: Universitas Diponegoro. 2016
- [10] M. Iqbal. "Kajian eksperimental dan numerik pengaruh perairan dangkal dan sedang terhadap hambatan kapal trimaran dengan variasi posisi side hull," M.S. Thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2014.