



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Analisis Pengaruh *Hull Vane* Tipe NACA 2412 Sudut 0° Terhadap Hambatan dan *Seakeeping* Pada Kapal Perintis 750 DWT Dengan Variasi Jumlah dan Posisi *Foil Hull Vane* Menggunakan Metode CFD

Rachmat Assidiq¹⁾, Eko Sasmito Hadi¹⁾, Parlindungan Manik¹⁾

¹⁾Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Email : rassidiq2@gmail.com, ekosasmitohadi@gmail.com, parlin1974@yahoo.com

Abstrak

Perkembangan teknologi perkapalan sudah banyak diaplikasikan pada kapal. Hal itu sangat penting karena dapat meningkatkan performa kapal, diantaranya mengurangi hambatan dan memperbaiki olah gerak kapal. Penambahan *hull vane* dapat mengurangi hambatan pada kapal. *Hull vane* adalah *fixed foil* yang terletak pada buritan kapal dan di bawah garis air. Gaya angkat pada *hull vane* dapat mengurangi terjadinya *running trim*, sehingga hambatan akan berkurang. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan perancangan *hull vane* pada kapal, baik dalam hal jumlah dan posisi *foil* untuk menghasilkan hambatan yang terkecil dan olah gerak kapal yang terbaik. Pada penelitian ini penulis menggunakan program komputer berbasis *Computational Fluid Dynamic* (CFD) didalam menyelesaikan masalah dari tujuan penelitian. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa model kapal *single foil hull vane* dengan posisi *foil* 2%LWL di belakang kapal dan 60%T(sarat) adalah model yang paling optimal mengurangi hambatan total karena dapat diperkecil hingga 27,278%, terjadi pada Fn 0,32. Dengan pengurangan pada *pressure forces* sebesar 48,38% dan pengurangan *viscous forces* sebesar 14,58%. Sedangkan untuk olah gerak kapal nilai *heaving* dan nilai *pitching* terbaik pada model kapal *single foil hull vane* posisi *foil* 4%LWL di belakang kapal dan 60%T (sarat) dengan pengurangan nilai *heaving* sebesar 8,86% dan nilai *pitching* sebesar 6,44% pada Fn 0,34.

Kata kunci :

Hull Vane, CFD (*computational Fluid Dynamics*), Hambatan, Olah Gerak Kapal

1. PENDAHULUAN

Dunia perkapalan sangat berperan bagi kemajuan sebuah negara, baik dalam hal transportasi, perekonomian maupun bidang pertahanan. Peningkatan performa kapal merupakan hal yang perlu diperhatikan seiring berkembangnya teknologi. Salah satu cara dalam meningkatkan performa kapal yaitu dengan mengurangi hambatan dan mendapatkan olah gerak kapal yang lebih baik. Kemajuan teknologi perkapalan sudah banyak diaplikasikan didalam mengurangi hambatan juga mendapatkan olah gerak kapal yang baik. Dalam penelitian ini, salah satu teknologi, yaitu penambahan *hull vane* pada kapal menjadi bahasan.

Hull vane dapat dipasang pada kapal bangunan baru maupun kapal bangunan lama.

Pemasangan *hull vane* pada kapal ditujukan untuk mengurangi adanya *running trim* pada kapal yang terjadi saat kecepatan tinggi, yang menyebabkan gerakan *pitching* pada kapal berkurang. Berkurangnya gerakan *pitching* kapal juga membuat hambatan total kapal juga berkurang.

Dari pemikiran di atas akan dilakukan penelitian guna meningkatkan performa kapal, diantaranya hambatan kapal, dan olah gerak kapal dengan variasi posisi *foil*, jumlah *foil*, sudut *foil*, dan tipe *foil* pada *hull vane* dengan menggunakan metode CFD (*Computational Fluid Dynamics*).

1.1. Perumusan Masalah

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

1. Bagaimana pengaruh hambatan dan olah gerak kapal setelah penambahan *hull vane* dari tiap variasi jumlah dan posisi *foil hull vane* tipe NACA 2412 sudut 0° ?
2. Bagaimana perbandingan nilai hambatan dan olah gerak kapal sebelum dan setelah penambahan *hull vane* dari tiap variasi jumlah dan posisi *foil hull vane* tipe NACA 2412 sudut 0° ?
3. Bagaimana jumlah dan posisi *foil hull vane* tipe NACA 2412 sudut 0° dengan nilai hambatan terkecil dan olah gerak kapal yang terbaik?

1.2. Batasan Masalah

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

1. Kapal yang digunakan adalah kapal perintis 750 DWT.
2. *Hull vane* yang dikaji hanya terbatas pada analisa hambatan dan olah gerak.
3. Data hambatan kapal asli menggunakan pengujian *towing tank* digunakan untuk referensi awal terhadap modifikasi penambahan *hull vane*.
4. *Foil* yang digunakan adalah tipe NACA 2412 sudut 0° dengan panjang *chord* 1,15 m dan *span foil* 9,76 m.
5. Variasi kecepatan terbatas 12, 13,14, 15, dan 16 knot.
6. Variasi jumlah *foil* yaitu *single* dan *double foil*.
7. Variasi posisi *hull vane* dengan 3 posisi yang berbeda.
8. Posisi penempatan *hull vane* yang digunakan dengan titik acuan atau titik 0 di sarat kapal pada ujung buritan yaitu (-1.15, 0.00, -1.74)

1.3. Tujuan Penelitian

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

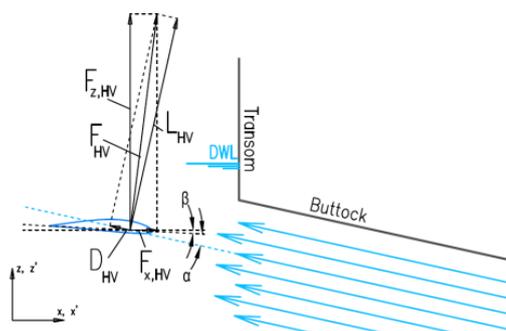
1. Mengetahui besar hambatan dan olah gerak kapal setelah penambahan *hull vane* dari tiap variasi jumlah dan posisi *foil hull vane* tipe NACA 2412 sudut 0° .
2. Mengetahui besar perbandingan nilai hambatan dan olah gerak kapal sebelum dan setelah penambahan *hull vane* dari tiap variasi jumlah dan posisi *foil hull vane* tipe NACA 2412 sudut 0° .
3. Jumlah dan posisi *foil hull vane* tipe NACA 2412 sudut 0° dengan nilai

hambatan terkecil dan olah gerak kapal yang terbaik.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Hull Vane

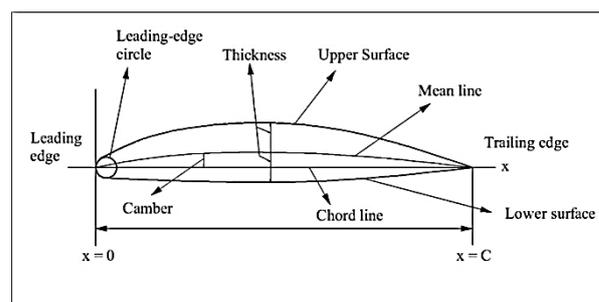
Hull vane adalah *fixed foil* yang terletak di bawah garis air pada buritan kapal. Aliran gelombang di sekitar *vane* tersebut akan mengakibatkan gaya angkat sehingga dapat menambah gaya dorong kapal[1]. Hal ini menyebabkan hambatan berkurang, yang membuat bahan bakar menjadi lebih hemat. Gaya-gayayang bekerja pada *hull vane* dapat dilihat pada gambar 1. Terdapat empat efek pada kapal yang ditimbulkan oleh adanya penambahan *hull vane* antara lain, gaya dorong kapal, trim kapal yang lebih baik, tinggi gelombang pada buritan kapal menjadi berkurang, dan oalh gerak kapal menjadi lebih baik[2].



Gambar 1. Gaya-gaya yang Bekerja pada *Hull Vane*

2.2. Foil Theory

Foil adalah bentuk bangun yang dapat menghasilkan gaya angkat besar dengan hambatan sekecil mungkin. Gaya angkat (*lift*) dan *stall* dari sayap tersebut sangat bergantung pada bentuk geometris penampang *foil*-nya. Bentuk geometris penampang *foil* secara umum dapat dilihat pada gambar berikut [3]:

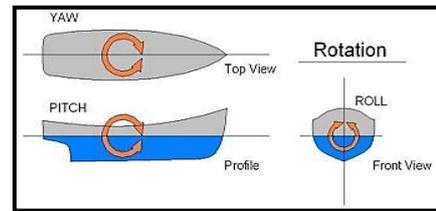


Gambar 2. Notasi pada *foil*.

Dan bagian-bagian *foil* adalah sebagai berikut:

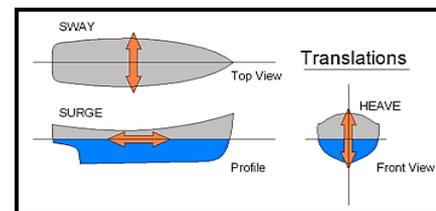
- *Leading edge* : sisi depan *foil*

- *Trailing edge* : sisi belakang *foil*
- *Chord* : jarak antara *leading edge* dan *trailing edge*
- *Chord line* : garis lurus yang menghubungkan *leading edge* dengan *trailing edge*.
- *Mean chamber line* : garis yang membagi sama besar antara permukaan atas dan bawah.
- *Maximum chamber* : jarak maksimal antara *chamber line* dan *chord line*.
- *Maximum thickness*: jarak maksimal antara permukaan atas dan bawah.
- *Leading edge radius*: jari-jari kelengkungan permukaan *leading edge*, besarnya radius ini 0 – 2%.
- Sudut serang adalah sudut yang dibentuk antara *chord foil* dengan *vector* kecepatan aliran fluida *freestream*. Perubahan Reynolds number dan sudut serang (α) mempengaruhi harga gaya angkat (*lift*).



Gambar 3. Macam gerak kapal rotasi

2. Gerakan *linear*, gerak ini merupakan gerak lurus beraturan sesuai dengan sumbunya meliputi: *surging*, *swaying*, *heaving*



Gambar 4. Macam gerak kapal translasi

2.3. Hambatan pada Kapal

Total hambatan kapal yang terdiri atas dua komponen yaitu hambatan sisa (*residual*) dan hambatan gesek (*friction*)[4]. Hambatan sisa dalam hal ini meliputi komponen hambatan *wave-making system energies*, *eddy* dan *viscous energy losses* akibat bentuk lambung kapal. Sedangkan hambatan gesek kapal diasumsikan sama dengan hambatan gesek suatu pelat datar 2-dimensi yang mempunyai luas permukaan bidang basah yang sama serta bergerak di air pada kecepatan sama dengan kecepatan kapal.

Metode analisa 2-dimensi tersebut di atas tidak cukup merefleksikan kontribusi bentuk/kontur lambung kapal (yang 3-dimensi) terhadap hambatan viskos, sehingga kemudian diperkenalkan metode untuk digunakan dalam korelasi model kapal dimana total hambatan adalah penjumlahan dari 3(tiga) komponen yaitu hambatan gesek (*friction*), hambatan bentuk (*form*), dan hambatan *free surface* sebagai hambatan gelombang (CW) [4].

2.4. Seakeeping

Seakeeping adalah gerakan yang dipengaruhi oleh gaya-gaya luar yang disebabkan oleh kondisi air laut[5]. Faktor luar yaitu iklim yang tidak mendukung dan mengakibatkan gelombang besar. Dalam memperoleh perlakuan dari gelombang kapal mengalami 2 jenis gerakan yaitu:

1. Gerakan rotasi, gerak ini merupakan gerak putaran meliputi: *rolling*, *pitching*, *yawing*

Dalam kajian olah gerak kapal, gerakan yang ditinjau adalah gerakan yang hanya mampu direspon oleh kapal, yaitu *rolling*, *heaving*, *pitching*. Hasil perhitungan *seakeeping* dievaluasi dengan menyesuaikan standar kriteria *seakeeping* yang tergantung dari jenis kapal.

2.5. Response Amplitudo Operator (RAO)

Respon gerakan kapal terhadap gelombang regular dinyatakan dalam RAO (*Response Amplitudo Operator*), dimana RAO adalah rasio antara amplitudo gerakan kapal (baik translasi maupun rotasi) terhadap amplitudo gelombang pada frekuensi tertentu.

Respon gerakan RAO untuk gerakan translasi merupakan perbandingan langsung antara amplitudo gerakan kapal (Z_0) dengan amplitudo gelombang (ζ_0) (keduanya dalam satuan panjang) :

$$RAO = \frac{Z_0}{\zeta_0} \text{ (m/m) (1)}$$

Sedangkan gerakan rotasi merupakan perbandingan amplitudo gerakan rotasi (dalam radian) dengan kemiringan gelombang yang merupakan perkalian angka gelombang, $k_w = \omega^2/g$ dengan amplitudo gelombang :

$$RAO = \frac{\theta_0}{k_w \zeta_0} = \frac{\theta_0}{(\omega^2/g)\zeta_0} \text{ (rad/ rad) (2)}$$

Pada kenyataannya, gelombang di laut adalah gelombang acak sehingga respon kapal terhadap gelombang regular yang dinyatakan dalam RAO tidak dapat menggambarkan respon

kapal pada keadaan sesungguhnya di laut. Untuk mendapatkan respon gerakan kapal terhadap gelombang acak dapat digambarkan dengan spektrum respon [6].

Spektrum respon didapatkan dengan mengalikan spectrum gelombang (S_{ζ}) dengan RAO^2 :

$$S_{\zeta_r}(\omega) = RAO^2 \times S_{\zeta}(\omega) \quad (3)$$

2.6. Computational Fluid Dynamics (CFD)

Computational Fluid Dynamics (CFD), merupakan salah satu cabang dari mekanika fluida yang menggunakan metode numerik dan algoritma untuk menyelesaikan dan menganalisis permasalahan yang berhubungan dengan aliran fluida[7]. Tujuan dari CFD adalah untuk memprediksi secara akurat tentang aliran fluida, perpindahan panas, dan reaksi kimia dalam sistem yang kompleks, yang melibatkan satu atau semua fenomena di atas.

Computational fluid dynamics terdiri dari tiga elemen utama yaitu:

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

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

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

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Materi Penelitian

Dalam penelitian ini, penulis memiliki data primer berupa ukuran utama kapal perintis *monohull* tipe 750 DWT :

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

Untuk data sekunder diperoleh dari literatur (jurnal, buku, dan data yang didapat pada penelitian sebelumnya).

3.2. Parameter Penilitan

Penelitian ini difokuskan pada variasi jumlah dan posisi *hull vane* pada kapal perintis *monohull* 750 DWT yang paling optimal terhadap hambatan

dan olah gerak kapal. Maka dari itu, penelitian ini menggunakan beberapa parameter. Parameter yang digunakan adalah sebagai berikut:

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 jumlah dan posisi *hull vane* :

- Posisi *hull vane* I yaitu 2%LWL dibelakang kapal dan 60%T dibawah sarat.
- Posisi *hull vane* II yaitu 2%LWL dibelakang kapal dan 50%T dibawah sarat.
- Posisi *hull vane* III dengan jarak memanjang 4%LWL dibelakang kapal dan 60%T dibawah sarat.
- Penambahan *single foil hull vane* menjadi *double foil hull vane*.

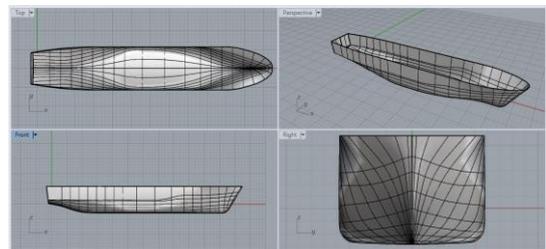
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengolahan Data

A. Desain Model Badan Kapal

Permodelan untuk analisis hambatan dan olah gerak kapal perintis 750 DWT dengan berdasarkan variasi jumlah dan posisi *hull vane*, menggunakan bantuan *Software Rhinoceros 5.0* untuk proses pembuatan atau penggambaran.

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



Gambar 5. Pemodelan Kapal Objek Penelitian dengan *Software Rhinoceros 5.0*

Hasil pemodelan dari *Software Rhinoceros 5.0* terlebih dahulu di skala 1 : 18 sesuai dengan validasi hambatan dalam pengujian towing tank lalu di ekspor kedalam bentuk *file .iges* kemudian dibuka di *Software CFD Tdyn 12.2.3.0*.

B. Pembuatan Model *Hull Vane*

Pembuatan variasi model dirancang menggunakan *software Rhinoceros 5.0*. Acuan yang digunakan untuk membuat

model *hull vane* diambil dari penelitian sebelumnya[1].

Tabel 1. Ukuran dan Posisi *Foil Hull Vane*

Profile	NACA 2412
Span	9,76 m
Chord	1,15 m
x	-1,15 m
y	0 m
z	-1,74 m

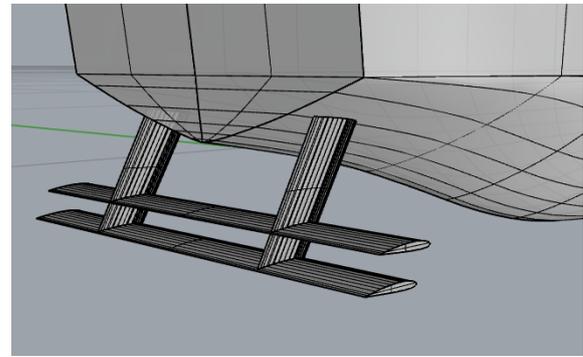
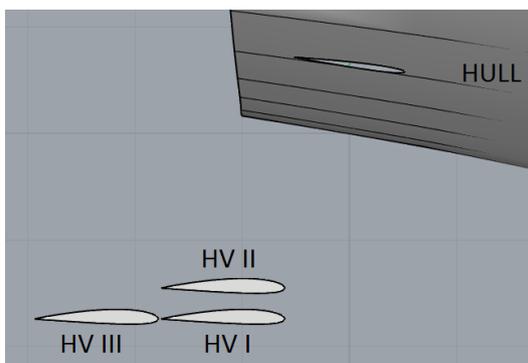
C. Pembuatan Variasi Model

Dalam pembuatan variasi posisi dan jumlah juga dirancang menggunakan *software Rhinoceros 5.0*. Acuan yang digunakan untuk melakukan variasi perubahan posisi *foil hull vane* diambil dari penelitian sebelumnya [2].

Tabel 2. Variasi Posisi dan Jumlah *Foil Hull Vane*

Model	x	y	z	Jumlah foil
1	-1,15 m	0 m	-1,74 m	1
2	-1,15 m	0 m	-1,45 m	1
3	-2,36 m	0 m	-1,74 m	1
4	-1,15 m	0 m	-1,74 m	2
5	-1,15 m	0 m	-1,45 m	2
6	-2,36 m	0 m	-1,74 m	2

Perancangan variasi posisi *foil hull vane* dimulai dengan menentukan titik koordinat 0 pada kapal. Titik itu digunakan sebagai dasar penentuan posisi *foil hull vane*. Dalam penelitian ini, titik tersebut berada pada perpotongan antara linggi buritan kapal dengan garis muat kapal atau sarat(T).



Gambar 6. Variasi Posisi dan Jumlah *Foil Hull Vane*

4.2. Validasi Hambatan Kapal Objek Penelitian

Analisis hambatan menggunakan skala perbandingan antara model dan *prototype* yaitu 1:18. Untuk validasi kapal tanpa variasi penambahan *hull vane* yaitu menggunakan data dari pengujian *towing tank* yang sudah dilakukan sebelumnya.

Tabel 3. Validasi Hambatan Total Kapal Objek Penelitian

F _n	V (m/s)	RT Empiris (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 ini digunakan untuk pengaturan konvergensi ukuran *meshing* yang sesuai. Sehingga ukuran 0,03276 untuk daerah kapal bawah air, 0,1638 untuk *free surface*, dan 0,3276 untuk seluruh komponen sisa bisa digunakan.

4.3. Analisis Hambatan Kapal dengan Variasi Posisi dan Jumlah *Foil Hull Vane*

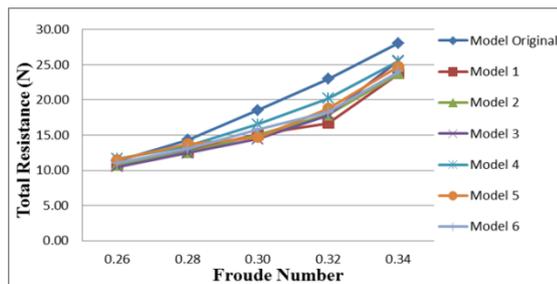
Dalam simulasi numerik pada *Computational Fluid Dynamic Tdyn 12.2.3.0* ini nilai hambatan dapat dilihat setelah melakukan *running data* pada menu "*Force on Boundaries*". Berikut hasil simulasi analisis hambatan :

Tabel 4. Nilai Hambatan Total Kapal dengan Variasi Posisi dan Jumlah *Foil Hull Vane*

Model	Resistance Total (N)				
	Froude Number				
	0,26	0,28	0,30	0,32	0,34
Original	11,37	14,29	18,54	22,96	28,06
1	10,89	12,72	15,10	16,70	23,72
2	10,76	12,56	15,09	17,86	23,71
3	10,51	12,46	14,45	17,85	25,57
4	11,64	13,39	16,57	20,22	25,49
5	11,49	13,74	14,71	18,76	24,70
6	11,01	13,07	15,84	18,28	23,99

Tabel 5. Koreksi Hambatan Total Kapal dengan Variasi Posisi dan Jumlah *Foil Hull Vane*

Model	Koreksi Resistance Total (%)				
	Froude Number				
	0,26	0,28	0,30	0,32	0,34
Original	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1	-4,3	-11,0	-18,5	-27,3	-15,5
2	-5,4	-12,1	-18,6	-22,2	-15,5
3	-7,6	-12,8	-22,1	-22,3	-8,9
4	2,4	-6,3	-10,6	-11,9	-9,2
5	1,1	-3,9	-20,7	-18,3	-12,0
6	-3,1	-8,6	-14,6	-20,4	-14,5



Gambar 7. Grafik Hambatan Total Kapal Model dengan Variasi Penambahan *Hull Vane*

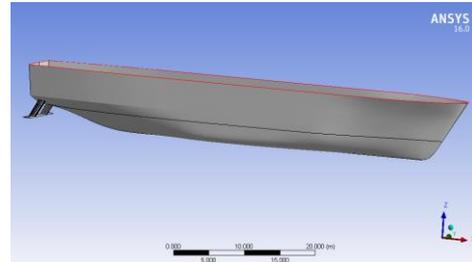
Dari Tabel 4 diperoleh nilai hambatan total dari seluruh konfigurasi model. Konfigurasi model variasi jumlah dan posisi *foil hull vane* dapat mengurangi hambatan total pada setiap Fn.

Berdasarkan perhitungan dengan analisis CFD diketahui bahwa model 1 yaitu *single foil hull vane* dengan posisi foil 2%LWL di belakang kapal dan 60%T pada Fn 0,32 mempunyai efektifitas pengurangan hambatan total mencapai 27,278%.

4.4. Analisis Olah Gerak Kapal

Pada penelitian ini perhitungan olah gerak kapal dilakukan menggunakan *software Ansys AQWA*. Program ini merupakan salah satu perangkat lunak yang mempunyai kemampuan

untuk menganalisis *seakeeping performance* diantara beberapa *software* komersial yang telah ada. Analisis olah gerak dihitung dengan menggunakan metode *Hydrodynamic Diffraction* dengan 5 variasi kecepatan yaitu pada *froude number* 0,26 ; 0,28 ; 0,30 ; 0,32 dan 0,34 pada sudut *heading* 180°.



Gambar 8. Analisis Olah Gerak Kapal dengan *Software Ansys AQWA*

Hasil analisis olah gerak ini berupa *Response Amplitudo Operator* (RAO) untuk *heave* dan *pitch*.

Pada kenyataannya, gelombang di laut adalah gelombang acak sehingga respon kapal terhadap gelombang reguler yang dinyatakan dalam RAO tidak dapat menggambarkan respon kapal pada keadaan sesungguhnya di laut. Untuk mendapatkan respon gerakan kapal terhadap gelombang acak dapat digambarkan dengan spektrum respon. Spektrum respon didapatkan dengan mengalikan spektrum gelombang [6]. Untuk perairan laut jawa, data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu tinggi gelombang signifikan (H_s) 4 m.

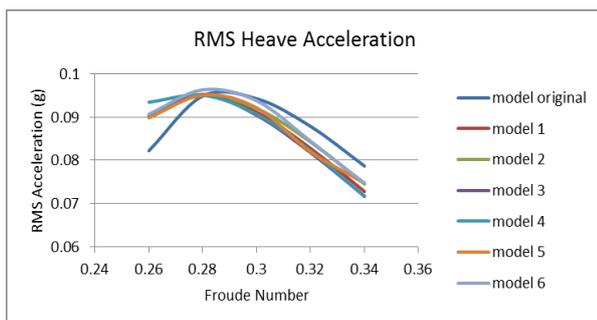
Berdasarkan analisis yang dilakukan menggunakan metode CFD dan dilanjutkan dengan perhitungan secara manual didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 6. Nilai RMS *Heave* Kapal dengan Variasi Posisi dan Jumlah *Foil Hull Vane*

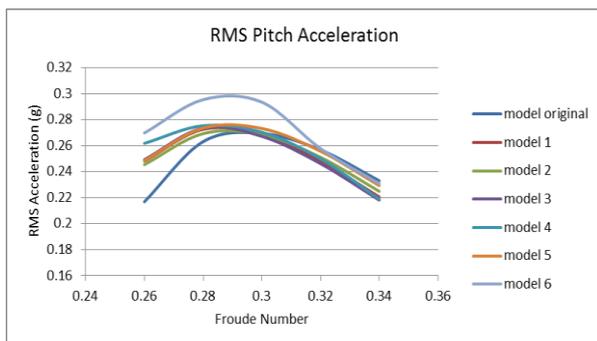
Model	RMS Heave Acceleration (g)				
	Froude Number				
	0,26	0,28	0,30	0,32	0,34
Original	0,082	0,095	0,094	0,088	0,079
1	0,090	0,095	0,091	0,083	0,073
2	0,090	0,095	0,092	0,084	0,075
3	0,090	0,095	0,090	0,082	0,072
4	0,093	0,095	0,091	0,082	0,072
5	0,090	0,095	0,092	0,082	0,075
6	0,091	0,096	0,094	0,084	0,075
Kriteria Standard	0,275	0,275	0,275	0,275	0,275

Tabel 7. Nilai RMS *Pitch* Kapal dengan Variasi Posisi dan Jumlah *Foil Hull Vane*

Model	RMS Pitch Acceleration (g)				
	Froude Number				
	0,26	0,28	0,30	0,32	0,34
Original	0,217	0,263	0,269	0,257	0,233
1	0,248	0,273	0,268	0,248	0,220
2	0,245	0,269	0,268	0,251	0,225
3	0,249	0,274	0,267	0,246	0,218
4	0,262	0,275	0,270	0,250	0,219
5	0,248	0,274	0,273	0,256	0,229
6	0,270	0,295	0,293	0,258	0,231
Kriteria Standard	0,275	0,275	0,275	0,275	0,275



Gambar 9. Nilai RMS *Heave* Kapal dengan Variasi Penambahan *Hull Vane*



Gambar 10. Nilai RMS *Pitch* Kapal dengan Variasi Penambahan *Hull Vane*

Dari tabel di atas kita dapat melihat bahwa dalam analisis gerakan *heaving*, model kapal *single foil hull vane* dengan posisi *foil* 4%LWL di belakang kapal dan 60%T adalah model yang mempunyai gerakan yang paling baik karena dapat mengurangi nilai RMS *acceleration* pada hampir ditiap Fn, dengan pengurangan mencapai 8,86% pada Fn 0,34. Sedangkan hasil analisis gerakan *pitching* menunjukkan bahwa kapal model *single foil* dengan posisi *foil* 4%LWL di belakang kapal dan 60%T memiliki gerakan yang paling baik karena dapat mengurangi nilai RMS *acceleration* pada hampir ditiap Fn, dengan pengurangan mencapai 6,44% pada Fn 0,34.

5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

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

1. Setelah penambahan *hull vane* dari tiap variasi jumlah dan posisi *foil hull vane* tipe NACA 2412 sudut 0°, maka dilihat bahwa besar hambatan kapal menjadi berkurang dan olah gerak kapal menjadi lebih baik.
2. Nilai hambatan total yang didapat dari variasi jumlah dan posisi *foil hull vane* terjadi penurunan hingga 27,278% pada model *single foil hull vane* dengan posisi *foil* 2%LWL di belakang kapal dan 60%T. Sedangkan hasil analisis gerakan *heaving* menunjukkan bahwa terjadi pengurangan nilai RMS *acceleration* hingga 8,86% pada model *single foil* dengan posisi *foil* 4%LWL di belakang kapal dan analisis gerak *pitching* terjadi pengurangan sebesar 6,44% pada model *single foil* dengan posisi *foil* 4%LWL di belakang kapal.
3. Model kapal *single foil hull vane* dengan posisi *foil* 2%LWL di belakang kapal dan 60%T adalah model yang paling optimal mengurangi hambatan total, nilai ini terjadi pada *Froude Number* 0,32. Dengan pengurangan pada *pressure forces* sebesar 48,38%, dan *viscous forces* mengalami pengurangan sebesar 14,58%. Sedangkan untuk olah gerak terbaik adalah kapal model *single foil* dengan posisi *foil* 4%LWL di belakang kapal dan 60%T, karena dapat mengurangi nilai RMS *acceleration heave* dan RMS *acceleration pitch* dengan optimal.

5.2. Saran

Dari analisis performa kapal telah divariasi jumlah dan posisi *foil hull vane* penulis menyarankan:

1. Perlu dilakukan kajian lebih lanjut terhadap biaya yang dikeluarkan dengan dilakukannya penambahan atau pemasangan *hull vane* pada kapal.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap penggunaan tipe *foil* untuk lebih meningkatkan performa kapal.
3. Dalam analisis menggunakan CFD, sebaiknya menggunakan spesifikasi komputer yang tinggi sehingga dalam simulasi bisa menghemat waktu proses simulasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Andrews A., Avala V.K., Sahoo P.K., Ramakrishnan S. 2015. *“Resistance Characrestics For High-Speed Hull Forms with Vanes”*. Florida Institute of Technology : Melbourne, Florida.
- [2] Uithof K., P. van Oossanen, N. Moerke, van Oossanen P.G., Zaaijer K.S., 2014. *“An update on the Development of the Hull Vane®”*. Athens. HIPER 2014, High Performance Marine Vehicles.
- [3] Abbott I.R., Von Doenhoff A.E. 1958. *“Theory of Wing Sections : Including a Summary of Airfoil Data”*. New York : Dover Publications.
- [4] Savitsky, D. 1985. *“Planing Craft”*. Naval Engineers Journal, Chapter IV.
- [5] Manik, P. 2007. *“Analisa Gerakan Seakeeping Kapal pada Gelombang Reguler”*. KAPAL, Vol. 4, No. 1.
- [6] M. Iqbal and G. Rindo. 2015. *“Optimasi Bentuk Semihull Kapal Katamaran untuk Meningkatkan Kualitas Seakeeping,”* Kapal, vol. 12, pp. 19–24.
- [7] Abidin, Z. 2015. *“Komparasi Desain dan Analisa Underwater Thruster pada Remotely Operated Vehicle (ROV) dengan Metode CFD”*. Semarang : Jurusan Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro.