



Analisa Performa Penambahan *Hull Vane* Terhadap Hambatan dan *Seakeeping* Kapal Perintis 750 DWT dengan Variasi *Foil* Menggunakan Metode CFD

Daud Martim Sihombing¹⁾, Wilma Amiruddin¹⁾, Muhammad Iqbal¹⁾

¹⁾Laboratorium Hidrodinamika

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

*e-mail: daud.sihombing26@gmail.com

Abstrak

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di Dunia dan sebagian wilayahnya adalah perairan. Kapal Perintis merupakan kapal yang erintis tugas dan pada saat beroperasi kapal perintis mempunyai hambatan (*resistance*). Untuk mengurangi nilai hambatan kapal digunakan teknologi *Hull Vane*. *Hull Vane* adalah *fixed foil* yang terletak dibawah garis air pada bagian buritan kapal. Gaya angkat pada *hull vane* dapat mengurangi hambatan. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan hasil hambatan yang terkecil dan olah gerak kapal yang terbaik dari varias *foil* dan sudut. Ukuran *hull vane* yang digunakan pada penelitian ini yaitu panjang *span foil* 9,46 m dan panjang *chord foil* 1,15 m. Penelitian ini menggunakan program komputer berbasis *Computational Fluid Dynamic (CF D)*. Berdasarkan penelitian ini menunjukkan bahwa kapal dengan penambahan *hull vane* dengan variasi NACA 1410 sudut -5 dengan Fn 0,34 dapat mengurangi hambatan sebesar 11,839% dari hambatan kapal asli. Dari hasil running menunjukkan pengurangan hambatan total dari 163,66 KN menjadi 144,29 KN, preasure force dari 71,73 KN menjadi 39,07 N dan hambatan viskositas berkurang dari 87,98 KN menjadi 99,77 KN.

Kata Kunci : *Foil* , *NACA*, *Hullvane*, *Olah gerak*, *CFD (Computational Fluid Dynamics)*

1. PENDAHULUAN

Kemajuan maritim menjadi salah satu penanda maju atau masih berkembangnya Negara. Hal itu didukung dengan perkembangan teknologi pada dunia perkapalan . Salah satu teknologi yang dapat meningkatkan efisiensi dengan memperkecil nilai hambatan dan mendapat olah gerak paling baik adalah *Hull Vane*.

Hull Vane adalah *fixed foil* yang terletak dibawah garis air pada bagian buritan kapal aliran gelombang di sekitar *vane* tersebut akan mengakibatkan gaya angkat sehingga dapat menambah gaya dorong kapal [1]. Aliran yang menuju *Hull Vane* akan menciptakan gaya lift yang searah dengan gaya dorong kapal, gaya yang terjadi pada *Hull Vane* berdampak pada pengurangan nilai hambatan.[2]

Pada penelitian sebelumnya pada kapal yang sama di dapat bahwa 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 sebesar 27,278% terjadi pada Fn 0,32[3] sedangkan pada penelitian mendapatkan kesimpulan bahwa penambahan *Hull Vane* dengan variasi 50%T dengan Fn 0,34 dapat mengurangi hambatan total sebesar 20,135% dari hambatan kapal asli dan menunjukkan bahwa *single foil* memiliki hasil dan respon lebih bagus daripada *double foil*[4], dan penelitian lainya bahwa model kapal *single foil hull vane* dengan posisi *foil* 2%LOA di belakang dan 60%T adalah model yang paling optima mengurangi hambatan total, dapat diperkecil hingga 27,51% terjadi pada Fn 0,33[5].

Pada penelitian lainnya penambahan *hull vane* menunjukkan pengurangan signifikan dalam total resistensi model. *Hull Vane* dioptimalkan untuk kecepatan yang diperlukan dan perlu dicatat bahwa sejumlah simulasi dilakukan untuk mendapatkan hasil ini, lebih lanjut tentang optimasi *Hull Vane* dapat meningkatkan pengurangan resistensi[6].

Dalam penelitian ini akan dibuat 16 desain *span foil* dan *chord foil Hull Vane*. Kemudian pada setiap desain akan divariasikan sudut -5,0,5,10 derajat dan variasi *foil* NACA 2414, NACA 2412, NACA 1412, NACA 1410. Kemudian dianalisa dari setiap desain yang memiliki hambatan terkecil dengan menggunakan metode CFD (*Computational Fluid Dynamic*).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hambatan terkecil dan olah gerak yang paling optimal dari setiap desain *Hull Vane* tersebut sehingga dapat diketahui manakah desain *Hull Vane* yang memiliki performa paling baik.

2. METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah membandingkan dua model kapal yaitu kapal yang belum ditambahkan *hull vane* dan yang sudah ditambahkan *hull vane*. Kemudian dilihat perbedaan performa kapal terhadap hambatan pada model kapal asli dan model kapal setelah ditambah *hull vane* dengan perlakuan variasi NACA 2414, 2410, 1412, dan 1410. Performa yang dimaksud kedalaman *hullvane* 60%T

2.1. Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini penulis memiliki data primer sebagai berikut:

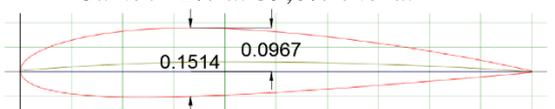
Ukuran utama kapal perintis 750 DWT :

- a. LOA : 64,00 m
- b. Lwl : 58,96 m
- c. B : 12,00 m
- d. H : 4,50 m
- e. T : 2,90 m
- f. Kecepatan Dinas : 16 knot

2. Ukuran dari foil

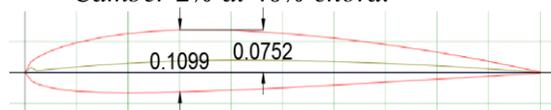
Foil yang digunakan adalah seri *foil* :

- NACA 2414 dengan spesifikasi *Max Thickness* 14% at 29,5% *chord* dan *Max Camber* 2% at 39,6% *chord*.



Gambar 1. Foil NACA 2414

- NACA 2410 dengan spesifikasi *Max Thickness* 10% at 29,9% *chord* dan *Max Camber* 2% at 40% *chord*.



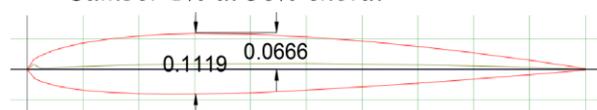
Gambar 2. Foil NACA 2410

- NACA 1412 dengan spesifikasi *Max Thickness* 12% at 29,9% *chord* dan *Max Camber* 1% at 40% *chord*.



Gambar 3. Foil NACA 1412

- NACA 1410 dengan spesifikasi *Max Thickness* 10% at 29,9 *chord* dan *Max Camber* 1% at 50% *chord*.



Gambar 4. Foil NACA 1410

Untuk data sekunder diperoleh dari literatur (jurnal, buku dan lainnya).

2.2. Parameter Penelitian

a. Parameter Tetap

- Ukuran utama kapal perintis 750 DWT :

<i>Length Over All</i> (LOA)	(m)
<i>Length Water Line</i> (LWL)	(m)
<i>Draft</i> (T)	(m)
<i>Height</i> (H)	(m)
<i>Breadth</i> (B)	(m)

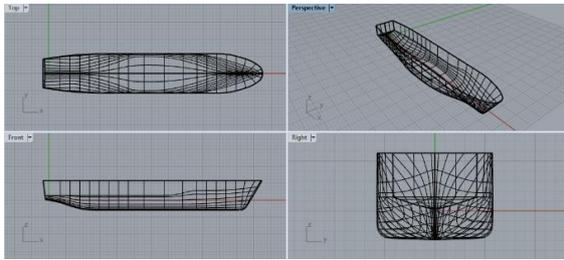
- Kecepatan dinas kapal 16 knots
- Panjang *span foil hull vane* 9,46m dan panjang *chord foil hull vane* 1,15m.
- Posisi penempatan *hull vane* pada titik acuan sarat kapal pada ujung buritan.

b. Parameter Peubah

- Variasi tipe *foil* yang digunakan adalah NACA 2414, NACA 2410, NACA 1412, dan NACA 1410.
- Variasi sudut yang digunakan -5°, 0°, 5°, dan 10°.

2.3. Pembuatan Model Kapal Perintis 750 DWT

Pada gambar 5. Model Kapal Perintis 750 DWT dibuat melalui *software Rhinoceros v 5.0* Hasil dari permodelan tersebut, model Kapal Perintis 750 diskala terlebih dahulu 1:18 kemudian *export file* kedalam bentuk *file .IGES* setelah itu *import file* pada *software CFD Tdyn 12.2.3*

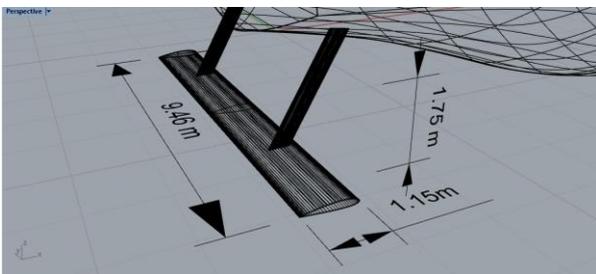


Gambar 5. Pembuatan Model Kapal Asli

2.4. Model Hull Vane

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 dari penampang foilnya. [7]

Ukuran *foil hull vane* yang akan digunakan pada penelitian ini adalah tipe NACA 2414, NACA 2410, NACA 1412, NACA 1410 dengan panjang span foil 9,46m dan panjang chord foil 1,15 *foil* dengan sudut *foil* $-5^{\circ}, 0^{\circ}, 5^{\circ}, 10^{\circ}$.



Gambar 6. Span Foil NACA

2.5. Hambatan Kapal

Hambatan kapal adalah suatu gaya yang bekerja sedemikian rupa sehingga menghambat laju kapal baik badan yang tercelup air maupun badan kapal yang berada diatas air yang dihambat oleh angin. Hambatan kapal terdiri dari:

- Hambatan Gesek (R_f) adalah hambatan yang ditimbulkan oleh dua benda atau lebih bergesekan dan arahnya berlawanan dengan arah gerak benda. [8]

$$R_f = \frac{1}{2} \rho \cdot C_f \cdot s \cdot v^2 \quad (1)$$

$$C_f = \frac{0,075}{(\log Re - 2)^2} \quad (2)$$

Dimana :

C_f : Koefisien Hambatan Gesek

s : Luas Permukaan Basah Kapal

Re : Bilangan *Reynolds*

- Hambatan Viskositas (R_{vis}) adalah hambatan yang terjadi karena adanya efek viskositas fluida. Artinya setiap fluida akan menghasilkan hambatan saat fluida

tersebut bergerak atau saat benda lain bergerak melawan arah aliran fluida. [8]

$$R_{vis} = \frac{1}{2} \rho \cdot C_{vis} \cdot s \cdot v^2 \quad (3)$$

Dimana:

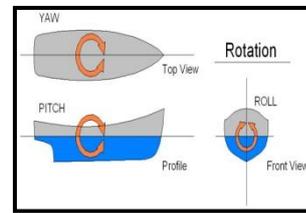
C_{vis} : Koefisien Hambatan Viskositas

- Hambatan Gelombang (R_w) adalah hambatan yang disebabkan oleh pola gerakan kapal. bagi kapal - kapal berkecepatan tinggi hambatan gelombang bisa 50% dari hambatan total. [8]

2.6. Seakeeping

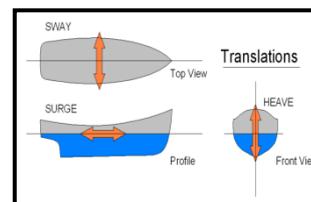
Seakeeping adalah gerakan yang dipengaruhi oleh gaya-gaya luar yang disebabkan oleh kondisi air laut. [9] Faktor luar yaitu iklim yang tidak mendukung dan mengakibatkan gelombang besar. Dalam memperoleh perlakuan dari gelombang kapal mengalami 2 jenis gerakan yaitu:

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



Gambar 7. Macam gerak kapal rotasi

- Gerakan *linear*, gerak ini merupakan gerak lurus beraturan sesuai dengan sumbu nya meliputi: *surging, swaying, heaving*



Gambar 8. Macam gerak kapal translasi

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.

2.7. Response Amplitudo Operator (RAO)

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

nilai RAO pada penelitian ini menggunakan software ANSYS AQWA. [10]

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 didapatkan dengan mengalikan Spektrum Gelombang (S_{ζ}) dengan RAO².

$$S_{\zeta r}(\omega) = RAO^2 \times S_{\zeta}(\omega) \quad (4)$$

2.8. Spektrum Gelombang

Adapun spektrum gelombang yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Bretschneider* atau ITTC sesuai dengan persamaan 2. Tinggi gelombang signifikan (H_s) yang digunakan adalah 0,875 m dengan periode rata-rata (T_{ave}) 7,5 detik. Kategori perairan ini adalah *Slight Water* atau termasuk pada *Sea State* 3. [9]

Tabel 1. Bretschneider *Sea State*

Jenis Perairan	Tinggi Gel.	Periode rata ²
<i>Slight Water</i>	0,875 m	7,5 s
<i>Moderate Water</i>	1,875 m	8,80 s
<i>Rough Water</i>	3,25 m	9,7 s

2.9. Root Mean Square (RMS)

Luasan dibawah kurva spektrum respons dinyatakan dalam m_0 (lihat persamaan 4). Jika nilai akar kuadrat atau RMS dari masing-masing amplitudo gerakan (ζ) dinyatakan dalam $\sqrt{m_0}$ maka untuk mendapatkan nilai rata-rata amplitudo dinyatakan dalam persamaan 5. Kemudian untuk mendapatkan amplitudo signifikan atau disebut dengan rata-rata dari 1/3 amplitudo tertinggi dinyatakan dalam persamaan 6. [10]

$$m_0 = \int_0^{\infty} S_{\zeta r}(\omega) d\omega \quad (5)$$

$$(\zeta)_{av} = 1,253\sqrt{m_0} \quad (6)$$

$$(\zeta)_s = 2\sqrt{m_0} \quad (7)$$

Persamaan 7 dan 8 merupakan luasan spektrum respon kecepatan dan percepatan yang dinyatakan dalam m_2 dan m_4 . RMS kecepatan dan percepatan dari setiap gerakan tersebut dinyatakan dalam $\sqrt{m_2}$ dan $\sqrt{m_4}$. Selanjutnya metode untuk menghitung kecepatan dan percepatan rata-rata maupun signifikan dapat menggunakan persamaan 5 dan 6 dengan mengganti nilai RMS nya.

$$m_2 = \int_0^{\infty} \omega^2 S_{\zeta r}(\omega) d\omega \quad (8)$$

$$m_4 = \int_0^{\infty} \omega^4 S_{\zeta r}(\omega) d\omega \quad (9)$$

2.10. Lokasi Penelitian

Pada penelitian Tugas Akhir ini dilakukan di Laboratorium Hidrodinamika, Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

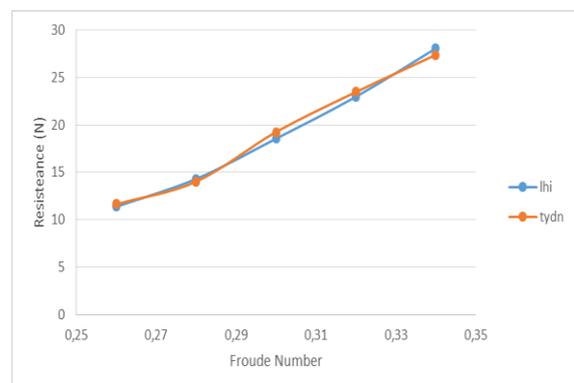
Analisa hambatan kapal asli dan kapal menggunakan *hull vane* akan menggunakan *software* CFD Tdyn12.2.3. Sebelum melakukan analisa, diperlukan model 3D kapal pada kapal asli dan kapal menggunakan *hull vane*. Kapal akan dianalisa pada variasi NACA dan sudut, kedalaman 60%T, untuk dilihat perbandingan performanya pada setiap kapal.

3.1. Validasi Hambatan Kapal Original

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

Tabel 2. Validasi Hambatan Total Kapal Orisinal

F _n	RT Empiris (N)	RT Simulasi CFD (N)	Error (%)
0,26	11,37	11,63	2,24
0,28	14,29	14,01	-1,98
0,30	18,54	19,24	3,64
0,32	22,96	23,46	2,11
0,34	28,06	27,38	-2,47



Grafik 1. Validasi Hambatan Total Kapal Orisinal

3.2. Hasil Hambatan Kapal

Diperlukan dua kali tahap *running* untuk mendapatkan nilai hambatan dari Kapal Perintis 750 DWT, tahap *running* yang pertama digunakan untuk mendapatkan nilai gaya angkat (*lift*) dan momen trim, kemudian tahap *running* yang kedua

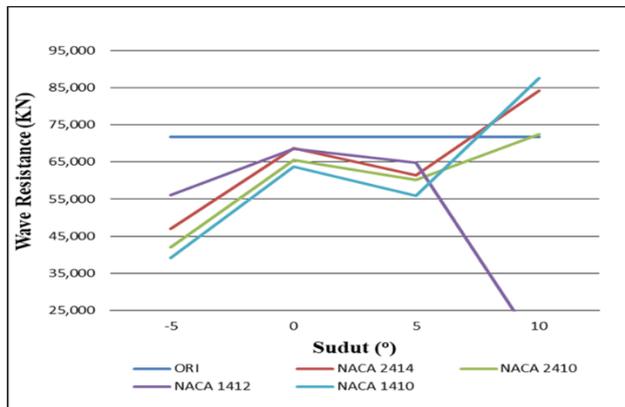
dilakukan pada saat kapal sudah terangkat dan posisi trim.

Perhitungan hambatan kapal dengan metode *Computational Fluid Dynamic* pada *post processor* (hasil *running*) diambil dari tahap *results*. Kemudian dari data yang didapatkan diolah menjadi data yang sebenarnya.

Hambatan total kapal diperoleh dari hasil penjumlahan antara beberapa komponen hambatan yaitu hambatan viskositas, hambatan gelombang.

Tabel 3. Nilai Hambatan Gelombang Kapal dengan Variasi Sudut dan Variasi *Foil Hull Vane*

Sudut	Hambatan Gelombang (KN)				
	ORI	NACA 2414	NACA 2410	NACA 1412	NACA 1410
-5	71,73	47,07	41,94	55,99	39,07
0	71,73	68,72	65,55	68,49	63,70
5	71,73	61,47	60,17	64,83	55,88
10	71,73	84,22	72,50	85,26	87,54

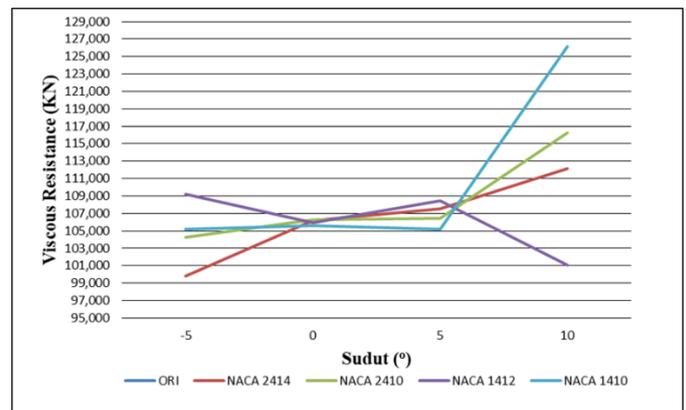


Grafik 2. Hambatan Gelombang pada Fn 0,34

Dari tabel 3 serta grafik 2 nilai hambatan gelombang menggunakan CFD variasi model Hull Vane nilai hambatan gelombang tertinggi adalah 87,54 KN untuk model NACA 1410 sudut 10 derajat sedangkan nilai terkecil NACA 1410 sudut -5 dengan nilai 39,07 KN. Data nilai hambatan gelombang didapat dari hasil *running* CFD yang diambil dari tahap result.

Tabel 4. Nilai Hambatan Viskos Kapal dengan Variasi Sudut dan Variasi *Foil Hull Vane*

Sudut	Hambatan Viskos (N)				
	ORI	NACA 2414	NACA 2410	NACA 1412	NACA 1410
-5	87,98	99,77	104,29	109,22	105,21
0	87,98	106,19	106,26	105,90	105,60
5	87,98	107,56	106,42	108,46	105,15
10	87,98	112,16	116,28	101,03	126,16

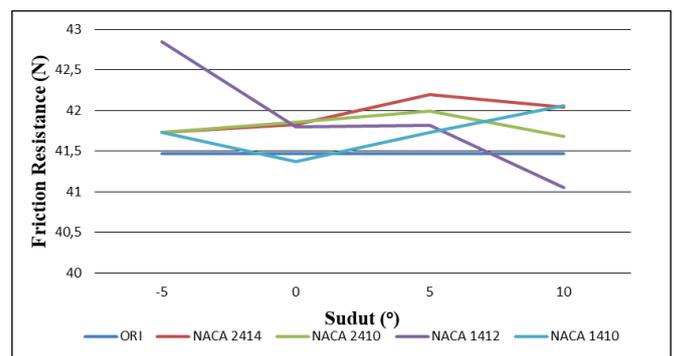


Grafik 3. Hambatan Viskos pada Fn 0,34

Dari tabel 4 serta grafik 3 nilai hambatan gelombang menggunakan CFD variasi model Hull Vane nilai hambatan gelombang tertinggi adalah 126,16 KN untuk model NACA 1410 sudut 10 derajat sedangkan nilai terkecil NACA 2414 sudut -5 dengan nilai 99,77 KN. Data nilai hambatan gelombang didapat dari hasil *running* CFD yang diambil dari tahap result.

Tabel 5. Nilai Hambatan Gesek Kapal dengan Variasi Sudut dan Variasi *Foil Hull Vane*

Sudut	Hambatan Gesek (KN)				
	ORI	NACA 2414	NACA 2410	NACA 1412	NACA 1410
-5	41,47	41,73	41,73	42,85	41,73
0	41,47	41,83	41,86	41,80	41,37
5	41,47	42,20	41,99	41,82	41,73
10	41,47	42,04	41,68	41,05	42,06

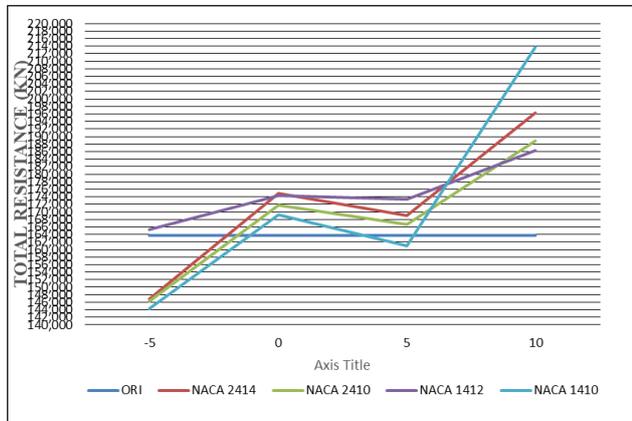


Grafik 4. Hambatan Gesek pada Fn 0,34

Dari tabel 5 serta grafik 4 nilai hambatan gelombang menggunakan CFD variasi model Hull Vane nilai hambatan gelombang tertinggi adalah 42,85 KN untuk model NACA 1412 sudut -5 derajat sedangkan nilai terkecil NACA 1412 sudut 10 dengan nilai 41,05. Data nilai hambatan gelombang didapat dari persamaan 1 dan 2.

Tabel 6. Nilai Hambatan Total Kapal dengan Variasi Sudut dan Variasi *Foil Hull Vane*

Sudut	Hambatan Total (N)				
	ORI	NACA 2414	NACA 2410	NACA 1412	NACA 1410
-5	163,66	146,83	146,22	165,21	144,29
0	163,66	174,91	171,81	174,39	169,31
5	163,66	169,03	166,59	173,28	161,03
10	163,66	196,38	188,78	186,29	213,70



Grafik 5. Hambatan Total pada F_n 0,34

Hambatan total kapal diperoleh dari penjumlahan beberapa komponen hambatan yaitu hambatan viskositas, hambatan gelombang. Pada tabel 6 grafik 5 berikut ini hambatan total kapal Perintis 750 DWT menjadi lebih kecil dibandingkan dengan kapal model asli, karena adanya trim dan heave yang membuat badan kapal yang terkena permukaan air berkurang. Maka hambatan yang dihasilkan semakin kecil.

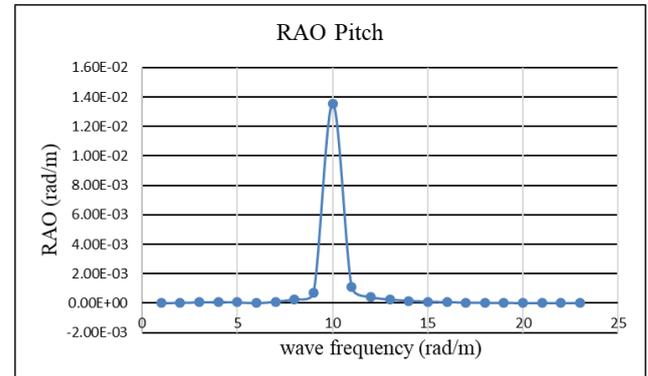
Hambatan Total yang berkurang terjadi pada model Hull Vane NACA 1410 dengan sudut -5 derajat. Pengurangan hambatan total pada model tersebut berkurang 11,839%. Hambatan yang dihasilkan lebih kecil daripada model asli karena model Hull Vane NACA 1410 sudut -5 mampu mengurangi badan kapal yang terkena pada permukaan air. Maka hambatan total yang dihasilkan lebih kecil.

Validasi ini digunakan untuk pengaturan konvergensi ukuran *meshing* yang sesuai. Sehingga ukuran 0,01092 untuk daerah kapal bawah air, 0,1092 untuk *free surface*, dan 0,2184 untuk seluruh komponen sisa bisa digunakan.

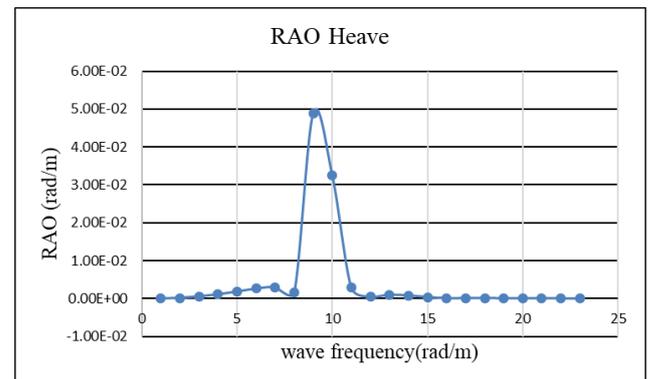
3.2. Hasil RAO *Pitch* dan *Heave*

Respon gerakan kapal terhadap gelombang reguler digambarkan dalam grafik RAO. Dalam kasus olah gerak kapal (*seakeeping*). respon

gerakan kapal akibat gelombang sebisa mungkin diperkecil. Respon kapal bisa dikatakan minimum ketika puncak dari RAO minimum. Berikut adalah hasil RAO dari model yang telah dijalankan di software ANSYS AQWA, dikarenakan bentuk yang hampir sama, penulis hanya menyajikan 1 gambar.



Grafik 6. RAO *Pitch* Model



Grafik 7. RAO *Heave* Model

3.3. Hasil RMS *Pitching* dan *Heaving*

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

Tabel 7. Nilai RMS *Pitch* dan *Heave* Kapal dengan Variasi *Foil* dan Sudut (NACA 2414)

Model <i>Foil</i>	RMS	
	<i>Picth</i> (deg)	<i>Heave</i> (deg)
Orisinal	0,5001	0,1719
0°	0,5061	0,1723
5°	0,5055	0,1720
10°	0,5059	0,1721
-5°	0,5055	0,1721

Tabel 8. Nilai RMS *Pitch* dan *Heave* Kapal dengan Variasi *Foil* dan Sudut (NACA 2410)

Model <i>Foil</i>	RMS	
	<i>Picth</i> (deg)	<i>Heave</i> (deg)
Orisinal	0,5001	0,1719
0°	0,5068	0,1723
5°	0,5069	0,1722
10°	0,5070	0,1722
-5°	0,5065	0,1723

Tabel 9. Nilai RMS *Pitch* dan *Heave* Kapal dengan Variasi *Foil* dan Sudut (NACA 1412)

Model <i>Foil</i>	RMS	
	<i>Picth</i> (deg)	<i>Heave</i> (deg)
Orisinal	0,5001	0,1719
0°	0,5055	0,1718
5°	0,5063	0,1720
10°	0,0125	0,0009
-5°	0,5055	0,1719

Tabel 10. Nilai RMS *Pitch* dan *Heave* Kapal dengan Variasi *Foil* dan Sudut (NACA 1410)

Model <i>Foil</i>	RMS	
	<i>Picth</i> (deg)	<i>Heave</i> (deg)
Orisinal	0,5001	0,1719
0°	0,5063	0,1720
5°	0,5056	0,1719
10°	0,5071	0,1723
-5°	0,5053	0,1719

Dari tabel 7-10 dapat diambil kesimpulan bahwa *foil* NACA 1412 sudut 10 memiliki nilai RMS yang lebih kecil dibandingkan dengan variasi NACA lainnya. *Hull vane* dengan *foil* NACA 1412 juga lebih efektif karena memiliki WSA yang lebih besar dibanding yang lainnya.

Dari tabel 7-10 dapat disimpulkan bahwa penambahan *hull vane* dapat mengurangi RMS *pitching* dan *heaving* kapal sehingga memiliki performa kapal yang baik. Namun masih dibutuhkan penelitian lebih lanjut mengenai geometri pada *hull vane* agar mendapatkan performa yang lebih maksimal lagi.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dan analisa yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa :

Penambahan *hull vane* pada kapal dapat mengurangi hambatan viskositas dan hambatan gesek dikarenakan luas permukaan badan kapal yang tercelup air semakin kecil yang dipengaruhi gaya *trim* dan *heave* pada kapal.

Nilai hambatan total paling rendah terjadi pada model *hull vane* NACA 1410 sudut -5 derajat. Pengurangan hambatan total pada model tersebut berkurang 11,839% dari kapal asli.

Model *hull vane* NACA yang paling optimum dalam memeperkecil hambatan adalah NACA 1410 sudut -5 derajat.

Berdasarkan penelitian dan analisa variasi sudut dan *foil*, model NACA 1412 sudut 10 memiliki nilai paling kecil dengan nilai *pitching* 0,0125° dan *heaving* 0,0009°.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari, Tugas Akhir ini tidak akan terwujud tanpa adanya bantuan dari pihak-pihak lain. Dalam kesempatan kali ini penulis mengucapkan terimakasih kepada Tuhan Yang Maha Esa dan semua pihak yang telah membantu baik formil maupun materiil kepada penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Secara khusus, penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada Dosen Pembimbing 1 dan 2 yang telah memberikan petunjuk, bantuan, serta dukungan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Uithof K., P. van Oossanen, N. Moerke, van Oossanen P.G., Zaaier K.S., 2014. "An update on the Development of the Hull Vane®". Athens. HIPER 2014, High Performance Marine Vehicles
- [2] 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.
- [3] R.Assidiq,E.S Hadi dan P. Manik "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" Tek. Perkapalan, 2018
- [4] A.S. Nugroho, E.S. Hadi,P. Manik "Analisa Pengaruh Penambahan Hull Vane Tipe NACA 2415 Sudut 5 ° Pada Kapal Perintis 750 DWT, Variasi Jumlah Dan Posisi Foil Hull Vane Terhadap Hambatan Dan Seakeeping Kapal Dengan Menggunakan Metode CFD" Tek. Perkapalan, 2018
- [5] W. Maheswara, U. Budiarto and A. F. Zakki, "Analisa Pengaruh Hull Vane Tipe NACA 4412 Sudut 10 Terhadap Hambatan dan Seakeeping pada Kapal Perintis 750 DWT Dengan Variasi Jumlah dan Posisi

- Foil Hull Vane menggunakan Metode CFD," Jurnal Teknik Perkapalan.
- [6] I. Andrews, V. K. Avala, P. Sahoo, and S. Ramakrishnan, "Resistance Characteristics For High-Speed Hull Forms with Vanes," vol.2, no. October, pp. 5-10, 2015
 - [7] I.H Abbott and A. E. V. Doenhoff, *Theory of Wing Sections: Including a Summary of Airfoil Data*. New York: Dover Publication, Inc, 1949
 - [8] D. Darmawan 2014. *Ship Resistance*. California: AcademiaEdu
 - [9] Manik, P. 2007. "Analisa Gerakan Seakeeping Kapal pada Gelombang Reguler". KAPAL, Vol.4, No.1. hal.2
 - [10] M. Iqbal and G. Rindo, "Optimasi Bentuk Semihull Kapal Katamaran untuk Meningkatkan Kualitas Seakeeping," Kapal, vol. 12, pp. 19–24, 2015.