



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Analisa Gaya Angkat dan Hambatan pada *Dihedral Surface Piercing Hydrofoil* Katamaran Menggunakan Metode CFD (*Computational Fluid Dynamic*)

Dama Nisphal Azis¹⁾, Deddy Chrismianto¹⁾, Berlian Arswendo Adietya¹⁾
Laboratorium Hidrodinamika

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

E-mail: damanisphalazis@gmail.com, deddychrismianto@yahoo.co.id, berlianarswendokapal@gmail.com

Abstrak

Seiring pertumbuhan industri transportasi laut, semakin banyak pula teknologi yang dikembangkan agar transportasi laut yang dibuat memiliki tingkat kenyamanan yang tinggi dan memenuhi kebutuhan efisiensi waktu. Kapal katamaran memiliki banyak kelebihan dibandingkan dengan monohull yaitu menghasilkan hambatan lebih kecil, stabilitas lebih baik, dan memiliki deck yang luas. Kemudian kapal katamaran dikembangkan lagi menjadi kapal hydrofoil yang bertujuan untuk mengurangi hambatan. Hydrofoil adalah sebuah kapal dengan bagian sayap yang dipasang pada penyangga di bawah lambung kapal yang dapat menghasilkan gaya angkat pada lambung kapal sehingga pada saat kapal mencapai kecepatan tinggi, hambatan akan berkurang. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan konfigurasi sudut dihedral foil yang menghasilkan gaya angkat paling besar serta hambatan yang paling kecil. Penelitian ini menggunakan program komputer berbasis Computational Fluid Dynamic (CFD). Penelitian dilakukan dengan menganalisa dan menghitung hambatan total kapal. Berdasarkan hasil analisa menggunakan software Tdyn 12.2.3.0 didapatkan nilai hambatan untuk berbagai variasi dihedral foil. Nilai hambatan total dapat diperkecil hingga 38,53% sehingga penggunaan EHP lebih menghemat 61,5% dibandingkan dengan EHP kapal original. Nilai tersebut terjadi pada Froude Number 1,042.

Kata Kunci : hydrofoil, katamaran, dihedral foil, gaya angkat, hambatan, CFD (*Computational Fluid Dynamic*)

1. PENDAHULUAN

Akhir-akhir ini, seiring pertumbuhan industri transportasi laut semakin banyak pula teknologi yang dikembangkan agar transportasi laut yang dibuat memiliki tingkat kenyamanan yang tinggi dan memenuhi kebutuhan efisiensi waktu. Transportasi laut telah menjadi semakin kompetitif dan menjadi pilihan yang populer, terutama di Indonesia. Jika dibandingkan dengan transportasi udara, kekurangan yang dimiliki transportasi laut adalah tidak mempunyai berjalan dengan kecepatan yang sangat tinggi. Keterbatasan kecepatan kapal dikarenakan hambatan air pada bagian kapal yang tercelup. Namun demikian, hambatan air pada kapal dapat di kurangi dengan signifikan jika kontak area permukaan diantara badan kapal dengan air dikurangi, salah satu untuk mengatasi

hal tersebut adalah mengangkat badan kapal menggunakan foil.

Saat ini, permintaan kapal cepat penumpang yang dapat menampung jumlah penumpang yang banyak dan beradaptasi dengan kondisi laut sehingga menghasilkan tingkat kenyamanan yang lebih baik bagi penumpang kapal telah meningkat. Kapal *Hydrofoil Catamaran* adalah jenis kapal yang tepat untuk kebutuhan tersebut. Kapal *Catamaran* mempunyai beberapa keunggulan yaitu memiliki kemampuan stabilitas yang lebih baik dan memiliki deck yang luas sehingga dapat menampung penumpang dalam jumlah yang lebih banyak dibandingkan dengan kapal satu lambung (*Monohul*) [1]. foil yang di tambahkan pada bawah lambung kapal akan mengangkat badan kapal pada kecepatan tertentu, mengurangi WSA (*Wetted Surface Area*), sehingga hambatan kapal berkurang

dan kecepatan kapal bertambah, berkurangnya hambatan pada suatu kapal maka berkurang juga kebutuhan tenaga yang dibutuhkan.

Untuk mendapatkan gaya angkat yang paling optimal dan hambatan yang paling minimal serta *Effective Horse Power*(EHP) yang paling efisien, maka perlu dilakukan penelitian terhadap *foil* dari berbagai macam segi. Selain itu bentuk dari lambung juga menjadi pertimbangan penting untuk mendapatkan hambatan yang paling minimal.

Modifikasi terhadap kapal katamaran untuk mendapatkan nilai hambatan total kapal yang rendah dan performa kapal yang lebih baik telah banyak dilakukan oleh peneliti-peneliti sebelumnya, yaitu modifikasi kapal katamaran dengan *bulbous bow* dan *centerbulb* [2],[3], [4].

Penelitian kapal hydrofoil katamaran untuk mendapatkan hambatan total kapal yang lebih rendah telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya, yaitu pengaruh posisi foil pada kapal katamaran terhadap gaya angkat dan hambatan [5].

Mengadaptasi dari sayap pesawat terbang tipe V yaitu tipe sayap pesawat yang membentuk sudut *dihedral*. Sistem *dihedral surface piercing foil* menghasilkan stabilitas *rolling*, *pitching* dan *heaving* yang baik dan juga performa yang lebih baik di ombak. Dalam penelitian ini akan dibuat 6 desain *dihedral foil* yaitu dari konfigurasi sudut antara sudut *dihedral foil* yaitu 15°, 20°, dan 25° dengan *angle of attack* 0° dan 5° Kemudian pada setiap desain tadi akan divariasikan kecepatannya, kemudian dianalisa dari setiap desain yang memiliki *lift to drag ratio* paling optimal dengan menggunakan metode CFD (*Computational Fluid Dynamic*).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui gaya angkat dan hambatan dari setiap desain *dihedral foil* tersebut sehingga dapat diketahui manakah desain *dihedral foil* yang memiliki gaya angkat paling besar dan hambatan yang paling kecil sehingga kemudian nilai EHP kapal dapat diketahui dari nilai hambatan yang diperoleh.

2. METODE

2.1. Objek Penelitian

Objek dari penelitian ini yaitu penambahan *foil* jenis *surface piercing dihedral foil* pada kapal katamaran. Mengadaptasi dari sayap pesawat terbang tipe V yaitu tipe sayap pesawat yang membentuk sudut *dihedral*. Sudut *dihedral foil* menciptakan gaya angkat pada bagian sisi selama konfigurasi *foil* tersebut simetris, sistem *dihedral surface piercing foil* menghasilkan stabilitas

rolling, *pitching* dan *heaving* yang baik dan juga performa yang lebih baik di ombak karena area gaya angkat *foil* secara otomatis mengubah berbagai variasi perilaku dari kapal tersebut, yang mana membuat sistem stabilitas dari kapal tersebut tidak membutuhkan kontrol tertentu [6].

2.2. Koreksi Trim

Koreksi sudut trim yang pada *hydrofoil* menggunakan persamaan berikut [7]:

$$\Delta\alpha = \frac{My}{\rho g I_y} \quad (1)$$

Dimana,

$\Delta\alpha$: Koreksi sudut trim

My : Momen trim

ρ : Massa jenis fluida

g : Percepatan gravitasi

I_y : Momen inersia y-axis (*pitching*)

2.3. Momen Inersia Pitching Kapal

Momen Inersia *Pitching* dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut[8] :

$$I_{yy} = \frac{1}{g} \sum [w_i (x_i^2 + z_i^2)] \quad (2)$$

Dimana,

g : Percepatan gravitasi

w_i : Berat setiap fraksi

x_i : Jarak memanjang dari CG setiap fraksi ke CG kapal

z_i : Jarak vertical dari CG setiap fraksi ke CG kapal

2.4. Posisi Foil

Foil adalah bentuk bangun yang dapat menghasilkan gaya angkat besar dan hambatan sekecil mungkin. Gaya angkat (*lift*) dan *stall* dari sayap pesawat tersebut sangat bergantung pada bentuk geometris penampang *foil* [9].

Titik berat kapal diperoleh dari hasil analisa *equilibrium* kapal. Maka dengan rumus sebagai berikut dapat ditentukan peletakan *foil* [10].

$$\begin{aligned} L1 + L2 &= W \\ L1.X1 &= L2.X2 \quad (3) \end{aligned}$$

Dimana,

$L1$: *Lift Force foil 1*

$L2$: *Lift Force foil 2*

$X1$: Jarak *Foil 1* ke titik berat kapal

$X2$: Jarak *Foil 2* ke titik berat kapal

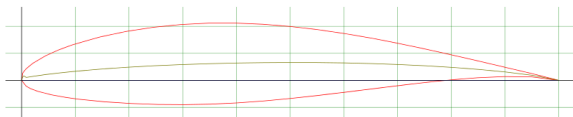
2.5. Ukuran Utama Kapal

Ukuran utama kapal katamaran yang akan digunakan:

No	Nama	Ukuran
1	Length Over All	25,95 m
2	Length of Waterline	22,35 m
3	Length of Perpendicular	23,45 m
4	Breadth	9 m
5	Draft	1 m
7	Depth	3,5 m
8	Displacement	58,99 Ton
9	Spacing Hull	6 m

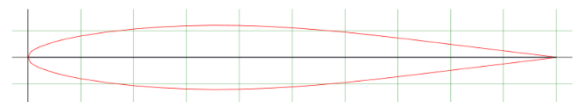
2.6. Ukuran Foil

Seri *foil* yang digunakan untuk *hydrofoil* adalah seri *foil* NACA 63(2)-615 dengan spesifikasi *Max Thickness* 15% at 34,8% *chord* dan *Max Chamber* 3,3% at 50% *chord*. Sudut serang yang digunakan yaitu 0° dan 5°.



Gambar 1. Foil NACA 63(2)-615

Untuk strut, seri *foil* yang digunakan adalah seri *foil* NACA 63-012A dengan spesifikasi *Max thickness* 12% at 35% *chord*. *Max camber* 0% at 0% *chord*.



Gambar 2. Foil NACA 63-012A

2.7. Variasi Model

Pada analisa ini, hambatan dan gaya angkat *hydrofoil* dianalisa dari kecepatan 10 sampai 30 knot atau pada rentang *Froud Number* 0.347 hingga 1.042.

Tabel 2. Variasi Kecepatan Kapal

Fr	v	
	m/s	knot
0.347	5,144	10
0.695	10,288	20
0.868	12,860	25
1.042	15,432	30

Selain itu, model foil divariasikan sebagai berikut :

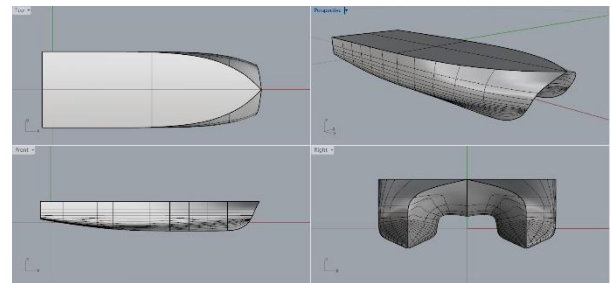
Tabel 3. Variasi Model

Model	Sudut dihedral foil	Angle of Attack
1	15°	0°
2	20°	0°
3	25°	0°

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Desain Model Kapal Katamaran

Model lambung katamaran dibuat melalui *software Rhinoceros v 5.0*. Hasil dari permodelan tersebut, model kapal katamaran diskala terlebih dahulu sebesar 1 : 10 kemudian *export file* kedalam bentuk *file .iges* setelah itu *import file* pada *software CFD Tdyn 12.2.3*.



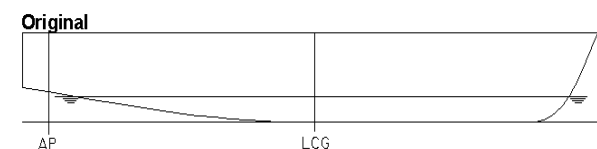
Gambar 1. Pembuatan model katamaran

3.2. Variasi Hydrofoil

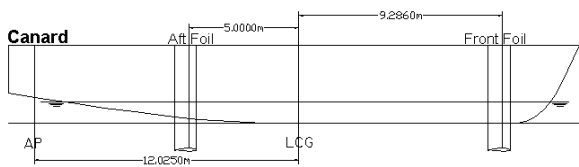
Berdasarkan dari hasil penelitian sebelumnya bahwa posisi foil terhadap kapal yang menghasilkan gaya angkat maksimal, hambatan minimal, dah EHP efisien yaitu konfigurasi canard.

Tabel 1. Variasi Hydrofoil

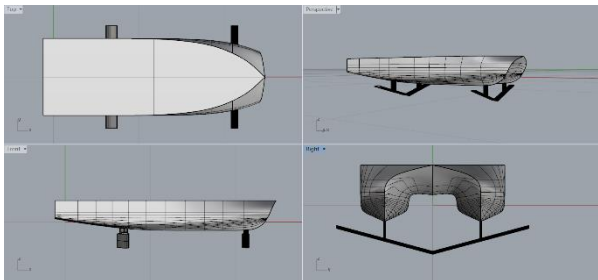
Model	Letak foil dari LCG (m)		WSA foil (m ²)	
	Aft	Front	Aft	Front
Original	-	-	-	-
Canard	-5	9,286	5,506	10,226



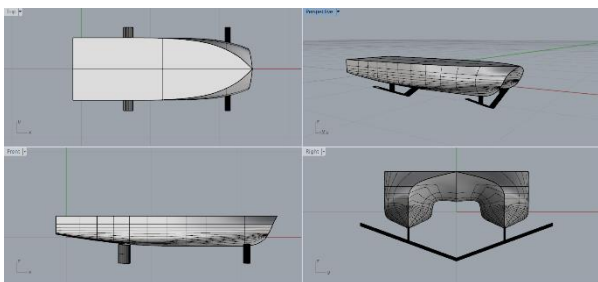
Gambar 2. Peletakan foil kapal original



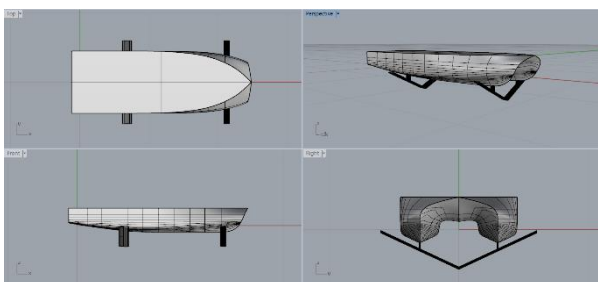
Gambar 3. Peletakan foil canard



Gambar 4. Dihedral surface piercing foil 15° dengan Angle of Attack 0° [11]



Gambar 5. Dihedral surface piercing foil 20° dengan Angle of Attack 0° [11]



Gambar 6. Dihedral surface piercing foil 25° dengan Angle of Attack 0° [11]

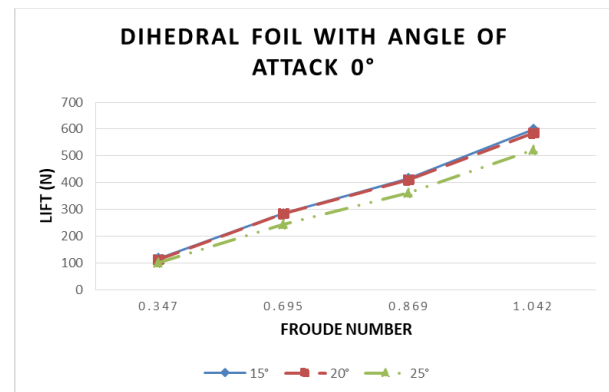
Perhitungan hambatan kapal dengan metode *Computational Fluid Dynamic* pada *post processor* (hasil *running*) diambil dari tahap *results*. Kemudian dari data yang didapatkan diolah menjadi data matang.

Tabel 2. Lift setiap Froude Number [11]

Fn	Model Kapal Hydrofoil		
	15°	20°	25°
0.347	117.39	112.47	100.02
0.695	285.84	284.65	244.89
0.868	416.14	411.07	360.98
1.042	598.63	586	522.27

Tabel 3. Trim Moment setiap Froude Number [11]

Fn	Model Kapal Hydrofoil		
	15°	20°	25°
0.347	99.866	93.648	79.624
0.695	282.17	275.60	228.68
0.868	421.28	413.14	343.6
1.042	610.63	599.55	507.46



Gambar 9. Lift Dihedral Surface Piercing Hydrofoil

3.3. Gaya Angkat dan Momen Trim Kapal

Diperlukan dua kali tahap *running* untuk mendapatkan nilai hambatan dari *hydrofoil*, 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 nilai trim sesuai dengan perhitungan persamaan 2 dan sesuai dengan *equilibrium* saat kapal melaju di masing-masing kecepatan.

Berdasarkan Tabel 3 dan Gambar 9, nilai *lift* menggunakan CFD variasi model *dihedral foil*, nilai *lift* tertinggi adalah 598,63 N untuk model *dihedral foil* 15° *Angle of Attack* 0° dan 584,07 N untuk model *dihedral foil* 15° *Angle of Attack* 5°, nilai tersebut terjadi pada Froude Number 1,042 dengan konfigurasi *Canard*. Sedangkan di Froude Number yang sama, nilai *lift* terkecil yaitu model *dihedral foil* 25° *Angle of Attack* 0 dengan nilai 522,27 N dan *dihedral foil* 25° *Angle of Attack* 5° dengan nilai 520,04 N.

Data nilai gaya lift dan nilai trim moment kemudian diolah dengan persamaan (2), kemudian didapatkan nilai *heave* dan *trim* semua model pada tiap *Froude Number*. Tabel 4 dan tabel 5 adalah kondisi *heave* dan *trim* yang baru pada kapal sesuai dengan kondisi *equilibrium* saat kapal beroperasi.

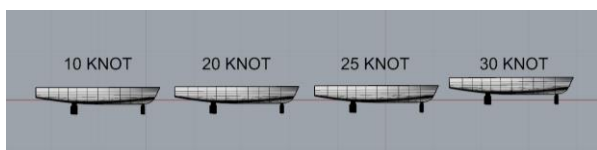
Tabel 4. *Heave* setiap *Froude Number* [11]

Fn	Nilai Heave Dihedral Surface Piercing Hydrofoil (m)		
	Model Kapal Hydrofoil		
	15°	20°	25°
0.347	0.112	0.107	0.096
0.695	0.282	0.282	0.241
0.868	0.442	0.438	0.371
1.042	2.164	1.571	0.668

Tabel 5. Nilai *Trim* setiap *Froude Number* [11]

Fn	Nilai Trim Dihedral Surface Piercing Hydrofoil (deg)		
	Model Kapal Hydrofoil		
	15°	20°	25°
0.347	0.036	0.034	0.029
0.695	0.103	0.100	0.083
0.869	0.153	0.148	0.125
1.042	0.222	0.213	0.185

Berdasarkan Tabel 4 dan Tabel 5, nilai *heave* dan *trim* berbanding lurus dengan nilai *lift* dan *trim moment* pada Tabel 2 dan Tabel 3. Nilai *heave* dan *trim* terbesar terjadi pada model *dihedral surface piercing foil 15°*.



Gambar 10. *Equilibrium* model *dihedral surface piercing foil 15°* [11]

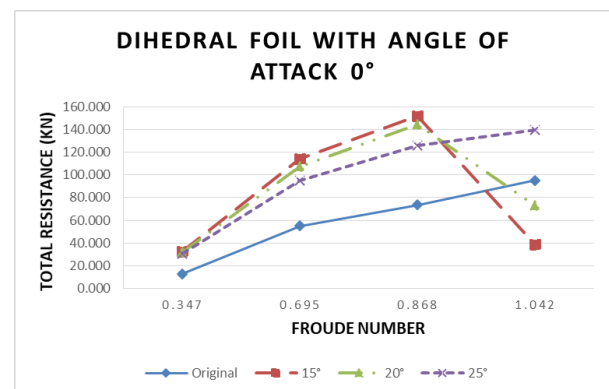
3.4. Hambatan Total Kapal

Hambatan total kapal diperoleh dari hasil penjumlahan antara beberapa komponen hambatan yaitu hambatan viskositas, hambatan gelombang, dan hambatan udara. Pada Tabel 10 dan Gambar 11 dibawah ini hambatan total kapal *hydrofoil* menjadi lebih kecil dibandingkan dengan kapal model original pada Fr 1,042. Pada *Froude number* tersebut, badan kapal sudah terangkat dari permukaan air, sehingga nilai WSA (*Wetted Surface Area*) semakin kecil. Maka hambatan total yang dihasilkan pada kecepatan tinggi semakin minimal.

Hambatan total yang berkurang terjadi pada model *surface piercing hydrofoil* sudut 15° dan 20° dengan *angle of attack* 5° dan tanpa *angle of attack*. Pengurangan hambatan total pada model tersebut berkurang hingga 60% untuk sudut *dihedral surface piercing foil 15°* dan 25% untuk sudut *dihedral surface piercing foil 20°*. Untuk sudut *dihedral surface piercing foil 25°*, hambatan yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan model kapal original karena model *dihedral surface piercing foil* tidak mampu mengangkat lambung kapal dari permukaan air sehingga bagian kapal yang tercelup dan gelombang yang dihasilkan oleh kapal kapal tersebut lebih besar dibandingkan dengan model kapal original.

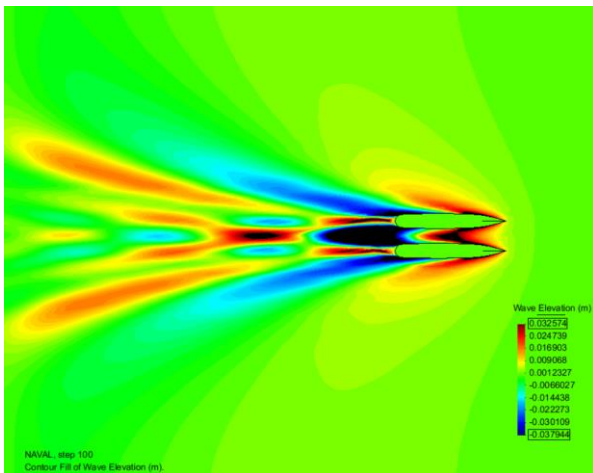
Tabel 6. Hambatan Total [11]

Fn	Hambatan Total Dihedral Surface Piercing Hydrofoil (KN)			
	Model Kapal Hydrofoil			
	Original	15°	20°	25°
0.347	12.580	32.313	32.166	30.750
0.695	54.953	114.005	107.526	94.776
0.869	73.590	152.016	144.653	126.212
1.042	95.181	38.719	73.112	139.726

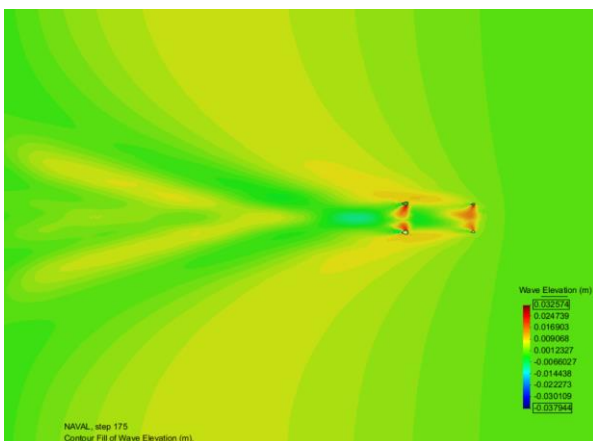


Gambar 11. Hambatan Total *Dihedral Surface Piercing Hydrofoil* Angle of Attack 0°

Gambar 12 dan Gambar 13 merupakan kontur dari pola gelombang yang terbentuk oleh kapal original dan *dihedral surface piercing foil 15°*. Pada kapal original, bentuk gelombang yang dihasilkan adalah akibat lambung kapal yang melaju. Sedangkan pada model *dihedral surface piercing foil 15°*, pola gelombang yang dihasilkan adalah akibat dari strut dan foil yang melaju.

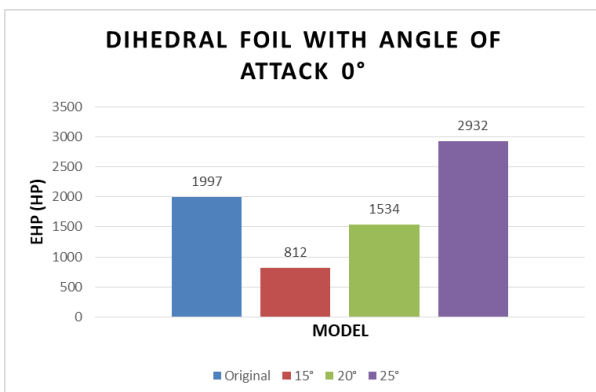


Gambar 12. Contour fill model original pada Froude Number 1,042 [11]



Gambar 13. Contour fill model dihedral surface piercing foil 15° Angle of Attack 0° pada Froude Number 1,042 [11]

Pada gambar 14 pada saat kapal mencapai kecepatan 30 knot, kapal original membutuhkan EHP sebesar 1997 hp, sedangkan *hydrofoil* dengan model dihedral surface piercing foil 15° hanya membutuhkan 812 hp sehingga lebih menghemat 59,4% EHP dibandingkan dengan kapal original.



Gambar 14. EHP pada Froude number 1,042 [11]

4. KESIMPULAN

Nilai *lift* terbesar dihasilkan oleh model dihedral surface piercing foil 15° sebesar 598,63 N, sedangkan nilai *lift* terendah dihasilkan oleh model dihedral surface piercing foil 25° sebesar 520,27 N.

Nilai hambatan total paling rendah dihasilkan oleh model dihedral surface piercing foil 15°. Pengurangan hambatan total pada model tersebut berkurang hingga 56,044% dari kapal original.

Penggunaan EHP pada model dihedral surface piercing foil 15° dapat lebih menghemat 56% dibandingkan dengan EHP kapal original.

Model dihedral surface piercing foil yang paling optimum dalam memperkecil hambatan dan menghasilkan EHP yang paling efisien yaitu dihedral surface piercing foil 15°.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Iqbal, M., and Andi Trimulyono, "Optimization of Catamaran Demihull Form in Early Stages of The Design Process. Semarang", Jurnal Teknik Perkapalan, vol. 11, no. 3, pp. 126-131, 2014.
- [2] B. W. Sasongko, D. Chrismianto dan A. W. B. Santosa, "Analisa Pengaruh Variasi Bulbous Bow Terhadap Hambatan Total Pada Kapal Katamaran Untuk Penyeberangan Di Kepulauan Seribu Menggunakan CFD", Jurnal Teknik Perkapalan, vol. 3, no. 4, pp. 439-450, 2015.
- [3] Y. N. Putra, P. Manik, M. Iqbal, "Analisa Pengaruh Variasi Penambahan Fin pada Centerbulb terhadap Hambatan Kapal Katamaran MV. Laganbar menggunakan Metode Computational Fluid Dynamic (CFD)", Jurnal Teknik Perkapalan, vol. 5, no. 3, pp. 566-574, 2017.
- [4] A. K. Nugraha, Samuel dan M. Iqbal, "Analisa Peningkatan Peforma Hambatan Kapal Katamaran MV. Laganbar menggunakan Centerbulp dan Bulbous Bow dengan metode Computational Fluid Dynamic (CFD)", Jurnal Teknik Perkapalan, vol. 5, no. 1, pp. 48-56, 2017.
- [5] A.K. Rizki Darmawan, Muhammad, "Analisa Pengaruh Posisi Foil Terhadap Gaya Angkat dan Hambatan Pada Kapal Catamaran

- Menggunakan Metode CFD”, *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 14, no. 2, pp. 58-64, 2017.
- [6] Loveday, Howard. 2006. *The Design of a Hydrofoil System for Sailing Catamaran*. Stellenbosch : University of Stellenbosch.
- [7] M. Salas, R.Luco, P.K Sahoo, etc. 2015. *Experimental and CFD Resistance Calculation of a Small Fast Catamaran*.
- [8] Rameswar Bhattacharyya. 1978. *Dynamics of Marine Vehicles*. New York : John Wiley & Sons.
- [9] Abbott I.R. and Von Doenhoff A.E. 1959. *Theory of Wing Sections: Including a Summary of Airfoil Data*. New York: Dover Publications, Inc.
- [10] Migeotte, G. 2015. “Hydrofoil-Supported Catamarans. *Professional Boat Builder*”. 157 :68-79.
- [11] D. N. Azis, D. Chrismianto dan B. A. Adietya, “Analisa Pengaruh Perubahan Sudut *Dihedral Surface Piercing Foil* Terhadap Gaya Angkat dan Hambatan pada Kapal Katamaran Menggunakan Metode CFD”, *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 3, no. 6, pp. 1-9, 2018