



Pengaruh Posisi Foil Terhadap Gaya Angkat Dan Hambatan Kapal Katamaran

Muhammad Rizki Darmawan Adi Kusuma^{1*)}, Deddy Chrismianto¹⁾, Sarjito Jokosisworo¹⁾

¹⁾Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

Abstrak

Perkembangan teknologi dalam dunia perkapalan terjadi sangat pesat, mulanya kapal memiliki satu lambung (monohull), kemudian berkembang dengan munculnya kapal katamaran atau memiliki dua lambung, kapal katamaran memiliki banyak kelebihan dibanding dengan monohull mulai dari segi hambatan, olah gerak, dan lain-lain. Kapal katamaran akhirnya dikembangkan lagi dengan menjadikannya kapal hydrofoil yang bertujuan untuk mengurangi hambatan. Hydrofoil adalah sebuah kapal dengan bagian seperti sayap yang dipasang pada penyangga di bawah lambung kapal yang digunakan untuk mengangkat lambung kapal, pada saat kapal mencapai kecepatan tinggi yang menyebabkan pengurangan hambatan. Pada penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan konfigurasi posisi foil yang menghasilkan gaya angkat paling besar serta hambatan yang paling kecil. Dalam melaksanakan penelitian ini penulis menggunakan program komputer berbasis Computational Fluid Dynamic(CFD) untuk penyelesaian masalah dari tujuan penelitian, Computational fluid dynamic(CFD) merupakan ilmu sains dalam penentuan penyelesaian numerik dinamika fluida. Penelitian dilakukan dengan cara menganalisa dan menghitung hambatan total kapal menggunakan model. Berdasarkan hasil analisa menggunakan software Tdyn 12.2.3.0 didapatkan nilai hambatan untuk berbagai variasi konfigurasi foil. Nilai hambatan total dapat diperkecil hingga 37,56%, nilai ini terjadi pada Froude Number 1,737 pada variasi konfigurasi Canard dengan konfigurasi 65%(aft) dan 35%(fore).

Copyright © 2017, **KAPAL**, 1829-8370 (p), 2301-9069(e)

Kata Kunci : Hydrofoil, Katamaran, Gaya Angkat, Hambatan, CFD (Computational Fluid Dynamics)

1. PENDAHULUAN

Pada saat ini, terjadi peningkatan permintaan untuk kapal penumpang cepat yang bisa beradaptasi dengan kondisi laut guna meningkatkan kenyamanan bagi penumpang kapal. Selain itu, pemakaian bahan bakar harus efisien dan dapat menampung jumlah penumpang yang banyak. Kapal *Catamaran* adalah jenis kapal yang tepat untuk masalah tersebut, karena kapal *Catamaran* mempunyai stabilitas yang lebih baik dibanding dengan kapal *Monohull*, selain itu kapal *Catamaran* juga memiliki deck yang luas sehingga dapat menampung penumpang dengan jumlah yang banyak.

Seiring perkembangan zaman, untuk mengurangi hambatan, kapal *Catamaran*

mengalami perkembangan teknologi yaitu penambahan *foil* pada bawah lambung kapal. Penambahan *foil* pada lambung kapal ditujukan supaya pada kecepatan tinggi, lambung kapal dapat terangkat sehingga WSA (*Wetted Surface Area*) dari kapal tersebut akan berkurang dan mengakibatkan hambatan kapal tersebut dapat berkurang. Berkurangnya hambatan maka kebutuhan tenaga juga akan ikut berkurang.

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

Modifikasi kapal katamaran untuk mendapatkan hambatan total kapal yang lebih

*) Penulis Korespondensi :

Email : muhammadrizkidak@gmail.com

rendah telah banyak dilakukan oleh peneliti – peneliti sebelumnya, salah satunya adalah dengan memodifikasi kapal katamaran dengan menambahkan *bulbous bow* [1], [2].

Selain dengan menambahkan *bulbous bow*, peneliti lain juga menambahkan *centerbulb* pada kapal katamaran untuk mengurangi hambatan total kapal [3],[4].

Dalam penelitian ini akan dibuat tiga macam konfigurasi dan analisa *foil* yaitu *Conventional*, *Tandem*, dan *Canard*. Lalu pada setiap konfigurasi tadi akan divariasikan kecepatannya, kemudian dianalisa desain *hydrofoil* yang memiliki hambatan paling minimal dan gaya angkat paling optimal dengan menggunakan metode CFD (*Computational Fluid Dynamic*).

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui gaya angkat dari setiap konfigurasi *foil* tersebut sehingga dapat mengetahui dari konfigurasi *foil* tersebut, manakah yang memiliki gaya angkat paling besar. Selain itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui hambatan dari setiap konfigurasi *foil* yang paling rendah sehingga nilai EHP kapal diketahui.

2. METODE

2.1. Ukuran Utama kapal

Ukuran utama kapal yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Ukuran Utama Kapal

No	Dimensi	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	2,5 m
8	Displacement	58,99 Ton
9	Spacing Hull	6 m

2.2. Ukuran Foil

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 [5].

Titik berat kapal diperoleh dari hasil analisa *equilibrium* kapal. Maka dengan rumus sebagai berikut dapat ditentukan peletakan *foil* [6].

$$L1 + L2 = W \quad (1)$$

$$L1.X1 = L2.X2$$

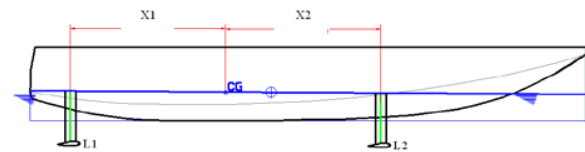
Dimana,

L1 : *Lift Force foil 1*

L2 : *Lift Force foil 2*

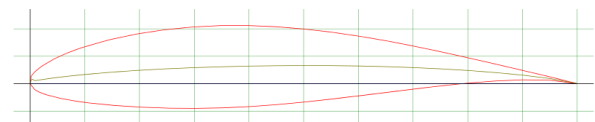
X1 : Jarak *Foil 1* ke titik berat kapal

X2 : Jarak *Foil 2* ke titik berat kapal



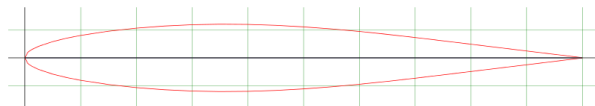
Gambar 1. Peletakan *foil*

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 5°.



Gambar 2. *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 3. *Foil* NACA 63-012A

2.3. Variasi Model

Konfigurasi peletakan *foil* pada kapal diklasifikasikan *Conventional* bila 65% atau lebih berat disangga oleh *foil* depan, apabila 65% berat kapal disangga *foil* bagian belakang maka susunan ini disebut *canard* dan bila berat kapal didistribusikan cukup merata untuk *foil* depan dan belakang maka konfigurasi ini disebut *tandem* [7].

Konfigurasi *Tandem* dan *Standard Canard* adalah konfigurasi yang paling banyak digunakan untuk kapal *semi-displacement*, sebagian besar kapal yang sudah jadi, memakai dua konfigurasi ini. Terutama, karena dua konfigurasi ini mempunyai kemampuan angkat yang besar, memungkinkan untuk mengangkat keseluruhan badan kapal dari air jika diperlukan. Ini membuat sistem kurang sensitif terhadap pergeseran LCG dan overloading [8].

Pada penelitian ini, hambatan dan gaya angkat *hydrofoil* dianalisa dari kecepatan 10 sampai 50 knot atau pada rentang *Froude Number* 0,347 hingga 1,737.

Momen Inersia *Pitching* dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut[10] :

$$I_{yy} = \frac{1}{g} \sum [w_i(x_i^2 + z_i^2)] \quad (3)$$

$$I_{yy} = \frac{1}{g} \sum [w_i(x_i^2 + z_i^2)] \quad (5)$$

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

Tabel 2. Variasi Kecepatan Kapal

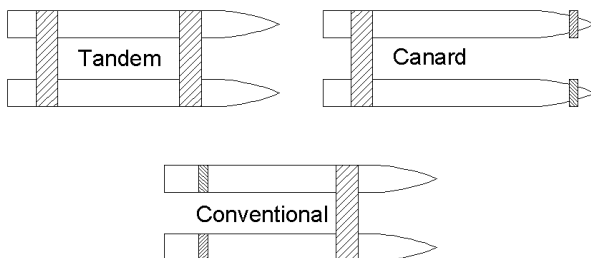
Fr	v	
	m/s	knot
0.347	5,144	10
0.695	10,288	20
1.042	15,432	30
1.390	20,576	40
1.737	25,720	50

Selain itu, model ini juga divariasikan posisi sebagai berikut :

Tabel 3. Variasi Model

Model	Posisi
1	Conventional
2	Canard
3	Tandem

Berikut adalah gambaran variasi posisi yang *hydrofoil* yang akan dianalisa :



Gambar 4. Variasi posisi *hydrofoil* [4]

2.4. Koreksi Trim

Koreksi sudut trim yang pada *hydrofoil* menggunakan persamaan berikut [9]:

$$\Delta\alpha = \frac{My}{\rho g I_y} \quad (2)$$

Dimana,

$\Delta\alpha$: Koreksi sudut trim

My : Momen trim

ρ : Massa jenis fluida

g : Percepatan gravitasi

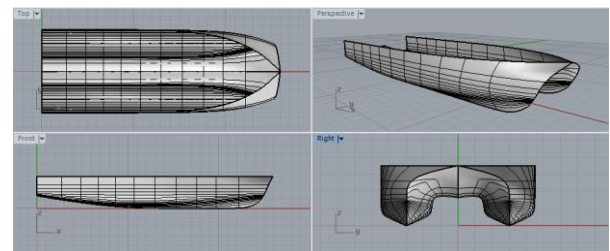
I_y : Momen inersia y-axis (*pitching*)

2.5. Momen Inersia *Pitching* Kapal

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Desain Model Kapal

Pemodelan lambung kapal dibuat dengan bantuan *software Rhinoceros v 5.0*. Hasil pemodelan terlebih dahulu diskala 1 : 100 lalu di *ekspor* kedalam bentuk *file .iges* kemudian dibuka di *software CFD Tdyn 12.2.3*.



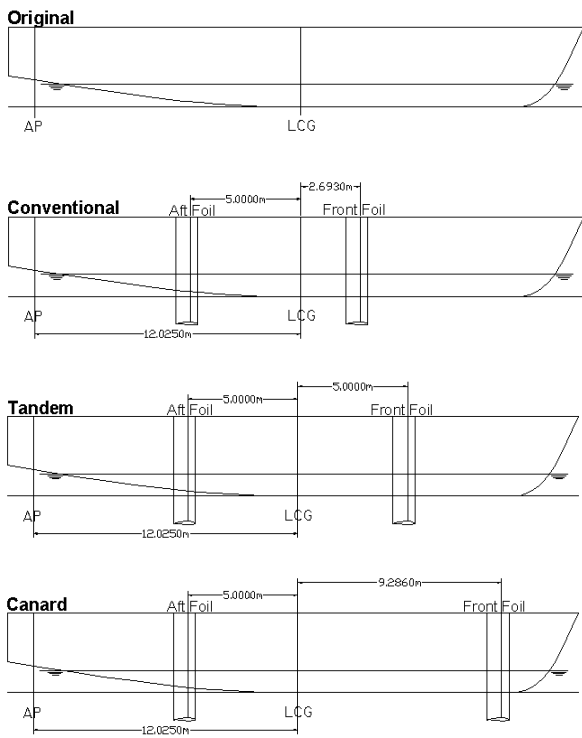
Gambar 5. Pembuatan model katamaran

3.2. Variasi Hydrofoil

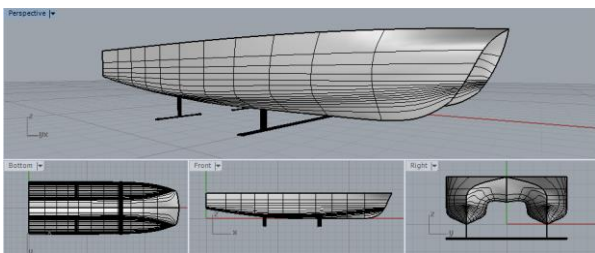
Untuk memenuhi kriteria konfigurasi foil seperti *conventional*, *Tandem* dan *Canard*, maka susunan foil dikonfigurasi sesuai dengan Tabel 4.

Tabel 4. Variasi *Hydrofoil*

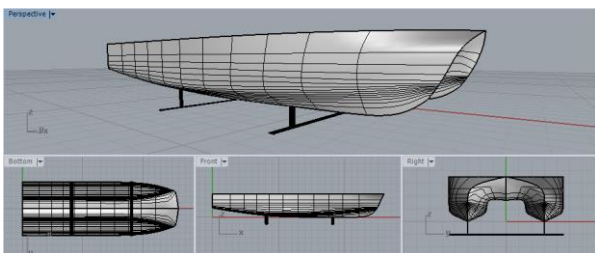
Model	Letak foil dari LCG (m)		WSA foil (m ²)	
	Aft	Front	Aft	Front
Original	-	-	-	-
Conventional	-5	2,692	7,886	7,886
Tandem	-5	5	10,226	5,506
Canard	-5	9,286	5,506	10,226



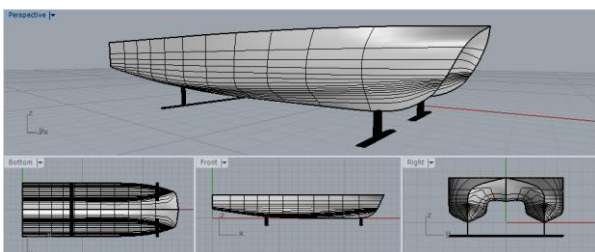
Gambar 5. Peletakan foil



Gambar 6. Model Conventional



Gambar 7. Model Tandem



Gambar 8. Model Canard

3.3. Gaya Angkat dan Momen Trim Kapal

Untuk mendapatkan hasil hambatan *hydrofoil*, diperlukan dua kali tahap *running*, tahap *running* yang pertama digunakan untuk

mempoleh hasil gaya angkat dan momen trim, setelah itu tahap *running* kedua dilakukan pada saat posisi kapal sudah terangkat dan trim sesuai dengan perhitungan pada Persamaan 2 (sesuai dengan kondisi *equilibrium* saat kapal melaju di masing-masing kecepatan).

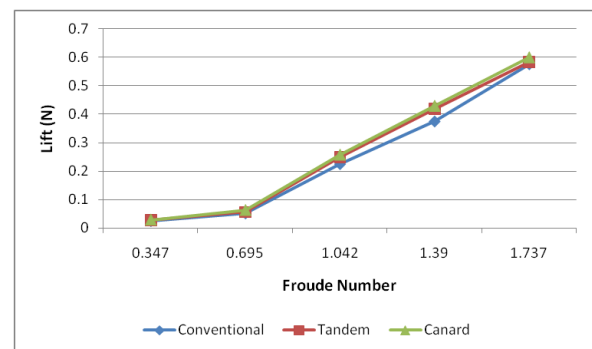
Perhitungan hambatan kapal dengan metode *Computational Fluid Dynamic* pada *post processor* (hasil *running*) diambil dari tahap *results*. Kemudian dari data tersebut kita olah sehingga menjadi data matang.

Tabel 5. Hasil lift tiap *Froude Number*

Fn	Lift (N)		
	Conventional	Tandem	Canard
0,347	0,0251	0,0262	0,0281
0,695	0,0521	0,0555	0,0620
1,042	0,2245	0,2474	0,2568
1,39	0,3740	0,4167	0,4285
1,737	0,5745	0,5823	0,5992

Tabel 6. Hasil Trim Moment tiap *Froude number*

Fn	Trim Moment		
	Conventional	Tandem	Canard
0.347	0,0030	0,0030	0,0032
0.695	0,0061	0,0067	0,0076
1.042	0,0275	0,0313	0,0320
1.39	0,0457	0,0526	0,0532
1.737	0,0710	0,0734	0,0743



Gambar 9. Lift hydrofoil model pada setiap *Froude Number*

Dari tabel dan grafik diatas, nilai *lift* menggunakan CFD variasi konfigurasi *foil*, nilai *lift* tertinggi adalah konfigurasi *Canard* dengan nilai 0,5992 N, nilai ini terjadi pada Froude Number 1,737 pada model *Canard* dengan variasi konfigurasi *foil* 65%(aft) dan 35%(fore). Sedangkan di *Froude Number* yang sama, nilai lift terkecil yaitu konfigurasi *Conventional* dengan nilai 0,5745 N.

Data lift dan trim moment tersebut, kemudian diolah dengan Persamaan 2 kemudian didapatkan nilai *heave* dan trim baru untuk semua model pada tiap *Froude Number*.

Tabel 7 dan Tabel 8 adalah kondisi *heave* dan trim baru kapal sesuai dengan kondisi *equilibrium* saat kapal beroperasi.

Tabel 7. Hasil *Heave* tiap *Froude Number*

Fn	Heave (m)		
	Conventional	Tandem	Canard
0,347	0,0258	0,0269	0,0279
0,695	0,0523	0,0569	0,0614
1,042	0,2233	0,2545	0,2561
1,39	0,4112	0,4737	0,4820
1,737	0,9525	1,3995	2,0907

Tabel 8. Hasil *Trim* tiap *Froude Number*

Fn	Trim (deg)		
	Conventional	Tandem	Canard
0,347	0,0619	0,0628	0,0665
0,695	0,1283	0,1402	0,1579
1,042	0,5730	0,6530	0,6674
1,39	0,9540	1,0978	1,1089
1,737	1,4801	1,5303	1,5499

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa nilai *heave* dan *trim* berbanding lurus dengan nilai *lift* dan *trim moment* pada Tabel 5 dan 6. Nilai *heave* dan *trim* terbesar terjadi pada konfigurasi *Canard*.



Gambar 10. *Equilibrium* model pada *Froude Number* 1,737

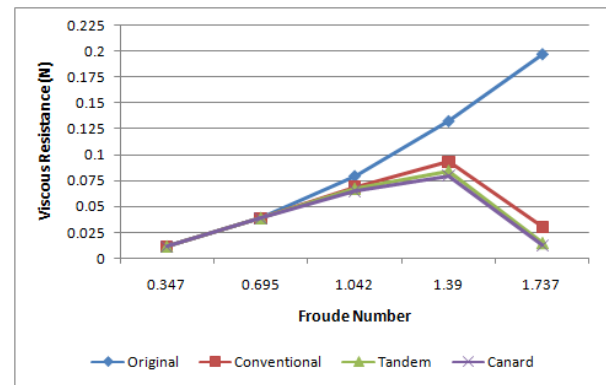
3.4. Hambatan Viskos Kapal

Untuk mengetahui komponen hambatan mana yang berpengaruh terhadap konfigurasi foil, maka hambatan kapal di pecah menjadi komponen – komponen hambatan.

Sesuai dengan Tabel 9 dan Gambar 11, hambatan viskos *hydrofoil* mulai menjadi lebih rendah dari pada kapal *Original* dimulai pada *Froude Number* 1,042. Hambatan viskos terkecil pada tiap *Froude Number* yaitu terjadi pada konfigurasi *Canard*.

Tabel 9. Hambatan Viskos

Fn	Hambatan Viskos (N)			
	Original	Conventional	Tandem	Canard
0,347	0,0114	0,0119	0,0119	0,0119
0,695	0,0388	0,0391	0,0390	0,0388
1,042	0,0792	0,0690	0,0671	0,0653
1,39	0,1322	0,0932	0,0841	0,0798
1,737	0,1967	0,0309	0,0153	0,0125



Gambar 11. Hambatan viskos kapal model pada setiap *Froude Number*

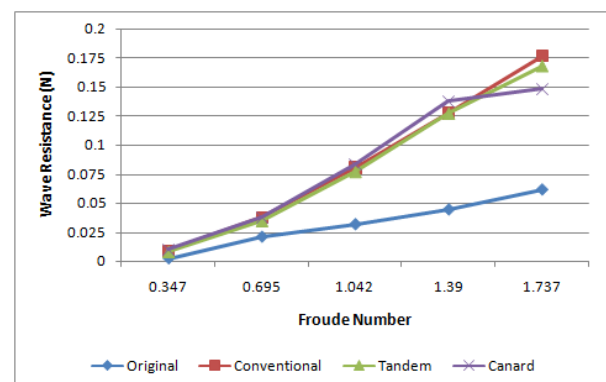
Hambatan viskos berkurang seiring dengan berkurangnya luas permukaan basah kapal yang ditandai dengan terangkatnya badan kapal. Ketika luas permukaan basah berkurang, maka gesekan antara kapal dengan fluida air akan berkurang. Ketika kapal mulai muncul dari permukaan air, maka yang bergesekan dengan fluida air adalah hanya foil dan strut saja.

3.5. Hambatan Gelombang Kapal

Lain halnya dengan hambatan viskos, hambatan gelombang kapal *hydrofoil* lebih tinggi dari pada hambatan kapal *original*. Dapat dilihat pada Tabel 10 dan Gambar 12 bahwa dari *Fr* 0,347 hingga 1,737 hambatan kapal *original* lebih rendah dari pada hambatan gelombang kapal *hydrofoil*.

Tabel 10. Hambatan Gelombang

Fn	Hambatan Gelombang (N)			
	Original	Conventional	Tandem	Canard
0,347	0,0022	0,0089	0,0081	0,0101
0,695	0,0209	0,0378	0,0348	0,0376
1,042	0,0317	0,0804	0,0770	0,0837
1,39	0,0445	0,1275	0,1271	0,1377
1,737	0,0617	0,1767	0,1678	0,1482



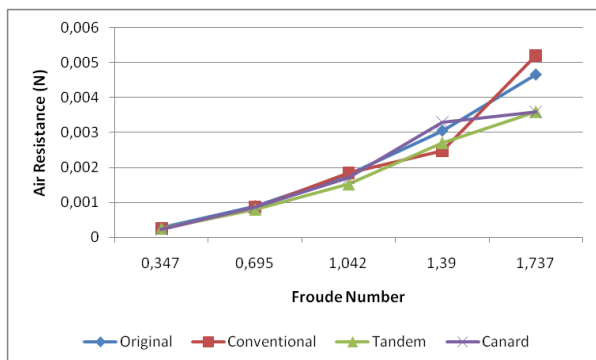
Gambar 12. Hambatan viskos kapal model pada setiap *Froude Number*

3.6. Hambatan Udara Kapal

Ketika badan kapal terangkat dari permukaan air, maka badan kapal akan bergesekan dengan fluida udara. Berdasarkan Tabel 11 dan Gambar 13, hambatan udara sangat kecil dibandingkan dengan hambatan viskos dan gelombang. Hal ini dikarenakan massa jenis udara sangat lebih ringan dibandingkan dengan air.

Tabel 11. Hambatan udara setiap pada *Froude Number*

Fn	Hambatan udara (N)			
	Original	Conventional	Tandem	Canard
0,347	0,0003	0,0002	0,0003	0,0002
0,695	0,0009	0,0009	0,0008	0,0009
1,042	0,0018	0,0018	0,0015	0,0017
1,39	0,0031	0,0025	0,0027	0,0033
1,737	0,0047	0,0052	0,0036	0,0036



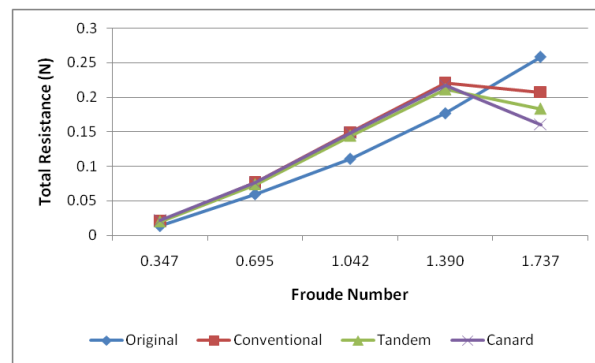
Gambar 13. Hambatan udara kapal model pada setiap *Froude Number*

3.7. Hambatan Total Kapal

Hambatan total didapatkan dari penjumlahan antara hambatan viskos, gelombang dan udara. Dapat dilihat pada Tabel 12 dan Gambar 14 bahwa hambatan kapal *hydrofoil* menjadi lebih kecil dari pada model original pada Fr 1,737. Pada *Froude Number* tersebut, badan kapal sudah terangkat dari permukaan air, sehingga hambatan total kapal berkurang.

Tabel 12. Hambatan total setiap pada *Froude Number*

Fn	Hambatan Total (N)			
	Original	Conventional	Tandem	Canard
0,347	0,0139	0,0211	0,0203	0,0223
0,695	0,0606	0,0778	0,0746	0,0773
1,042	0,1127	0,1513	0,1457	0,1507
1,39	0,1798	0,2232	0,2139	0,2209
1,737	0,2631	0,2127	0,1866	0,1643

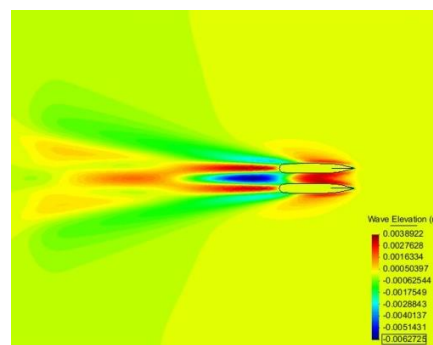


Gambar 14. Hambatan total kapal model pada setiap *Froude Number*

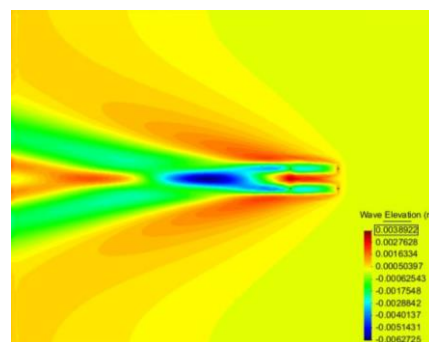
Pada model *Conventional*, hambatan total dapat berkurang hingga 19,14%. Pada model *Tandem*, hambatan total dapat berkurang hingga 29,07%. Pengurangan hambatan ini lebih besar dari pada model *Conventional*.

Pengurangan hambatan total terbesar terdapat pada model *Canard*. Pada model ini, hambatan total dapat berkurang hingga 37,56%.

Gambar 15 dan Gambar 16 adalah kontur dari pola gelombang yang terbentuk akibat kapal model *original* dan *conventional* melaju pada Fr 1,737. Pada model *conventional*, bentuk gelombang yang terbentuk adalah akibat dari badan kapal yang melaju. Sedangkan pada model *canard*, pola gelombang yang terbentuk adalah akibat dari strut dan foil yang melaju.

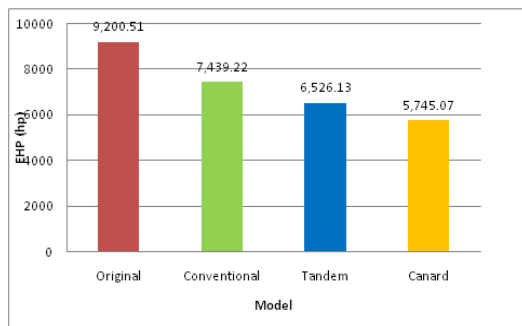


Gambar 15. *Contour fill* model *Original* pada *Froude Number* 1,737



Gambar 16. *Contour fill* model *Canard* pada *Froude Number* 1,737

Pada gambar 17, untuk mencapai kecepatan 50 knot, kapal *Original* membutuhkan EHP sebesar 9200,51 hp, sedangkan, *hydrofoil* dengan konfigurasi *Canard* hanya membutuhkan 5745,07 hp yang mana lebih menghemat 37,56% EHP dibanding kapal original.



Gambar 17. EHP kapal asli pada *Froude Number* 1,737

4. KESIMPULAN

Dari ketiga variasi model tersebut, terlihat nilai *lift* terbesar terjadi pada konfigurasi *foil Canard* yaitu sebesar 0,5992 N, sedangkan nilai *lift* terendah terjadi pada konfigurasi *foil Conventional* yaitu sebesar 0,5745 N.

Nilai hambatan total paling rendah terjadi pada konfigurasi *Canard* yaitu sebesar 0,1643 N yaitu terjadi penurunan sebesar 37,56 % dari kapal *Original*. Penggunaan EHP paling rendah yaitu pada konfigurasi *Canard* yaitu sebesar 5745,07 hp.

Konfigurasi *foil* yang efektif memperkecil hambatan adalah *Canard* dengan konfigurasi 65% (*aft*) dan 35% (*fore*).

DAFTAR PUSTAKA

[1] 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.

[2] A. K. Nugraha, Samuel dan M. Iqbal, "Analisa Peningkatan Performa Hambatan Kapal Katamaran MV. Laganbar menggunakan Centerbulb dan Bulbous Bow dengan Metode Computation Fluid Dynamic (CFD)," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 5, no. 1, pp. 48-56, 2017.

[3] A. K. Zakaria, P. Manik, M. Iqbal, "Analisa Pengaruh Variasi Posisi Centerbulb Berbentuk Foil Terhadap Hambatan Kapal

Katamaran MV. Laganbar Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamic (CFD)," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 5, no. 3, pp. 557-565, 2017.

[4] 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.

[5] Abbott I.R. and Von Doenhoff A.E. 1959. *Theory of Wing Sections: Including a Summary of Airfoil Data*. New York: Dover Publications, Inc.

[6] A.S. Slamet ., Suastika, Ketut. 2012. *Kajian Eksperimental Pengaruh Posisi Perletakan Hydrofoil Pendukung Terhadap Hambatan Kapal*. Surabaya: Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

[7] Faltinsen, Odd M. 2005. *Hydrodynamics of High-Speed Marine Vehicles*. New York: Cambridge University Press.

[8] Migeotte, G. dan Kornev, N. 2004. Development of Modern Hydrofoil-Assisted Multi-Hulls. *China International Boat Show &HPMV Conference*. 25-26 Maret 2004, China. 1-11.

[9] M. Salas, R.Luco, P.K Sahoo, etc. 2015 *Experimental and CFD Resistance Calculation of a Small Fast Catamaran*.

[10] Rameswar Bhattacharyya. 1978. *Dynamics of Marine Vehicles*. New York : John Wiley & Sons.