



Analisa Pengaruh Penambahan *Hull Fixed Fin* dengan Variasi *Foil* dan Sudut Serang terhadap Gaya Angkat dan Hambatan Kapal

Muhammad Ikhsan¹⁾, Parlindungan Manik¹⁾, Mahendra Indaryanto²⁾

¹⁾Laboratorium Komputer dan Desain Kapal

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 5027

²⁾Laboratorium Hidrodinamika Indonesia

Balai Teknologi Hidrodinamika

Jl. Hidrodinamika, BPPT, Sukolilo, Surabaya, Indonesia 60112

^{*)}e-mail :mhmmdikhsan@student.undip.ac.id

Abstrak

Penambahan variasi *Fixed Fin* pada badan kapal dapat dilakukan untuk mengurangi nilai hambatan kapal tersebut. Penambahan variasi *Fixed Fin* pada badan kapal memiliki tujuan untuk menghasilkan gaya angkat dan mengurangi aliran turbulen yang disebabkan oleh gelombang divergen (*Diverging Wave*) yang bergerak menyebar ke samping di kapal, yang kemudian bergerak sepanjang garis lurus pada permukaan air. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui gaya angkat dan hambatan dari setiap desain kapal yang telah divariasikan sehingga dapat memberikan alternatif desain penerapan *Fixed Fin* pada lambung kapal. Penelitian dilakukan dengan beberapa uji analisis model dengan metode CFD. Dengan variasi model yang berbeda dan pada kecepatan yang berbeda. Hasil penelitian ini menunjukkan dari enam model variasi yang sudah dianalisa didapat model *Fixed Fin* dengan konfigurasi *Foil NACA 0021* dengan sudut serang 7 derajat pada *Froude Number* 0,226 memiliki hasil yang paling optimum dari hasil yang lainnya mengurangi nilai hambatan sebesar 9,43%. Konfigurasi penempatan, luas area dan sudut serang sangat berpengaruh terhadap gaya angkat yang dihasilkan oleh *Fixed Fin* dan hambatan total kapal.

Kata Kunci : Hambatan Kapal, Gaya Angkat, *Fixed Fin*, *Computational Fluid Dynamic*, *Foil NACA*

1. PENDAHULUAN

Pada pertengahan abad ke-19, minyak mentah diangkut dalam kapal konvensional, disimpan dalam tong. Dikatakan bahwa para pelaut saat itu sama sekali tidak yakin tentang mengangkut produk jenis ini di kapal konvensional dan kayu barel, karena mereka takut ledakan dan kebakaran akan terjadi. Permintaan untuk jenis bahan bakar ini rendah dan terutama terbatas untuk memasok bahan bakar untuk lampu dan ada sedikit kebutuhan untuk transportasi sampai diesel dan internal mesin pembakaran ditemukan, ketika konsumsi konsumsi minyak meningkat pesat. Pada tahun 1861, seorang eksportir dari Philadelphia bertanggung jawab untuk membuat ekspor pertama minyak mentah ke London - di kapal tanker konvensional, "Elizabeth Watts" dengan kapasitas 224 ton. Pada kesempatan itu kapal tersebut membawa 1329 barel minyak, dan muatan dengan aman mencapai pelabuhan tujuan. Gluckauf

dibangun di Inggris, pada tahun 1886, dengan kapasitas 2.297 ton. Ini adalah slip pertama yang dirancang untuk mengangkut minyak mentah dalam jumlah besar tangki besar yang terpisah, dan merupakan tambahan, kapal tanker minyak pertama yang "diklasifikasikan" oleh Masyarakat Klasifikasi (Bureau Veritas). Kapal ini dikonversi menjadi prototipe tanker minyak modern. Gluckauf menandai awal dari yang baru tahap dalam pengangkutan minyak mentah. Penting untuk dicatat bahwa hanya dalam dua puluh tahun, antara 1886 dan 1906, 99% dari semua transportasi dibuat dalam jenis ini kapal khusus. Pada tahun 1892 Murex diserahkan kepada pemiliknya (Samuel & Samuel, yang kemudian menjadi Minyak Shell). Tanker minyak ini adalah yang pertama untuk menyeberangi Terusan Suez. [1]

Performa kualitas kapal terdegradasi karena adanya peningkatan respon kapal saat di laut. Telah diketahui secara umum bahwa situasi seperti itu dapat menyebabkan kondisi yang buruk,

kehilangan muatan, kerusakan struktural, dll. Penambahan Fin pada kapal berhasil digunakan di masa lalu untuk melawan efek tersebut sampai batas tertentu. Sistem seperti itu telah menjadi perhatian tambahan bagi para akademisi, dikarenakan masalah pemeliharaan dan pengoperasian. Namun, dalam situasi tertentu hambatan kapal berkurang karena modifikasi gelombang yang dihasilkan kapal. [2]

Bhattacharyya berhasil melakukan percobaan menggunakan Fin yang cocok untuk lambung dibawah air. Fin ini ditempatkan serendah mungkin pada haluan kapal karena penambahan fin dapat menimbulkan masalah operasional yang serius. Kemungkinan gaya slamming yang terbentuk dimungkinkan karena adanya penambahan Fin tersebut dan ini harus dipertimbangkan dalam desain struktural. Jenis Fin yang digunakan adalah pengaplikasian Hydrofoil yang dapat menonjol ke permukaan lambung kapal. Fin di desain sedemikian rupa sehingga luas Fin kira-kira sebesar 4,6% dari luas LWL. [3]

Stefun melakukan investigasi eksperimental pada Fin sebagai anti-pitching. Gerakan heave dan pitch untuk berbagai aspek rasio dan sudut dipelajari dan kemungkinan pengurangan kecepatan dalam gelombang juga dieksplorasi. [4]

Avis mempelajari tentang penggunaan fin sebagai anti-pitching untuk mengurangi hambatan pada sebuah Yacht. Penulis mengusulkan model matematika untuk memprediksi fin sebagai anti-pitching. Ia memvalidasi hasil penyelidikan eksperimental yang mengklaim 22% pengurangan dalam pitch, 15% pengurangan dalam heave dan 40% pengurangan hambatan. [5]

Abkowitz menyatakan bahwa hilangnya kecepatan yang disebabkan oleh fin tidak melampaui batas pada air tenang dan kita dapat mendesain fixed fin sehingga dapat mengurangi hambatan pada kecepatan tertentu. [6]

Pengujian terhadap tahanan kapal akibat adanya *Fixed Fin* pada area lambung kapal juga sudah dilakukan menggunakan software maxsurf oleh Willy. Dan menggunakan software Ansys oleh Rajesh. Pengujian membuktikan bahwa penambahan fixed fin tidak mempunyai pengaruh terhadap stabilitas kapal, namun dapat mengurangi tahanan kapal. [7]

Tujuan utama dari penelitian ini adalah mengetahui pengurangan hambatan kapal dengan penambahan Fixed Fin pada Haluan Kapal. Penelitian dilakukan dengan beberapa uji analisis model dengan metode CFD. Dengan variasi model yang berbeda dan pada kecepatan yang berbeda.

Penambahan variasi Fixed Fin pada badan kapal dapat dilakukan untuk mengurangi nilai

hambatan kapal tersebut. Penambahan variasi Fixed Fin pada badan kapal memiliki tujuan untuk menghasilkan gaya angkat dan mengurangi aliran turbulen yang disebabkan oleh gelombang divergen (*Diverging Wave*) yang bergerak menyebar ke samping dari kapal, yang kemudian bergerak sepanjang garis lurus pada permukaan air.

Berdasarkan uraian diatas, pada penelitian ini akan diterapkan penerapan Fixed Fin pada kapal tanker dengan variasi dua konfigurasi foil Fixed Fin, yaitu memakai foil NACA 0018 dan foil NACA 0021. Masing – masing konfigurasi tersebut dibuat tiga model dengan angle of attack yang berbeda, yaitu pada sudut 3°, 5° dan 7°. Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengurangi nilai hambatan pada kapal tanker.

2. METODE

2.1. Objek Penelitian

Objek pada penelitian ini adalah modifikasi dari kapal *Oil Tanker* yang diberi tambahan *Fixed Fin* pada haluan kapal. *Fixed Fin* tersebut menggunakan konfigurasi *Foil* NACA 0018 dan *Foil* NACA 0021, dengan Variasi 3 Sudut Serang dan 4 Kecepatan.

2.2. Ukuran Utama Kapal

Tabel 1. Ukuran Utama Kapal

| No | Nama | Ukuran |
|----|-------------------------|---------------------|
| 1. | Length Over All | 112 m |
| 2. | Length of Waterline | 103,5 m |
| 3. | Length of Perpendicular | 100 m |
| 4. | Breadth | 19,2 m |
| 5. | Draft | 6 m |
| 6. | Depth | 9,5 m |
| 7. | Wetted Surface Area | 2753 m ² |

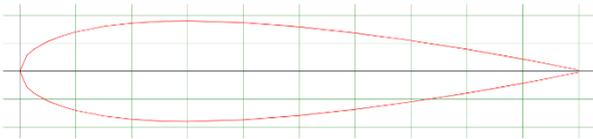
2.3. Ukuran Foil

Jenis *foil* yang digunakan dalam penelitian ini adalah seri *foil* NACA 0018 dengan *max thickness* 18% *at* 30% *chord*, dan *max chamber* 0% *at* 0% *chord*.

Dan seri *foil* NACA 0021 dengan *max thickness* 21% *at* 30% *chord*, dan *max chamber* 0% *at* 0% *chord*. Sudut serang yang digunakan yaitu sebesar yaitu 3°, 5° dan 7°

Tabel 2. Ukuran *Foil* NACA 0018

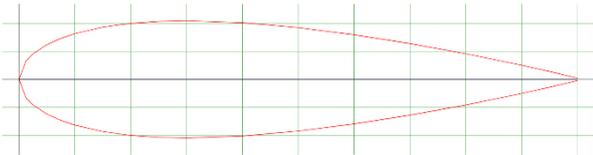
| No | Nama | Ukuran |
|----|------------------------|-------------|
| 1. | <i>Main Chord</i> | 6 m |
| 2. | <i>Span</i> | 9 m |
| 3. | <i>Angle of Attack</i> | 3°, 5° & 7° |



Gambar 1. Foil NACA 0018

Tabel 3. Ukuran Foil NACA 0021

| No | Nama | Ukuran |
|----|-----------------|-------------|
| 1. | Main Chord | 6 m |
| 2. | Span | 9 m |
| 3. | Angle of Attack | 3°, 5° & 7° |



Gambar 2. Foil NACA 0021

2.4. Korek Trim

Persamaan koreksi sudut trim yang digunakan pada *hydrofoil* adalah sebagai berikut [8] :

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

Dimana $\Delta\alpha$ adalah Koreksi sudut trim, My adalah Momen trim, ρ adalah Massa jenis, g adalah Percepatan gravitasi dan I_y adalah Momen inersia y -axis (*pitching*)

2.5. Gaya Angkat

Berdasarkan analisa dimensi bentuk persamaan gaya angkat adalah sebagai berikut [9] :

$$L = \frac{1}{2} \rho V^2 A_p C_L \quad (2)$$

Dimana L adalah Gaya Angkat, ρ adalah Massa Jenis, C_L adalah Koefisien Lift, V adalah Kecepatan dan A_p adalah Plan Area (S)

2.6. Momen Inersia Pitching

Momen inersia *pitching* dihitung dengan persamaan sebagai berikut [10] :

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

Dimana g adalah Percepatan gravitasi, w_i adalah berat setiap fraksi, x_i adalah Jarak Memanjang dari CG setiap fraksi ke CG kapal dan z_i adalah Jarak vertical dari CG setiap fraksi CG kapal.

2.7. Variasi Model

Pada penelitian ini gaya angkat dan hambatan dianalisa dari kecepatan 11 hingga 14 knot atau bilangan *froude number* 0,177 sampai 0,226.

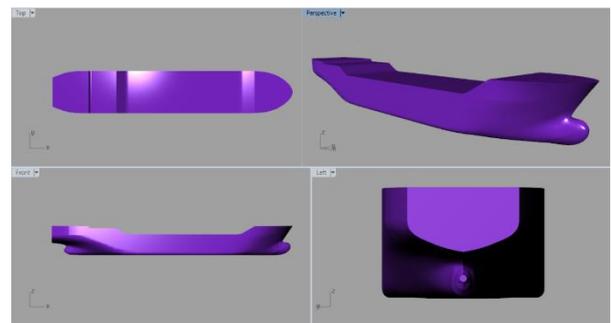
Tabel 4. Variasi Kecepatan Kapal

| Fr | V | |
|-------|-------|------|
| | m/s | knot |
| 0,177 | 1,132 | 11 |
| 0,193 | 1,235 | 12 |
| 0,209 | 1,338 | 13 |
| 0,226 | 1,440 | 14 |

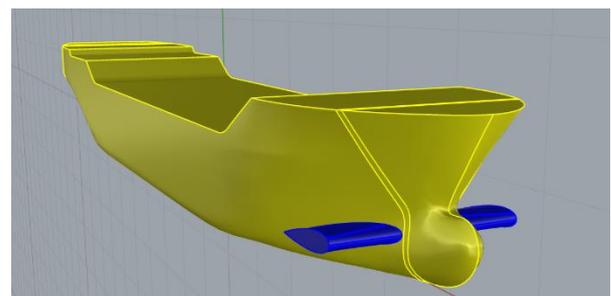
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Desain Model Kapal dan Fixed Fin

Model kapal dan variasi *Fixed Fin* pada penelitian ini didesain menggunakan *software* 3D. Kemudian model kapal tersebut dimodifikasi dengan menambahkan Variasi Foil sebagai Fixed Fin pada bagian Haluan Kapal dengan ukuran asli yang diskala dengan nilai 1 : 25. Kemudian model di *export* ke dalam bentuk file .ACIS (Sat) setelah itu di *import* ke *software* CFD Tdyn 12.2.3 untuk dianalisa gaya angkat dan hambatan.



Gambar 3. Pembuatan Model Kapal



Gambar 4. Model Kapal dengan Fixed Fin

3.2. Gaya Angkat dan Momen Trim

Pada penelitian ini dilakukan dua kali tahap *running software CFD* untuk mendapatkan nilai gaya angkat dan hambatan. Proses *running* pertama untuk mendapatkan nilai gaya angkat, momen trim, dan *heave* yang dihasilkan oleh *hydrofoil*. Untuk proses *running* yang kedua model kapal yang telah diangkat sesuai dengan *equilibrium* barunya pada kecepatan masing – masing kapal. Proses ini bertujuan untuk mendapatkan nilai hambatan kapal setelah kapal dalam keadaan terangkat akibat dari adanya *hydrofoil*.

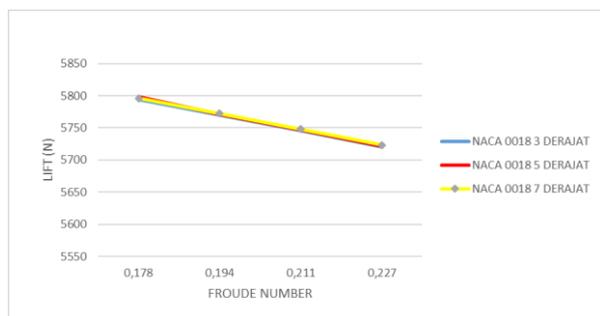
Perhitungan gaya angkat dan hambatan pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *Computational Fluid Dynamic* kemudian hasil didapat pada tahap *post processor*.

Tabel 8 a. Gaya Angkat NACA 0018 (N)

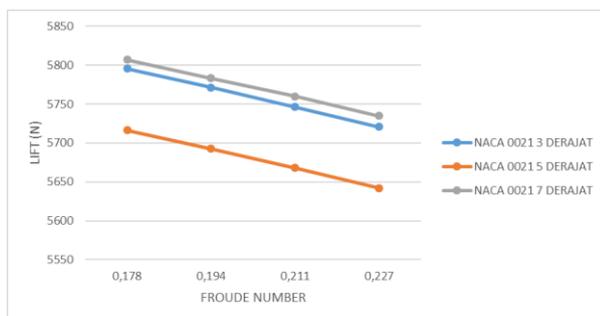
| Model | Froude Number | | | |
|-------|---------------|--------|--------|----------|
| | 0.177 | 0.193 | 0.209 | 0.226 |
| 3° | 5794,5 | 5770,2 | 5745,5 | 5720,223 |
| 5° | 5798,2 | 5770,9 | 5746,6 | 5721,8 |
| 7° | 5796 | 5772,3 | 5747,8 | 5723,4 |

Tabel 8 b. Gaya Angkat NACA 0021 (N)

| Model | Froude Number | | | |
|-------|---------------|--------|--------|--------|
| | 0.177 | 0.193 | 0.209 | 0.226 |
| 3° | 5795,2 | 5771,3 | 5746,3 | 5720,9 |
| 5° | 5716,5 | 5692,7 | 5667,8 | 5642,2 |
| 7° | 5806,8 | 5783,2 | 5759,8 | 5734,7 |



Gambar 5. Gaya Angkat NACA 0018



Gambar 6. Gaya Angkat NACA 0021

Berdasarkan tabel 8 dan gambar 8, nilai gaya angkat tertinggi yang dihasilkan oleh *Fixed Fin* terjadi pada *froude number 0.177* untuk seluruh model. Nilai gaya angkat tertinggi didapat nilai 5806,8 N pada model dengan konfigurasi NACA 0021 7 Derajat. Sedangkan untuk nilai gaya angkat terkecil pada *froude number 0.226* dengan nilai 5642,2 N yaitu pada model dengan konfigurasi NACA 0021 5 Derajat.

Sudut serang dan luas area berpengaruh terhadap besar dan kecilnya gaya angkat yang dihasilkan oleh *Fixed Fin*. Konfigurasi terbaik yang menghasilkan gaya angkat adalah konfigurasi NACA 0021.

Tabel 10 a. Nilai Heave NACA 0018

| Model | Froude Number | | | |
|-------|---------------|---------|---------|---------|
| | 0.177 | 0.193 | 0.209 | 0.226 |
| 3° | 0.00512 | 0.00512 | 0.00508 | 0.00504 |
| 5° | 0.00512 | 0.00512 | 0.00508 | 0.00504 |
| 7° | 0.00512 | 0.00512 | 0.00508 | 0.00508 |

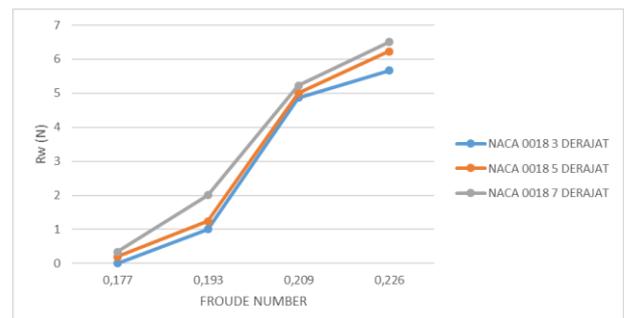
Tabel 10 b. Nilai Heave NACA 0021

| Model | Froude Number | | | |
|-------|---------------|---------|---------|---------|
| | 0.177 | 0.193 | 0.209 | 0.226 |
| 3° | 0.00512 | 0.00512 | 0.00508 | 0.00504 |
| 5° | 0.00504 | 0.00504 | 0.005 | 0.005 |
| 7° | 0.00512 | 0.00512 | 0.00508 | 0.00508 |

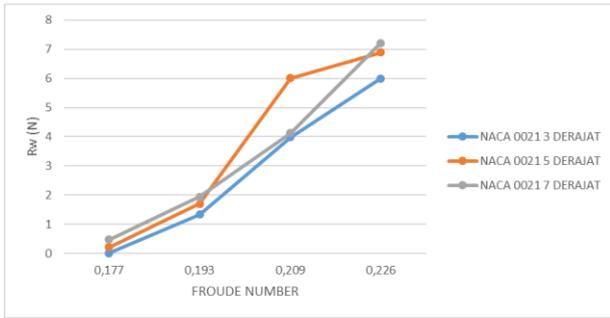
Nilai Heave ini didapat dengan metode pengurangan Displacement kapal dengan Gaya Angkat yang didapat. Setelah mendapatkan Displacement baru model kapal dimasukkan ke dalam Software Maxsurf untuk mendapatkan Nilai Heave (Kenaikan sarat). Sehingga didapatkan hasil diatas pada Tabel 10 a & Tabel 10 b.

3.3. Hambatan Gelombang Kapal

Berdasarkan gambar 9 nilai dari hambatan gelombang pada kapal dengan variasi *Fixed Fin* lebih rendah dari hambatan viskositas kapal, karena pada model kapal diuji pada *Froude Number* rendah dan bentuk Hull yang memiliki WSA dan Koefisien Blok yang besar.



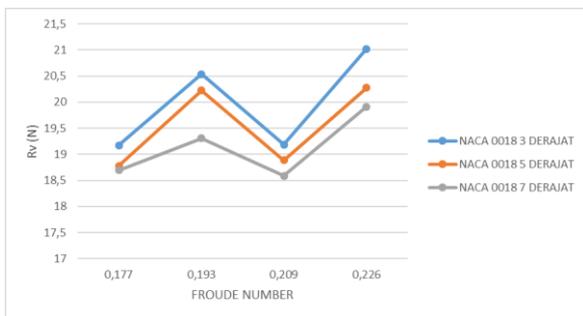
Gambar 7. Hambatan Gelombang NACA 0018



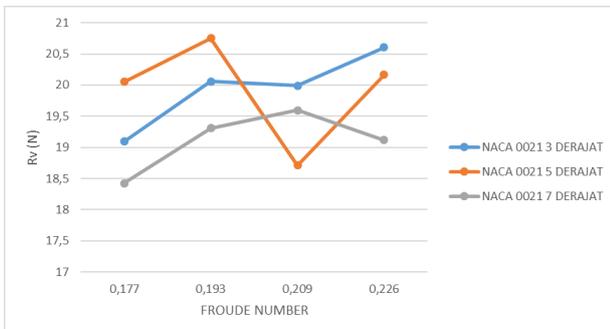
Gambar 8. Hambatan Gelombang NACA 0021

3.4. Hambatan Viskositas Kapal

Berdasarkan gambar 10, nilai hambatan viskositas dari kapal dengan variasi Fixed Fin lebih besar dari hambatan gelombang kapal mulai dari *froude number* 0,177 sampai 0,226.



Gambar 9. Hambatan Viskositas NACA 0018



Gambar 10. Hambatan Viskositas NACA 0021

Nilai hambatan viskositas pada kapal dengan variasi *Fixed Fin* semakin mengecil seiring bertambahnya kecepatan kapal. Dilihat dari tabel 8 semakin tinggi kecepatan kapal maka gaya angkat yang dihasilkan *Fixed Fin* semakin besar sehingga luas permukaan kapal yang tercelup kedalam air akan semakin kecil, hal ini mengakibatkan gesekan antara fluida dengan bagian kapal akan semakin kecil. Nilai hambatan viskositas yang paling kecil terjadi yaitu pada model dengan konfigurasi *Fixed Fin* dengan *Foil* NACA 0021 sudut serang 7 Derajat pada *Froude Number* 0,177.

3.5. Hambatan Total Kapal

Nilai hambatan total kapal merupakan penjumlahan dari beberapa komponen hambatan yaitu hambatan gelombang dan hambatan viskositas. Pada tabel 12 dan gambar 11 dapat dilihat bahwa hambatan total kapal menjadi lebih kecil jika dibandingkan dengan model kapal original pada *froude number* yang sama yaitu 0,226. Pada kondisi tersebut kapal memiliki gaya angkat dan berkurangnya gelombang divergen, akibat adanya gaya angkat dan berkurangnya gelombang divergen yang dihasilkan oleh *Fixed Fin* mengakibatkan bagian kapal yang tercelup kedalam air menjadi berkurang, sehingga mengurangi adanya gesekan antara badan kapal dengan air.

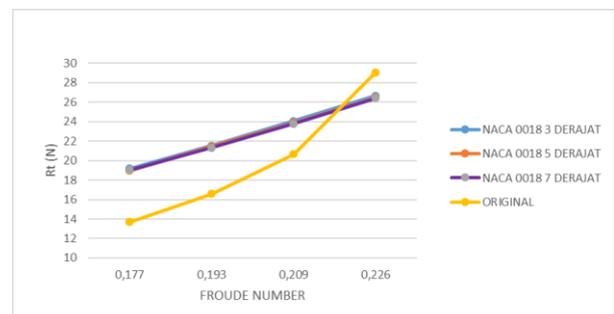
Tabel 12 a. Nilai Hambatan Total NACA 0018 (N)

| Model | Froude Number | | | |
|----------|---------------|--------|--------|--------|
| | 0.177 | 0.193 | 0.209 | 0.226 |
| Original | 13.7 | 16.57 | 20.67 | 29.07 |
| 3° | 19.173 | 21.546 | 24.058 | 26.689 |
| 5° | 18.971 | 21.469 | 23.891 | 26.51 |
| 7° | 19.038 | 21.319 | 23.806 | 26.419 |

Tabel 12 b. Nilai Hambatan Total NACA 0021 (N)

| Model | Froude Number | | | |
|----------|---------------|--------|--------|--------|
| | 0.177 | 0.193 | 0.209 | 0.226 |
| Original | 13.7 | 16.57 | 20.67 | 29.07 |
| 3° | 19.106 | 21.393 | 23.973 | 26.598 |
| 5° | 20.264 | 22.448 | 24.718 | 27.051 |
| 7° | 18.902 | 21.243 | 23.724 | 26.328 |

Hambatan total yang mengalami penurunan bernilai besar terjadi pada model kapal dengan konfigurasi NACA 0018 7 Derajat dan NACA 0021 7 Derajat pada *Froude Number* 0,226. Penurunan nilai hambatan total keenam model tersebut tidak terlalu besar dari hambatan total kapal original. Penurunan paling rendah terdapat di NACA 0021 7 Derajat pada *Froude Number* 0,226.

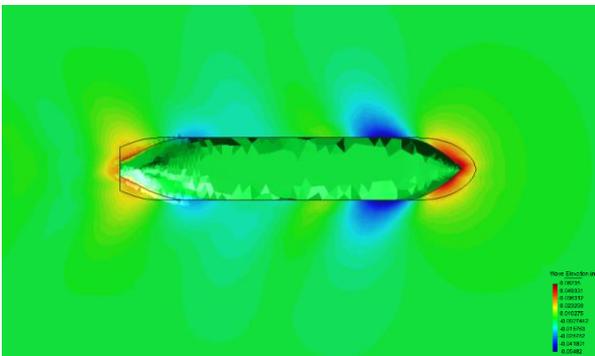


Gambar 11. Nilai Hambatan Total NACA 0018

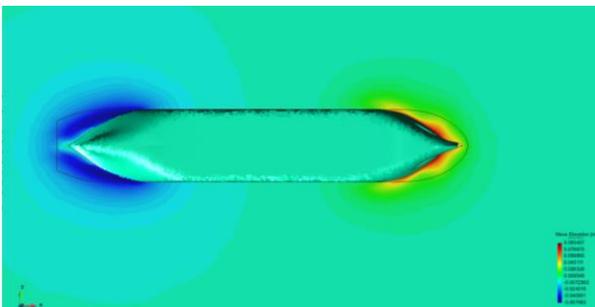


Gambar 12. Nilai Hambatan Total NACA 0021

Pada gambar 11 nilai hambatan total kapal *hydrofoil* katamaran yang diberi tambahan *Fixed Fin* mengalami penurunan nilai hambatan total ketika kecepatan kapal semakin tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa kecepatan kapal memiliki pengaruh terhadap hambatan total kapal.



Gambar 13. Contour Fill Model Original Froude Number 0,226



Gambar 14. Contour Fill Model NACA 0021 7 Derajat Froude Number 0,226

4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini dari enam variasi model yang dianalisa dengan *software CFD* didapat nilai *lift* terbesar dihasilkan oleh model NACA 0018 7 Derajat dan NACA 0021 7 Derajat pada *froude number* 0,177 dengan nilai 5798,2 N dan 5806, 829 N. Sedangkan untuk nilai *lift* terendah dihasilkan oleh model NACA 0018 3 Derajat dan NACA 0021 3 Derajat pada *froude number* 0,226 sebesar 5720,223 dan 5720,911.

Untuk nilai hambatan total paling rendah dihasilkan oleh model NACA 0021 7 Derajat pada

froude number 0,226 sebesar 26.328 N. Nilai hambatan total ini berkurang 9,43% dari hambatan total kapal original.

Konfigurasi penempatan, luas area dan sudut serang berpengaruh terhadap gaya angkat yang dihasilkan oleh *Fixed Fin* dan hambatan total kapal. Dari hasil penelitian ini didapat bahwa model yang menghasilkan gaya angkat besar dan efektif menurunkan nilai hambatan adalah model NACA 0021 dengan Sudut Serang 7 Derajat. Konfigurasi luasan area pada *Fixed Fin* adalah variabel yang paling berpengaruh terhadap gaya angkat dan hambatan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rodrigo DL, Jaime. (2010). Oil tankers safety: legal aspects.
- [2] Kaplan P, Baites AE, Clark A, Gaudin G, Taylor DW. 1984. Ship stabilization-progress and prognosis. Ninth Ship Technology and Research (STAR) Symposium, New Jersey, NJ: SNAME.
- [3] R. Bhattacharyya, *Dynamics of Marine Vehicles*, 1st ed. New York: A Wiley Interscience Publication, 1978..
- [4] Stefun P George. 1959. Model experiments with fixed bow antipitching fins. *J Ship Res.* 3:58–71.
- [5] Avis J. 1991. Use of antipitch hydrofoil to reduce added resistance of a yacht in waves. *Marine Technol.* XXVIII(1):14–22.
- [6] Abkowitz MA. 1959. The effect of antipitching fins on ship motions. *Trans Soc Naval Architects Marine Eng.* 67:210–252.
- [7] B. Rajesh Regu Ram, S. Surendran & S.K. Lee (2015) Computer and experimental simulations on the fin effect on ship resistance, *Ships and Offshore Structures*, 10:2, 122-131, DOI: 10.1080/17445302.2014.918308
- [8] H. N. Loveday, G. Migeotte, and T. W. Von Backstrom, "The Design of a Hydrofoil System for Sailing Catamarans," *South African Inst. Mech. Eng. R&D J.*, vol. 24, no. 1, pp. 12–18, 2008.
- [9] M. O. Reuben, *Essentials of Engineering Fluid Mechanics*, 4th ed. New York: New York Harper & Row, 1980.

- [10] M. Fouling and I. Prevention, “Ship Resistance,” *Mar. Fouling Its Prev.*, no. 580, pp. 21–34, 1952.
- [11] H. K. Versteeg and W. Malalasekera, *An Introduction to Computational Fluid Dynamics*, Second Edi. Harlow: Pearson Education Limited, 2007.
- [12] M. Salas, R. Luco, P. K. Sahoo, N. Browne, and M. López, “Experimental and CFD resistance calculation of a small fast catamaran,” *Int. Conf. high Perform. Veh.*, no. October 2015, pp. 215–229, 2004.