



ISSN 2338-0322

# JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

## ***Analisa Drag Force Anoda Korban Variasi Bentuk Fin Shaped Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamic***

*Ridwan Muhammad 1), Ahmad Fauzan Zakki, Berlian Arswendo Adietya*  
*Laboratorium Komputer dan Desain Kapal*

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

*\*j-e-mail :Ridwanmuhammad@student.undip.ac.id, ahmadfzakki@yahoo.com, berlian@undip.ac.id*

### **Abstrak**

Perlindungan katodik pertama kali dipakai pada tahun 1824 sebagai perlindungan korosi pada pelapis tembaga di bagian lambung yang tercelup air sebuah kapal. Namun penggunaan anoda korban pada kapal menyebabkan timbulnya tonjolan (*appendages*) yang menyebabkan pengurangan axial losses pada gaya dorong propeller yang disebabkan oleh turbulensi air yang berakselerasi di belakang propeller. Perancangan desain model anoda korban lebih streamline diperlukan untuk mengurangi drag force pada anoda korban konvensional. Dalam penelitian ini, berfokus untuk mengetahui perbedaan nilai drag force antara anoda korban konvensional dan variasi anoda korban berbentuk fin shape dengan investigasi numerik. Sehingga dapat memberikan inovasi baru dalam dunia perkapalan terkhususnya pada perancangan geometri anoda korban yang ada di pasaran. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode Computational Fluid Dynamic (CFD) yaitu dengan menggunakan software Tdyn. Hasilnya menunjukkan dari 4 variasi anoda korban fin shape yang di kalkulasi secara perunit, model ke-1 dapat memberikan penurunan hambatan 51.2% dari bentuk anoda korban konvensional (*original*) pada kecepatan 5.144 m/s atau 10 knot. Simulasi buritan kapal pada kecepatan yang sama terjadi penurunan hambatan total sebesar 69.66% pada posisi pertama dan 64.51% pada posisi kedua. Dengan hasil ini, anoda korban berbentuk fin shape dapat menjadi alternatif desain dalam perancangan anoda korban.

*Kata Kunci : Anoda Korban, Fin Shaped, Drag Force, Computational Fluid Dynamic*

### **1. PENDAHULUAN**

Perlindungan katodik pertama kali dipakai pada tahun 1824, pada saat itu anoda korban berbahan besi dipasang sebagai perlindungan korosi pada pelapis tembaga (*copper cladding*) bagian lambung yang tercelup air sebuah kapal layar [1]. Proteksi katodik dengan anoda korban terjadi ketika sebuah logam yang dilindungi sebagai katoda dihubungkan dengan logam yang lebih reaktif sebagai anoda [2]. Penggunaan anoda korban relatif lebih murah dan dipasang dibandingkan dengan penggunaan metode arus tanding (*impressed current*). Keuntungan lainnya adalah tidak adanya kemungkinan salah arah dalam pengaliran arus [3].

Sebuah studi terkait penggunaan anoda korban pada lambung kapal secara longitudinal dapat memperlambat laju korosi rata-rata sebesar 0,327 mm/tahun [4].

Meskipun penggunaan anoda korban mampu memberikan perlindungan efektif pada kapal namun memiliki dampak lain yaitu tonjolan di badan kapal. Tonjolan di badan kapal mengakibatkan axial losses pada gaya dorong propeller yang disebabkan oleh turbulensi pada air yang berakselerasi di belakang propeller [5]. Anoda korban dan alat pelengkap lainnya harus diatur streamline dan sebaiknya dipasang searah dengan aliran air lokal [6].

Sebuah studi tentang perancangan pada tonjolan kapal menunjukkan bahwa dengan perbaikan desain untuk mendapatkan aliran yang baik dapat meningkatkan efisiensi total konsumsi

energi sebesar 2% dan mengurangi forward resistance hingga 5-10% [7].

Anoda korban konvensional yang berada di pasaran umumnya memiliki bentuk mendekati balok. Sebuah penelitian menunjukkan bahwa perubahan bentuk anoda korban menjadi bentuk *eclipse* dapat mengurangi *shear force* dibandingkan dengan bentuk konvensional [8].

Dari penjelasan di atas, penelitian ini berfokus untuk mengetahui pengaruh variasi bentuk anoda korban terhadap *drag force*. Anoda korban yang akan dianalisis adalah anoda korban konvensional dan anoda korban modifikasi berbentuk sirip (*fin*) dengan persamaan volume mengikuti anoda korban konvensional (sebelum dimodifikasi). Analisis CFD dan pendekatan secara numerik dilakukan agar mendapatkan besaran *drag force* dari beberapa tipe model tersebut.

Pada penelitian ini dimodelkan 5 buah model bentuk anoda korban. Diantaranya 1 buah model anoda korban bentuk konvensional balok dan 4 buah model anoda korban bentuk *fin shape* 1, *fin shape* 2, *fin shape* 3, *fin shape* 4. Setiap model akan divariasikan dengan kecepatan dan dianalisa dengan metode CFD (*Computational Fluid Dynamic*) untuk mendapatkan nilai *drag force* yang memiliki nilai paling kecil.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dan perbedaan *drag force* dari variasi bentuk anoda korban di tiap unitnya.

## 2. METODE

### 2.1. Objek Penelitian

Pada penelitian kali ini menggunakan anoda korban tipe s4 yang memiliki dimensi 200 mm x 100 mm x 30 mm dengan variasi *fin shape* dari model anoda korban tersebut.

### 2.2. Dimensi Anoda Korban Konvensional

Tabel 1. Dimensi Anoda Korban

No	Nama	Ukuran	
1	panjang	20	cm
2	lebar	10	cm
3	tinggi	3	cm
4	massa	4200	g
5	area	380	cm <sup>2</sup>
6	volume	600	cm <sup>3</sup>
7	massa jenis	7	g/cm <sup>3</sup>



Gambar 1. Anoda Konvensional Tipe S4

### 2.3. Drag Force

Untuk Mendapatkan nilai dari Drag Force adalah menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$F_D = \frac{1}{2} \rho v^2 C_D A \quad (1)$$

Dimana :

$F_D$  : Nilai *Drag Force*

$\rho$  : Masa jenis Fluida  $v$  : Kecepatan

$C_D$  : *Coefficient Drag*

Persamaan ini digunakan pada penelitian untuk mengetahui besaran drag atau hambatan pada sebuah objek secara matematis, [9]. Nilai dari *Coefficient Drag* mengacu pada buku *Fluid-dynamic Drag* [10].

### 2.4. Variasi Model

Pada penelitian ini, nilai *Drag Force* masing masing model dianalisa pada kecepatan dari 5 hingga 10 knot.

Tabel 2. Variasi Kecepatan

knot	m/s
5	2.572
8	4.116
10	5.144

Selain itu, model juga divariasikan berdasarkan dari ukuran dimensinya.

Tabel 3. Variasi Dimensi Model

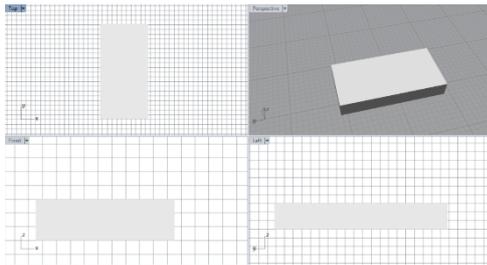
Model	P(cm)	L(cm)	T(cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )
1	24.8	6.7	7.9	406.48	600
2	25.8	12.3	8.36	452.78	600
3	25.9	12.9	8.37	462.64	600
4	26.6	11.2	8.65	448.89	600

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Desain Model Anoda Korban Konvensional

Model Anoda korban konvensional didesain menggunakan software 3D dengan dimensi yang telah tersedia. Selanjutnya model di export kedalam bentuk IGES (.igs). lalu *file* yang

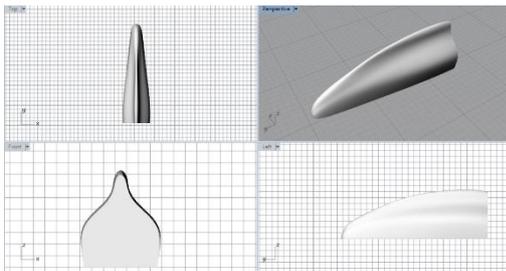
telah di-export kemudian di-import ke software CFD Tdyn 15.0.1 untuk dianalisa hambatannya.



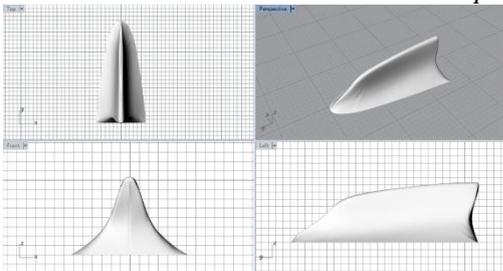
Gambar 2. Pembuatan Model Anoda Korban Konvensional

### 3.2. Variasi Model Anoda Korban

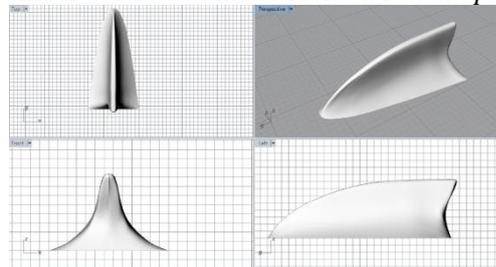
Variasi model pada penelitian ini adalah perubahan pada bentuk geometri dari anoda korban yang konvensional (balok) menjadi berbentuk sirip (*fin*). Tiap *fin* memiliki besaran volume yang sama dengan anoda korban konvensional agar memiliki berat yang sama yang terdapat di pasaran.



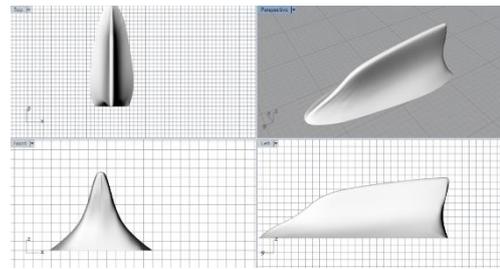
Gambar 3. Model Anoda Korban *Fin Shape 1*



Gambar 4. Model Anoda Korban *Fin Shape 2*



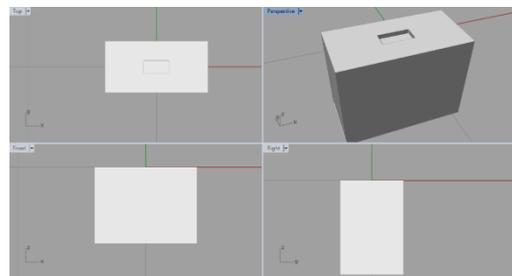
Gambar 5. Model Anoda Korban *Fin Shape 3*



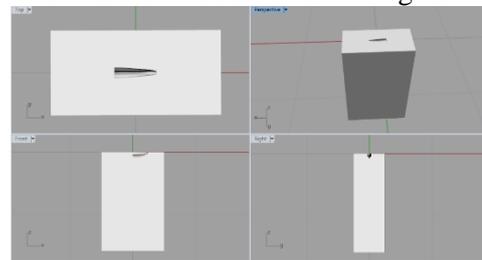
Gambar 6. Model Anoda Korban *Fin Shape 4*

### 3.3. Domain Kalkulasi Anoda Korban

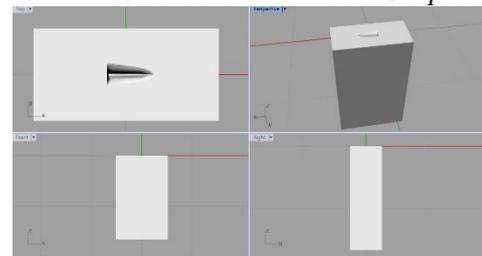
Penelitian ini berfokus untuk melihat nilai pengaruh variasi bentuk terhadap hambatan (*drag force*) pada anoda korban secara perunit. Agar mendapatkan nilainya maka anoda korban dipasang dalam sebuah domain yang beracuan pada lambung kapal.



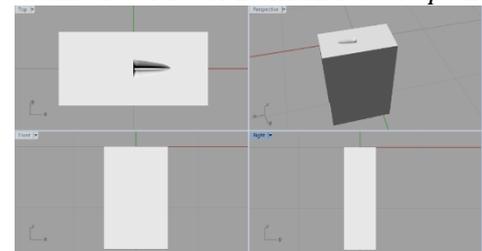
Gambar 7. Model Domain Original



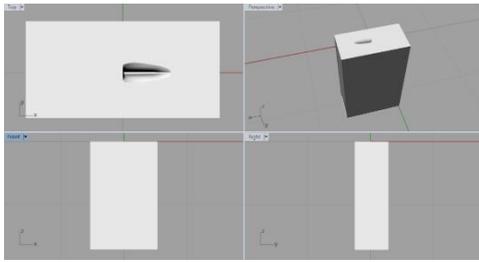
Gambar 8. Model Domain *Fin Shape 1*



Gambar 9. Model Domain *Fin Shape 2*

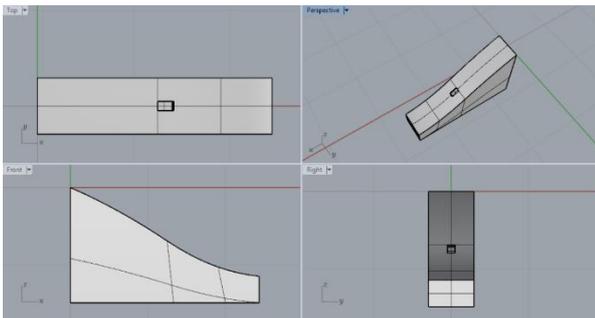


Gambar 10. Model Domain *Fin Shape 3*

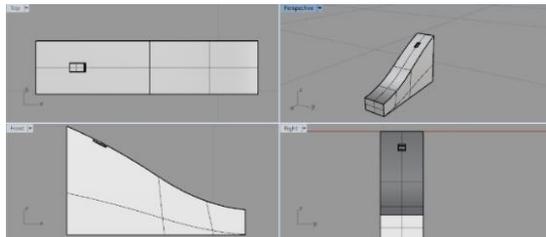


Gambar 11. Model Anoda Korban *Fin Shape* 4

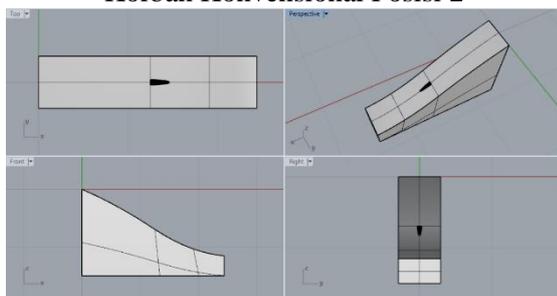
Pada Gambar 7-11 menunjukkan anoda korban tiap model ditempatkan pada menyerupai plat datar. Untuk simulasi pada bagian buritan dapat dilihat pada Gambar 12, 13, 14, 15.



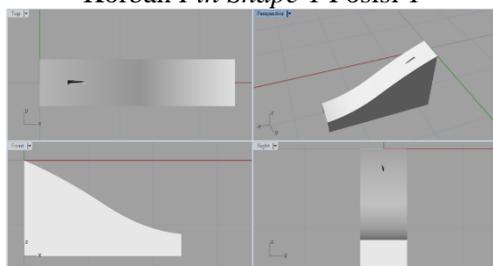
Gambar 12. Model Simulasi Buritan Anoda Korban Konvensional Posisi 1



Gambar 13. Model Simulasi Buritan Anoda Korban Konvensional Posisi 2



Gambar 14. Model Simulasi Buritan Anoda Korban *Fin Shape* 1 Posisi 1



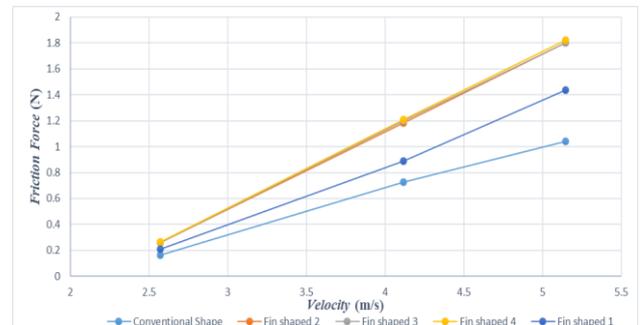
Gambar 15. Model Simulasi Buritan Anoda Korban *Fin Shape* 1 Posisi 2

### 3.4. Hambatan Gesek

Pada tabel 4 dan gambar 16 dapat dilihat variasi model anoda korban *fin shape* memiliki hambatan gesek yang nilainya lebih besar dari anoda dengan model konvensional disetiap kecepatannya berdasarkan hasil dari simulasi CFD (*Computational Fluid Dynamic*).

Tabel 4. Nilai Hambatan Gesek (N)

Model	Velocity (m/s)		
	2.572	4.116	5.144
Original	0.16365	0.72808	1.0434
1	0.20993	0.89052	1.4352
2	0.25995	1.1829	1.8004
3	0.26134	1.1958	1.8022
4	0.26332	1.2097	1.8243



Gambar 16. Grafik Nilai Hambatan Gesek

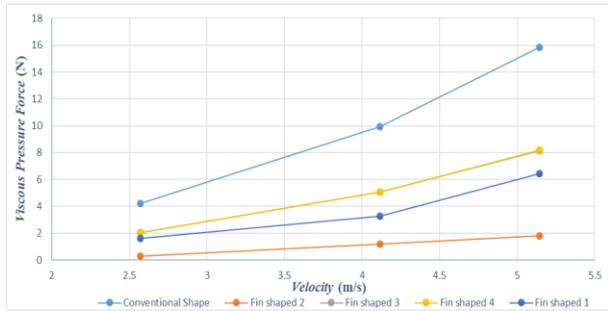
Nilai hambatan gesek pada model anoda korban *fin shape* lebih besar dari model anoda korban original 28.27% sampai 60,9% pada kecepatan 2.572 m/s, 22.31% sampai 66.149% pada kecepatan 4.116 m/s, 37.55% sampai 74.84% pada kecepatan 5.144 m/s. Hal ini dikarenakan area permukaan basah atau bagian yang bergesekan dengan air lebih besar dibandingkan dengan model konvensional.

### 3.5. Hambatan Tekanan Viskositas

Dapat dilihat pada tabel 5 dan gambar 17 terjadi penurunan nilai hambatan tekanan viskositas pada semua model variasi *Fin Shape* dibandingkan dengan model konvensional.

Tabel 5. Nilai Hambatan Tekanan Viskositas (N)

Model	Velocity (m/s)		
	2.572	4.116	5.144
Original	4.20975	9.91392	15.8236
1	1.60467	3.27118	6.4334
2	1.76315	4.7513	7.0322
3	2.04086	5.0595	8.1509
4	2.05108	5.0784	8.1907



Gambar 17. Grafik Nilai Hambatan Tekanan Viskositas

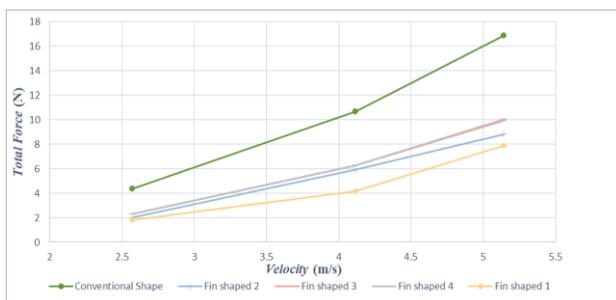
Nilai hambatan tekanan viskositas variasi model *Fin shape* mengalami penurunan 51.27% sampai 61.88% pada kecepatan 2.572 m/s, 48.77% sampai 67.004% pada kecepatan 4.116 m/s, 48.24% sampai 59.34% pada kecepatan 5.144 m/s. dari data diatas dapat disimpulkan bahwa bentuk dari variasi model anoda korban *Fin Shape* 1 merupakan variasi yang dapat mengurangi hambatan tekanan viskositas paling signifikan dan memiliki bentuk paling streamline.

### 3.6. Hambatan Total

Pada Penelitian ini dapat dilihat dari tabel 6 dan gambar 18, hasil dari simulasi CFD (*Computational Fluid Dynamic*) menunjukkan perubahan yang cukup signifikan pada hambatan totalnya. Nilai hambatan total dari model variasi anoda korban *fin shape* memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan model anoda korban original (konvensional) disetiap kecepatannya.

Tabel 6. Nilai Hambatan Total (N)

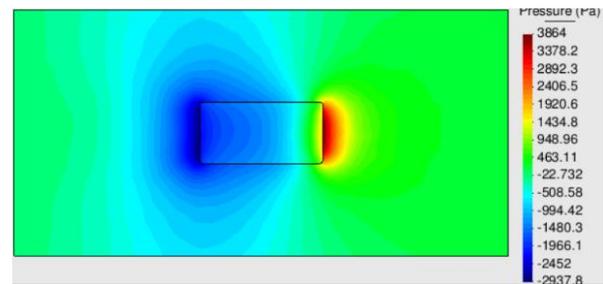
Model	Velocity (m/s)		
	2.572	4.116	5.144
Original	4.173	10.143	16.125
1	1.8146	4.1617	7.8686
2	2.0231	5.9342	8.8326
3	2.3022	6.2553	9.9531
4	2.3144	6.2881	10.015



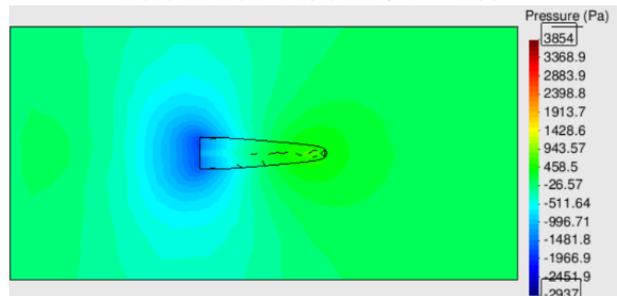
Gambar 18. Grafik Nilai Hambatan Total

Pada tabel 6 dapat dilihat terjadinya penurunan nilai hambatan total model variasi anoda korban *fin shape* dibandingkan dengan model anoda korban original (konvensional) secara signifikan. Penurunan hambatan total sebesar 44.54% sampai 56.52% dapat dilihat pada kecepatan 2.572 m/s, penurunan hambatan total sebesar 38% sampai 58.97% dapat dilihat pada kecepatan 4.116 m/s, penurunan hambatan total sebesar 37.89% sampai 51.2% dapat dilihat pada kecepatan 5.144 m/s. Pada gambar 18 juga dapat di lihat semakin cepat aliran maka selisih dari hambatan model anoda korban original dengan model anoda korban *fin shape* juga menjadi besar.

Dari data yang didapat dari metode CFD, dapat dilihat penurunan hambatan total paling besar terdapat dimodel variasi anoda korban *fin shape* 1 yaitu sebesar 56.52%, 58.97%, dan 51.2% dikecepatan 2.572 m/s, 4.116 m/s, dan 5.144 m/s. Model variasi anoda korban *fin shape* 1 memiliki bentuk yang jauh lebih *streamline* dari model anoda korban original sehingga memiliki aliran fluida yang lebih baik.



Gambar 19. Pressure Contour Fill, Model Anoda Korban Konvensional 5.144 m/s



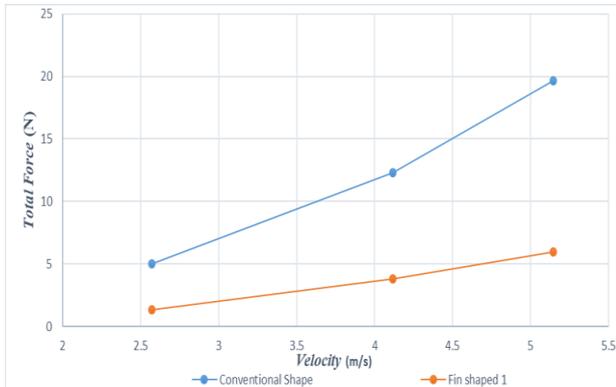
Gambar 20. Pressure Contour Fill, Model *Fin Shape* 1 5.144 m/s

### 3.7. Hambatan Total Simulasi Buritan

Setelah mendapatkan hasil dari nilai hambatan total tiap model anoda korban *fin shape* dan perbandingannya dengan nilai hambatan total model anoda korban original yang disimulasikan sebagai bentuk representatif dari anoda korban yang ditempel pada plat datar. Kali ini akan dilakukan simulasi yang akan merepresentasikan hambatan total dan penyebaran tekanan arus pada bagian buritan kapal.

Tabel 7. Nilai Hambatan Total Simulasi Buritan Posisi 1

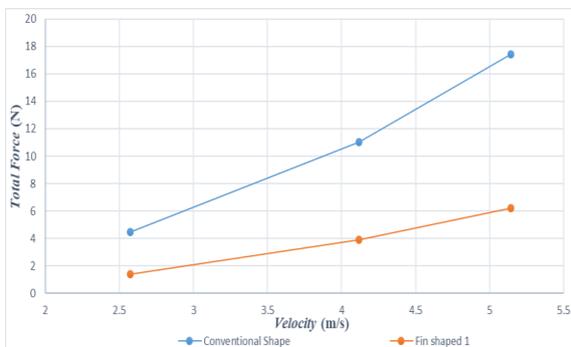
Velocity (m/s)	Original(N)	Model 1(N)
2.572	5.00423	1.34955
4.116	12.3311	3.79269
5.144	19.6407	5.9591



Gambar 21. Grafik Nilai Hambatan Total Simulasi Buritan Posisi 1

Tabel 8. Nilai Hambatan Total Simulasi Buritan Posisi 2

Velocity (m/s)	Original(N)	Model 1(N)
2.572	4.4505	1.38425
4.116	11.0283	3.9113
5.144	17.4404	6.19



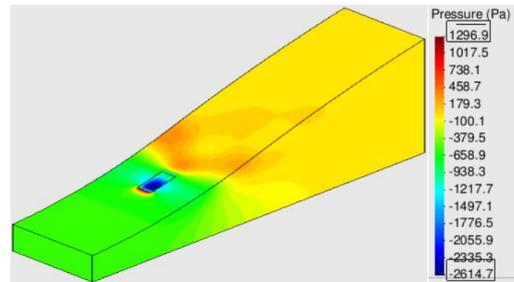
Gambar 22. Grafik Nilai Hambatan Total Simulasi Buritan Posisi 2

Pada Tabel 7 dan Gambar 21. dapat dilihat bahwa pada simulasi yang akan merepresentasikan aliran pada anoda korban bagian buritan, menunjukkan penurunan hambatan total signifikan yang terjadi pada kecepatan 2.572 m/s sebesar 73.03%, pada kecepatan 4.116 m/s sebesar 69.2%, dan pada kecepatan 5.144 m/s terjadi penurunan hambatan total sebesar 69.66%.

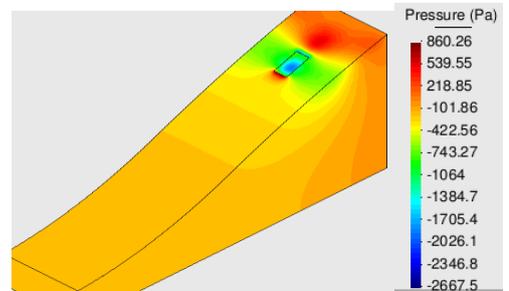
Pada Tabel 8 dan Gambar 22 menunjukkan penurunan hambatan total signifikan yang terjadi pada kecepatan 2.572 m/s sebesar 68.89%, pada kecepatan 4.116 m/s sebesar

64.54%, dan pada kecepatan 5.144 m/s terjadi penurunan hambatan total sebesar 64.51%.

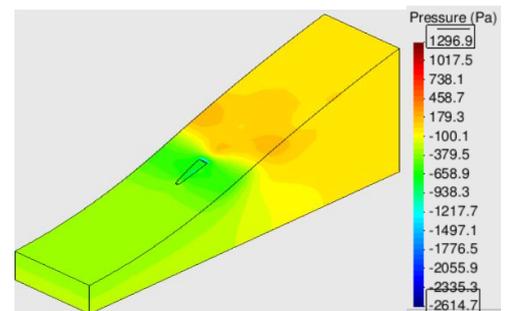
Dapat dilihat pada Gambar 21 dan Gambar 22 dengan seiring kecepatan aliran bertambah, model anoda korban *fin shape* dapat menurunkan hambatan total semakin besar dan signifikan jika di bandingkan dengan model anoda korban konvensional.



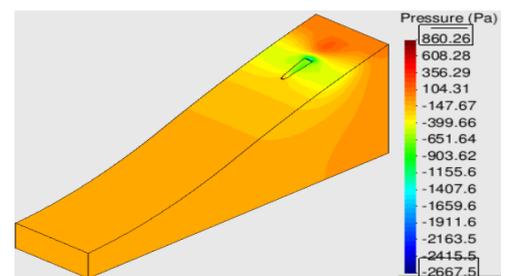
Gambar 23. Pressure Contour Fill, simulasi buritan model anoda korban original Posisi 1, 5.144 m/s, isometric view



Gambar 24. Pressure Contour Fill, simulasi buritan model anoda korban original Posisi 2 5.144 m/s, isometric view



Gambar 25. Pressure Contour Fill, simulasi buritan model anoda korban *fin shape* 1 Posisi 1, 5.144 m/s, isometric view



Gambar 26. Pressure Contour Fill, simulasi buritan model anoda korban *fin shape* 1 Posisi 2, 5.144 m/s, isometric view

Pada Gambar 23 – 26 menunjukkan penurunan tekanan yang terjadi pada titik air masuk secara signifikan antara model original dan model *fin shape 1* sebesar 70.59% pada posisi 1 dan 74.3% pada posisi 2. Pada gambar 23 dan 25, model anoda korban original mendapat tekanan hingga 1296 pascal dititik tertingginya. Sedangkan pada model anoda korban *Fin shape 1*, mendapat tekanan sebesar 381 pascal dititik tertingginya. Pada gambar 24 dan 26 model anoda korban original mendapat tekanan sebesar 860 pascal dititik tertingginya. Sedangkan model anoda korban *Fin shape 1* mendapat tekanan sebesar 220 pascal dititik tertingginya. Hal ini terjadi karena luas penampang pada bagian titik masuk air dari model anoda korban *Fin shape 1* lebih kecil jika di dibandingkan dengan model anoda korban normal, dan model anoda korban *Fin shape 1* memiliki bentuk badan yang lebih *streamline* jika dibandingkan dengan model original.

#### 4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini dari 4 model anoda korban *fin shape* yang dianalisa dengan software CFD didapatkan nilai ambatan total paling rendah dihasilkan oleh model variasi anoda korban *fin shape 1* sebesar 1.816 N, 4.162 N, dan 7.868 N pada kecepatan 2.572 m/s, 4.116 m/s, dan 5.144 m/s. Nilai ini menunjukkan pengurangan lebih dari 50% dari hambatan total model anoda korban konvensional (*original*).

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa dengan melakukan penelitian secara perunit dari anoda korban menggunakan metode numerik dengan CFD, bentuk dari geometri anoda korban sangat berperan secara signifikan terhadap penurunan hambatan total yang banyak dipengaruhi oleh hambatan tekanan viskositas. Dalam penelitian ini secara signifikan dapat dilihat bahwa model variasi anoda korban *fin shape 1* memberikan pengaruh besar terhadap penurunan hambatan total dari model anoda korban konvensional secara perunit.

Juga dapat disimpulkan dengan menggunakan jumlah volume bahan yang sama dalam produksi anoda korban, hambatan dari anoda korban dapat mengalami penurunan dengan mendesain anoda korban menjadi lebih *streamline*. Untuk menghasilkan hasil yang lebih akurat, penulis menyarankan untuk penelitian berikutnya digunakan metode secara eksperimental.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ashworth, V. (2013) Principle of Cathodic Protection.[Online].<http://www.elsevierdirect.com/brochures/shreir/PDF/PrinciplesofCathodicProtection.pdf>
- [2] Ilham Rahmat, Komalasari, I. Rozanna Sri, "Proteksi Katodik dengan Menggunakan Anoda Korban pada Struktur Baja Karbon dalam Larutan Natrium Klorida," 2015.
- [3] R. Fratesi, G. Roventi T. Bellezze, "Cathodic protection of a ship propeller shaft," *Metall. Ital*, pp. 3-7, 2014.
- [4] Sasono, Eko Julianto, "Efektivitas Penggunaan Anoda Korban Paduan Aluminium Pada Pelat Baja Kapal AISI E 2512 Terhadap Laju Korosi Di Dalam Media Air Laut," 2010.
- [5] A. Voermans, "Propulsion improvement – fuel saving by means of upgrading ship propulsion," *Scandinavian Shipping Gazette*, vol. 18, 2006.
- [6] K. Andersson H. Lassesson, "Energy efficiency in shipping," Chalmers University of Technology, Göteborg, 2009.
- [7] Wärtsilä. (2009, February) Boosting Energy Efficiency, Presentation: Energy Efficiency Catalogue/ShipPower.[Online].<http://www.wartsila.com/Wartsila/global/docs/en/ship-power/energyefficiency/boosting-energy-efficiency-presentation.pdf>.
- [8] U. Nany Praharsiwi, M. Ali, S. Bagiyo, "Performance of the Zinc Anode Shape Design Installation on the Seabus, Alu-01 Fastship" ICSOT Indonesia, 2014.
- [9] Maxemow, Shane "That's a Drag: The Effects of Drag Forces," *Undergraduate Journal of Mathematical Modeling: One + Two: Vol. 2: Iss. 1, Article 4*, 2009.
- [10] S. F. Hoerner, "Fluid-Dynamic Drag" theoretical, experimental and statistical information, 1965.