



ISSN 2338-0322

# JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

## ***Analisa Drag Force Pada Variasi Geometri Anoda Korban Foil Shape Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamic***

*Bukhari Kusuma Alam<sup>1)</sup>, Ahmad Fauzan Zakki, Parlindungan Manik*

*Laboratorium Komputer dan Desain Kapal*

*Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro*

*Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275*

*\*)e-mail :kusumaalam@students.undip.ac.id, ahmadfzakki@yahoo.com,*

*parlindunganmanik@live.undip.ac.id*

### **Abstrak**

*Penggunaan logam yang memiliki potensial yang lebih rendah disbanding dengan lambung kapal ditempelkan sebagai anoda korban merupakan salah satu solusi dalam mengatasi laju korosi pada kapal. walaupun mengatasi laju korosi anoda korban dapat memberikan tonjolan-tonjolan pada kapal yang dapat mengakibatkan turbulensi dan axial losses pada propeller. penelitian ini di tujukan untuk dapat mengetahui perbedaan nilai drag force pada variasi geometri anoda korban foil shape. Penelitian ini bermanfaat untuk memberikan varian baru didunia perkapalan akan bentuk dan geometri anoda korban dan dapat memberikan nilai pasar tersendiri. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode Computational Fluid Dynamic (CFD) yaitu dengan menggunakan software Tdyn. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dari 4 variasi anoda korban foil shape yang di kalkulasi secara perunit, model ke-4 dapat memberikan penurunan hambatan 63.06% dari bentuk anoda korban original (konvensional) pada kecepatan 2.572 m/s atau 5 knot. Pada simulasi aliran buritan terjadi penurunan hambatan total sebesar 28%-44% pada tiap kecepatannya.*

*Kata Kunci : Anoda Korban, Foil Shape, CFD (Computational Fluid Dynamic), Drag Force*

### **1. PENDAHULUAN**

Baja merupakan material utama pada bangunan kapal semenjak tahun 1900. Meskipun baja memiliki keuntungan dalam aspek ekonomi dan sifat mekanik, namun pada saat itu penggunaan material baja memiliki permasalahan korosi yang serius terutama pada bagian buritan kapal. Permasalahan ini dapat diatasi menggunakan proteksi anoda. Proteksi anoda digunakan pertama kali pada tahun 1824. Besi digunakan sebagai anoda pelindung korosi untuk melapisi tembaga, [1]. Cara kerja dari anoda korban ialah dengan menghubungkan dua logam yang memiliki dua potensial yang berbeda, [2]. Praktek perlindungan anoda untuk mengatasi korosi masih di gunakan secara efektif hingga

saat ini terutama di Indonesia.

Sebuah studi yang dilakukan menyatakan bahwa kecukupan jumlah electron dari sumber eksternal harus mampu mengakomodasi reaksi katodik, [3]. Selain anoda korban mengatasi korosi pada lambung kapal juga dapat dengan cara menggunakan arus tanding. Namun penggunaan metode ini memakan biaya cukup mahal dan tidak sesuai dengan operasi yang kontinu. Sebuah studi menyatakan penggunaan hybrid dari dua metode ini akan menjadi lebih efisien, [4]. Kelebihan pada anoda korban ialah tidak memerlukan peralatan listrik dan tidak ada kemungkinan salah arah pada pengaliran arus dalam penggunaannya, [5]. Selain dapat mengatasi permasalahan korosi, pemasangan anoda korban pada kapal dapat menimbulkan

tonjolan-tonjolan yang dapat mengakibatkan turbulensi dan dapat menyebabkan *axial losses* pada gaya dorong *propeller*, [6].

Tonjolan-tonjolan pada kapal tidak selalu diikutsertakan pada pengujian berskala kecil seperti *towing tank*. Sebuah eksperimen di lakukan menunjukkan bahwa dengan merancang tonjolan pada kapal dengan baik maka dapat mengurangi Forward Resistance hingga 5-10%, [7]. Di karenakan anoda korban merupakan sebuah tonjolan, maka dinilai perlu dirancang lebih baik agar tidak menimbulkan turbulensi. Bentuk dari anoda korban yang beredar dipasaran, pada umumnya memiliki geometri sangat mendekati balok. Sebuah penelitian lebih spesifik menunjukkan pengaruh bentuk geometri anoda korban berbentuk *eclipse* dapat mengurangi *shear force* di bandingkan dengan zink anoda berbentuk balok, [8].

Dari uraian di atas, penelitian ini difokuskan untuk mengetahui perbedaan drag force dari variasi geometri *sacrificial anode*. Desain anoda korban yang akan dianalisa adalah anoda korban konvensional dan anoda korban modifikasi berbentuk foil dengan volume mengikuti anoda korban sebelum dimodifikasi. Analisis CFD dan investigasi numerik dilakukan untuk mendapatkan besaran *drag force*.

Pada penelitian ini dipersiapkan 4 buah model variasi geometri anoda korban berupa anoda korban konvensional, anoda korban Foil Shape 1, anoda korban Foil Shape 2, dan anoda korban Foil Shape 3. Kemudian setiap model akan divariasikan dengan kecepatan dan dianalisa dengan metode CFD (*Computational Fluid Dynamic*) untuk mendapatkan nilai drag force yang memiliki nilai paling kecil

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dan perbedaan drag force dari variasi geometri anoda korban di tiap unitnya.

## 2. METODE

### 2.1. Objek Penelitian

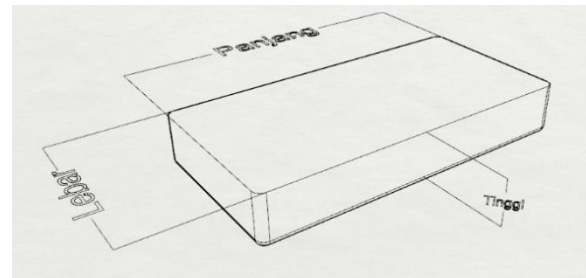
Objek pada penelitian kali ini adalah modifikasi anoda korban tipe s4 yang memiliki

200mm x 100mm x 30mm dengan variasi *Foil Shape* dari model anoda korban

### 2.2. Dimensi Anoda Korban

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        | 373 Cm <sup>2</sup> |
| 6  | Volume      | 600 cm <sup>3</sup> |
| 7  | Massa jenis | 7 g/cm <sup>3</sup> |



Gambar 1. Anoda tipe s4

### 2.3. Drag Force

Pada penelitian ini 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
- $C_D$  : *Coeffisient Drag*

Persamaan ini telah di gunakan pada sebuah penelitian untuk mengetahui besaran drag pada sebuah objek secara matrmatis, [9]. Nilai dari *Coeffisient Drag* mengacu pada buku *Fluid-dynamic Drag*, [10].

### 2.4. Variasi Model

pada penelitian ini, nilai *Drag Force* masing masing model dianalisa pada asumsi inlet berada dikecepatan 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

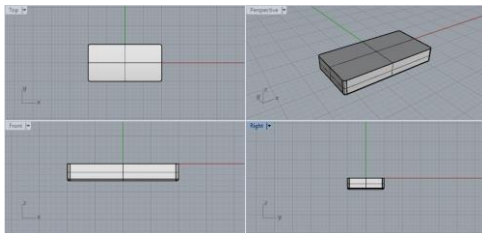
| Model | D1 (cm) | D2 (cm) | L (cm) | T (cm) | Area (cm <sup>2</sup> ) |
|-------|---------|---------|--------|--------|-------------------------|
| 1     | 10      | 10      | 20     | 3.36   | 336.554                 |
| 2     | 10      | 5       | 24     | 4.3    | 377.117                 |
| 3     | 12      | 3.2     | 20     | 3.8    | 327.552                 |
| 4     | 9.8     | 1.9     | 29.4   | 3.4    | 381.888                 |

Ukuran volume pada tiap variasi model disamakan ukurannya dengan model anoda korban original yaitu 600 cm<sup>3</sup>

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Desain Model Anoda Korban Konvensional

Model Anoda Korban Konvensional pada penelitian ini didesain dengan menggunakan *software* 3D dengan dimensi yang telah tersedia. Kemudian model di *export* kedalam bentuk IGES (.igs). file yang telah di *export* kemudian di import ke *software* CFD Tdyn 14.0.1 untuk dianalisa hambatannya.

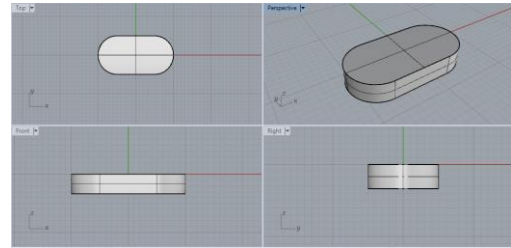


Gambar 2. Pembuatan Model Anoda Korban Konvensional

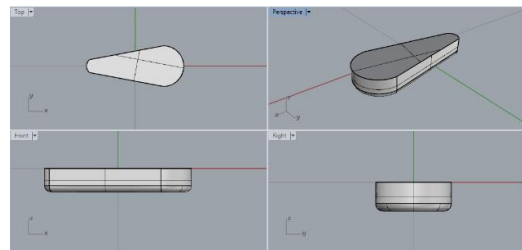
#### 3.2. Variasi Model Anoda Korban

Variasi model pada penelitian ini adalah perubahan pada bentuk geometri dari anoda

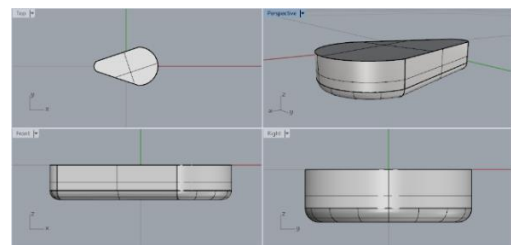
korban yang biasa (balok) menjadi berbentuk foil. Tiap tiap foil memiliki besaran volume yang sama dengan anoda korban konvensional agar memiliki berat yang sama dan terdapat di pasaran.



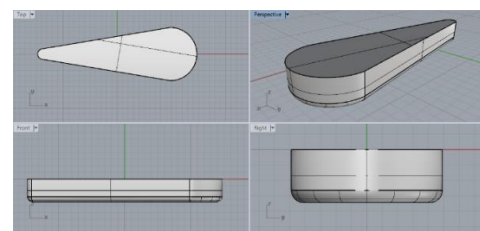
Gambar 3. Model Anoda Korban Foil Shape 1



Gambar 4. Model Anoda Korban Foil Shape 2



Gambar 5. Model Anoda Korban Foil Shape 3

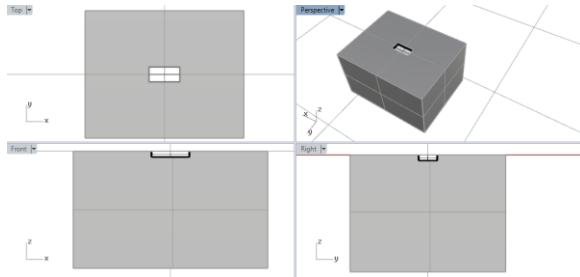


Gambar 6. Model Anoda Korban Foil Shape 4

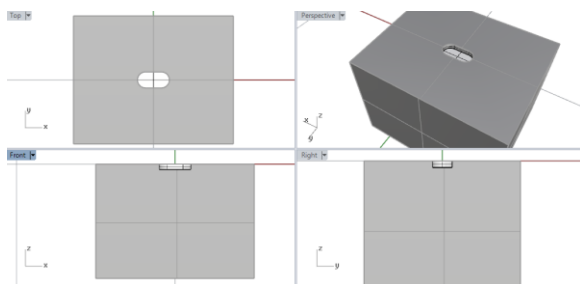
#### 3.3. Domain kalkulasi Anoda Korban

Penelitian berfokuskan untuk melihat nilai pengaruh variasi bentuk pada geometri anoda

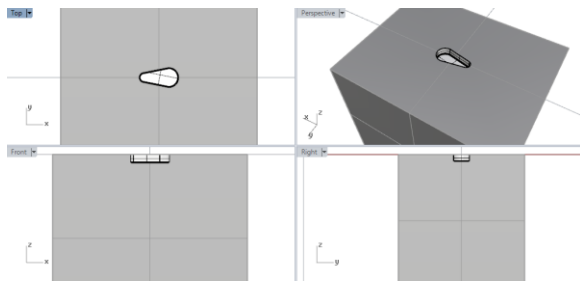
korban secara perunit. Untuk dapat mengetahui nilainya, maka anoda korban dipasang dalam sebuah domain yang mengacu pada lambung kapal.



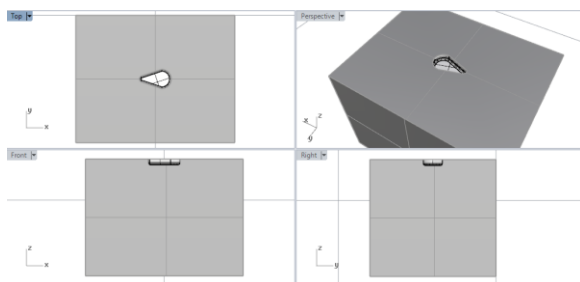
Gambar 7. Domain Komputasi model original pada CFD



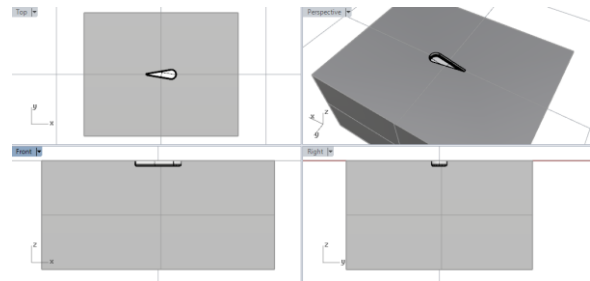
Gambar 8. Domain Komputasi model *Foil shape 1* pada CFD



Gambar 9. Domain Komputasi model *Foil shape 2* pada CFD

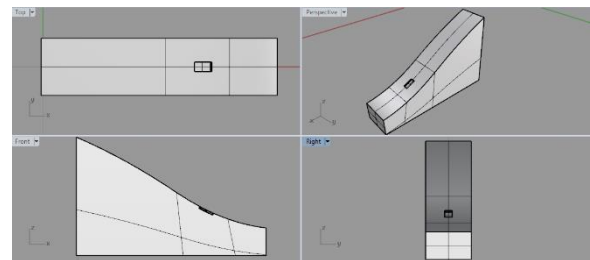


Gambar 10. Domain Komputasi model *Foil Shape 3* pada CFD

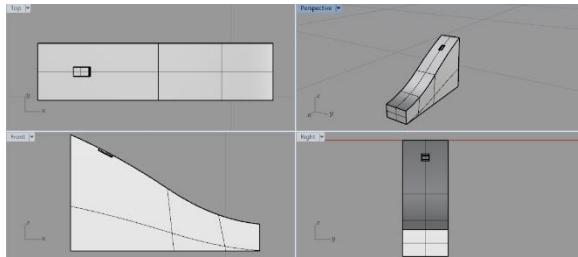


Gambar 11. Domain Komputasi model *Foil Shape 4* pada CFD

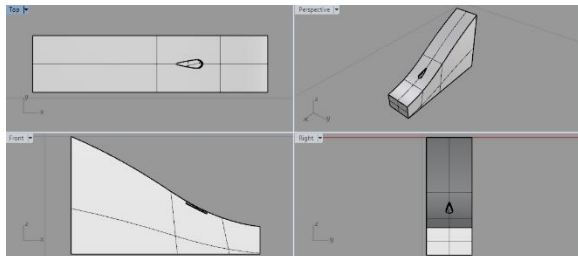
Pada Gambar 7-11 dapat di lihat bagaimana anoda korban tersebut diatur agar menyerupai kondisi pada kapal dibagian plat datar dan dapat menghemat proses komputasi. Untuk mensimulasikan pada bagian buitan dapat dilihat di gambar 12 dan 13. Setelah mendapatkan hasil dari nilai hambatan total tiap model anoda korban *foil shape* dan perbandingannya dengan nilai hambatan total model anoda korban original yang di simulasikan 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 dengan mensimulasikan pada 2 lokasi pada buritan kapal.



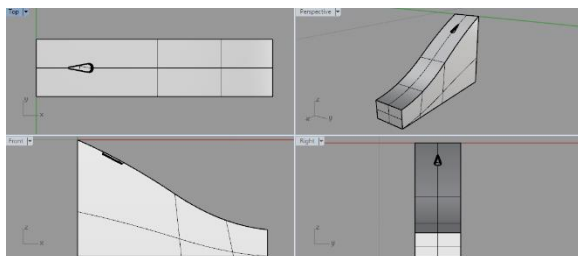
Gambar 12. Domain komputasi model original pada bagian buritan posisi pertama pada CFD



Gambar 13. Domain komputasi model original pada bagian buritan posisi kedua pada CFD



Gambar 14. Domain komputasi model *Foil Shape* pada bagian buritan posisi pertama pada CFD



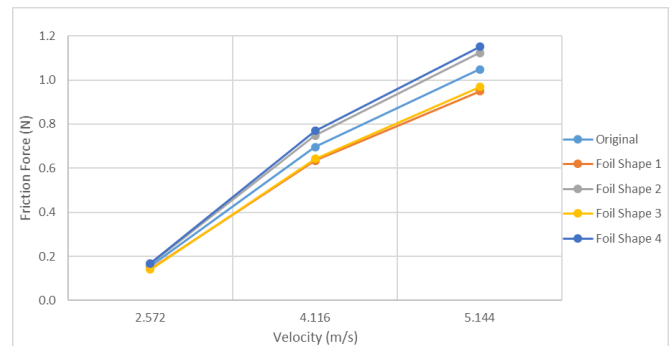
Gambar 15. Domain komputasi model *Foil Shape* pada bagian buritan posisi kedua pada CFD

### 3.4. Hambatan Gesek

Pada tabel 4 dan gambar 14 dapat dilihat variasi model anoda korban *foil shape* 1 dan 3 memiliki hambatan viskositas yang nilainya lebih kecil dari anoda dengan model original (konvensional) disetiap kecepatannya dan variasi model anoda korban *foil shape* 2 dan 4 memiliki hambatan viskositas yang nilainya lebih besar dari anoda dengan model original (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 | 0.156          | 0.697 | 1.049 |
| 1        | 0.143          | 0.634 | 0.949 |
| 2        | 0.166          | 0.748 | 1.123 |
| 3        | 0.141          | 0.643 | 0.968 |
| 4        | 0.169          | 0.770 | 1.150 |



Gambar 16. Nilai hambatan Gesek

Nilai hambatan viskositas pada model anoda korban *Foil shape* 1 dan 3 lebih kecil dari model anoda korban original 8.32% sampai 9.61% pada kecepatan 2.572 m/s, 7.78% sampai 9.04% pada kecepatan 4.116 m/s, 7.71% sampai 9.55% pada kecepatan 5.144 m/s. Dan Nilai hambatan viskositas pada model anoda korban *Foil shape* 2 dan 4 lebih besar dari model anoda korban original 6.5% sampai 8.1% pada kecepatan 2.572 m/s, 7.4% sampai 10.47% pada kecepatan 4.116 m/s, 7.1% sampai 9.8% pada kecepatan 5.144 m/s. Anoda korban *Foil shape* 1 dan 3 mengalami penurunan hambatan viskositas di karenakan luasan yang bergesekan dengan air menjadi lebih kecil dibandingkan dengan model original. Sedangkan pada variasi model anoda korban *Foil shape* 2 dan 4 mengalami kenaikan hambatan viskositas di karenakan luasan yang bergesekan dengan air menjadi lebih besar dibandingkan dengan model original.

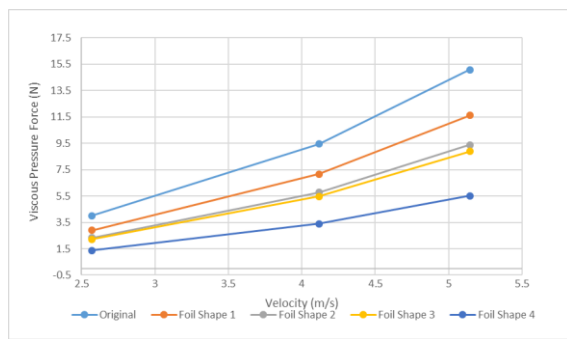
### 3.5. Hambatan Tekanan Viskositas

Dapat dilihat pada tabel 5 dan gambar 17 terjadi penurunan nilai hambatan tekanan

viskositas pada semua model variasi *Foil Shape* dibandingkan dengan model original.

Tabel 5. Nilai Hambatan Tekanan Viskositas (N)

| Model    | Velocity (m/s) |       |        |
|----------|----------------|-------|--------|
|          | 2.572          | 4.116 | 5.144  |
| Original | 4.017          | 9.446 | 15.076 |
| 1        | 2.893          | 7.157 | 11.623 |
| 2        | 2.341          | 5.762 | 9.368  |
| 3        | 2.222          | 5.462 | 8.881  |
| 4        | 1.372          | 3.395 | 5.503  |



Gambar 17. Nilai Hambatan Tekanan Viskositas

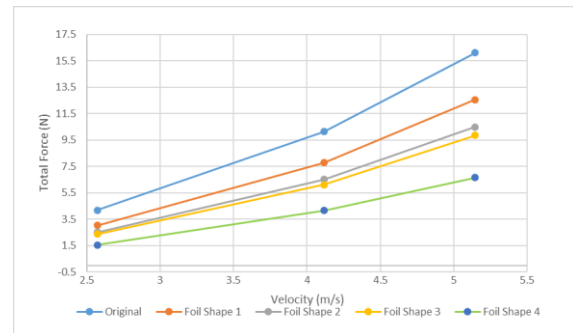
Nilai hambatan tekanan viskositas variasi model *Foil shape* mengalami penurunan 27.97% sampai 65.83% pada kecepatan 2.572 m/s, 24.24% sampai 64.06% pada kecepatan 4.116 m/s, 22.9% sampai 63.5% pada kecepatan 5.144 m/s. dari data diatas dapat disimpulkan bahwa bentuk dari variasi model anoda korban *Foil Shape* 4 merupakan variasi yang dapat mengurangi hambatan tekanan viskositas paling signifikan dan memiliki geometri paling streamline.

### 3.6. Hambatan Total

Pada penelitian ini dapat dilihat dari tabel 6 dan gambar 16, hasil dari simulasi CFD menunjukkan model variasi anoda korban *foil shape* mampu mendapatkan penurunan hambatan yang cukup signifikan pada hambatan total.

Tabel 6. Nilai Hambatan Total (N)

| Model    | Velocity (m/s) |        |        |
|----------|----------------|--------|--------|
|          | 2.572          | 4.116  | 5.144  |
| Original | 4.173          | 10.143 | 16.125 |
| 1        | 3.036          | 7.791  | 12.572 |
| 2        | 2.507          | 6.511  | 10.491 |
| 3        | 2.363          | 6.104  | 9.849  |
| 4        | 1.541          | 4.165  | 6.653  |



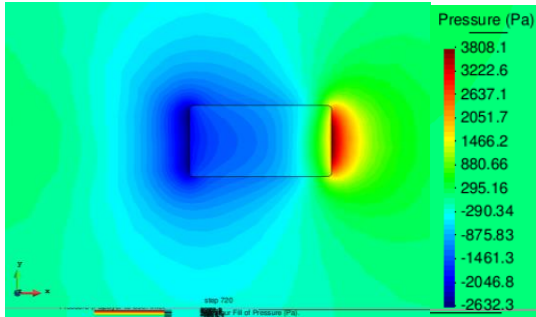
Gambar 18. Grafik Nilai hambatan total

Pada tabel 6 dapat dilihat terjadinya penurunan nilai hambatan total model variasi anoda korban *foil shape* dibandingkan dengan model anoda korban original (konvensional) secara signifikan. Penurunan hambatan total sebesar 27.24% sampai 63.06% dapat dilihat pada kecepatan 2.572 m/s, penurunan hambatan total sebesar 23.19% sampai 58.94% dapat dilihat pada kecepatan 4.116 m/s, penurunan hambatan total sebesar 22.03% sampai 58.74% dapat dilihat pada kecepatan 5.144 m/s. Pada gambar 9 juga dapat dilihat semakin cepat alir maka selisih dari hambatan model anoda korban original dengan model anoda korban *foil shape* juga menjadi besar.

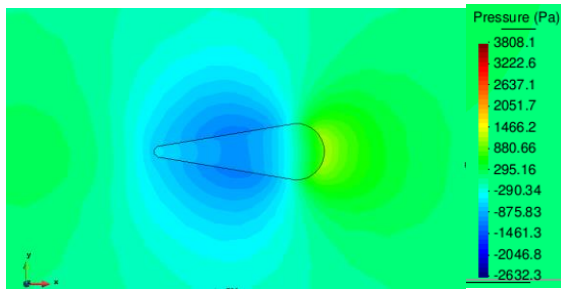
Dari data yang didapat dari metode CFD, dapat dilihat penurunan hambatan total paling besar terdapat dimodel variasi anoda korban *foil shape* 4 yaitu sebesar 63.06%, 58.94%, dan 58.74% dikecepatan 2.572 m/s, 4.116m/s, dan 5.144m/s. Model variasi anoda korban *foil shape* 4 memiliki bentuk yang jauh lebih *streamline* dari model anoda korban original sehingga memiliki aliran fluida yang lebih baik.



Jika mengacu pada nilai dari data tabel 4 dan tabel 5. Dapat dilihat besaran hambatan tekanan viskositas lebih banyak mendominasi nilai dari hambatan total disbanding hambatan viskositas. Dikarenakan perbedaan luas permukaan pada setiap model variasi anoda korban *Foil Shape* tidak memiliki nilai yang besar sehingga berpengaruh sedikit pada nilai hambatan total secara keseluruhan.



Gambar 19. *Pressure Contour Fill*, Model Original 5.144 m/s



Gambar 20. *Pressure Contour Fill*, Model *Foil shape* 4, 5.144 m/s.

Dapat dilihat pada gambar 19 dan 20 terjadi penurunan tekanan yang terjadi pada titik air masuk. Pada model anoda korban normal terdapat tekanan hingga 3808 pascal dititik tertingginya sedangkan pada model anoda korban *foil shape* 4 pada titik tertingginya mengalami tekanan hingga 1208 pascal dititik tertingginya. Hal ini terjadi karena luas penampang pada bagian titik masuk air dari model anoda korban *foil shape* 4 lebih kecil jika di bandingkan dengan model anoda korban normal, dan model anoda korban *foil Shape* 4 memiliki bentuk badan yang lebih stream line jika dibandingkan dengan model original

### 3.7. Hambatan Total Simulasi Buritan

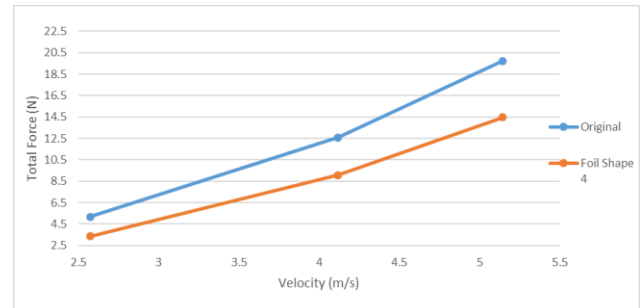
Pada tabel 7 dan gambar 19 dapat dilihat pada simulasi buritan ini hasil dari penurunan hambatan oleh variasi geometri anoda korban tidaklah berpengaruh sebesar pada bidang datar.

Tabel 7. Nilai Hambatan Total Simulasi Buritan. Posisi pertama

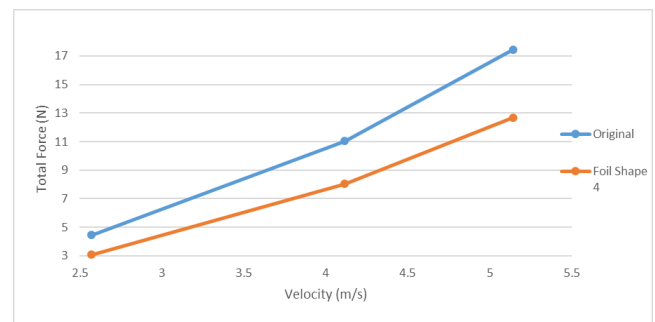
| Velocity (m/s) | Original (N) | Foil Shape 4 (N) |
|----------------|--------------|------------------|
| 2.572          | 5.196        | 3.357            |
| 4.116          | 12.577       | 9.085            |
| 5.144          | 19.737       | 14.475           |

Tabel 8. Nilai Hambatan Total Simulasi Buritan. Posisi kedua

| Velocity (m/s) | Original (N) | Foil Shape 4 (N) |
|----------------|--------------|------------------|
| 2.572          | 4.450        | 3.087            |
| 4.116          | 11.028       | 8.040            |
| 5.144          | 17.440       | 12.696           |

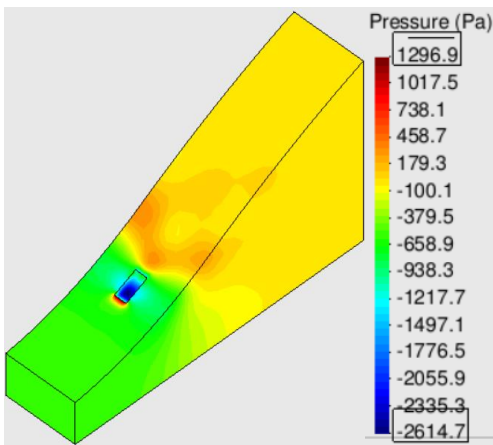


Gambar 21. Grafik Nilai Hambatan Total Simulasi Buritan posisi pertama

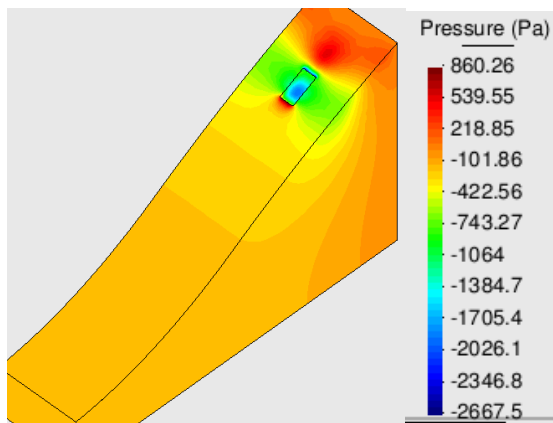


Gambar 22. Grafik Nilai Hambatan Total Simulasi Buritan posisi kedua

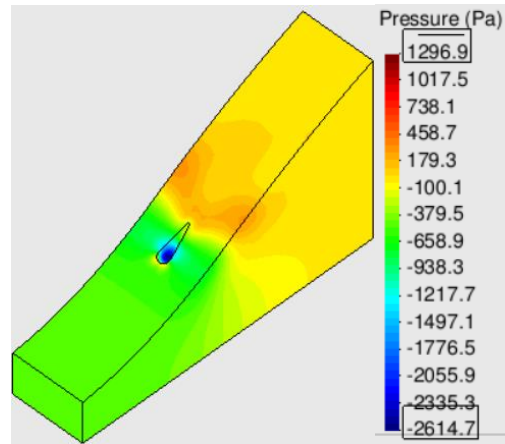
Pada tabel 7 dapat dilihat bahwa pada simulasi yang akan merepresantasikan aliran pada anoda korban bagian buritan posisi pertama ini menunjukkan penurunan hambatan total yang terjadi pada kecepatan 2.572 m/s sebesar 40.68%, pada kecepatan 4.116 m/s sebesar 37.45%, dan pada kecepatan 5.144 m/s terjadi penurunan hambatan total sebesar 37.18%. sedangkan pada simulasi buritan diposisi kedua yang ditunjukkan oleh tabel 8 menunjukkan penurunan hambatan total sebesar 30.64% pada kecepatan 2.672 m/s, 27.09% pada kecepatan 4.116 m/s, dan 27.21% pada kecepatan 5.144 m/s.



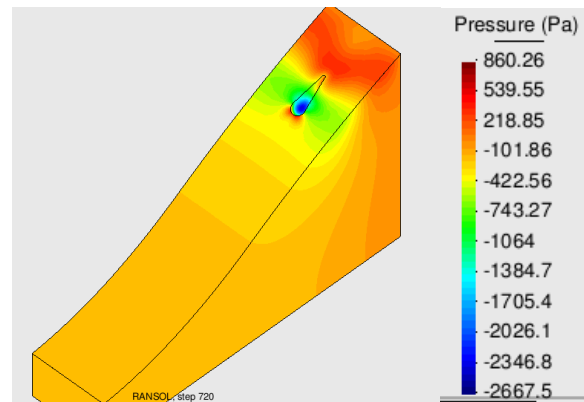
Gambar 23. *Pressure Contour Fill*, simulasi buritan model anoda korban normal, 5.144 m/s, posisi pertama.



Gambar 24. *Pressure Contour Fill*, simulasi uritan model anoda korban normal, 5.144 m/s, posisi kedua.



Gambar 25. *Pressure Contour Fill*, simulasi buritan model anoda korban *Foil Shape*, 5.144 m/s, posisi pertama



Gambar 26. *Pressure Contour Fill*, simulasi buritan model anoda korban *Foil Shape*, 5.144 m/s, posisi kedua

Dapat dilihat pada gambar 23 dan 25 terjadi penurunan tekanan yang terjadi pada titik air masuk. Pada model anoda korban normal terdapat tekanan hingga 791 pascal dititik tertingginya sedangkan pada model anoda korban *foil shape* 4 pada titik tertingginya mengalami tekanan hingga 566 pascal dititik tertingginya. Dan pada gambar 26 dan 28 juga dapat dilihat terjadi penurunan tekanan pada titik tertingginya yaitu Pada model anoda korban normal terdapat tekanan hingga 860 pascal dititik tertingginya sedangkan pada model anoda korban *foil shape* 4 pada titik tertingginya mengalami tekanan hingga 585 pascal dititik tertingginya Hal ini terjadi karena luas penampang pada bagian titik masuk air dari model anoda korban *foil shape* 4 lebih kecil jika



di bandingkan dengan model anoda korban normal, dan model anoda korban *foil Shape 4* memiliki bentuk badan yang lebih stream line jika dibandingkan dengan model original.

#### 4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini dari 4 model anoda korban *foil shape* yang dianalisa dengan *software* CFD didapatkan nilai hambatan total paling rendah dihasilkan oleh model variasi anoda korban *foil shape 4* sebesar 1.541 N, 4.165 N, dan 6.653 N dikecepatan 2.572 m/s, 4.116 m/s, dan 5.144 m/s. Nilai hambatan ini berkurang lebih dari 50% dari hambatan total model anoda korban original. Pada simulasi buritan terdapat pula penurunan sebesar sebesar 2.036 N, 4.618 N, dan 7.302 N dikecepatan 2.572 m/s, 4.116 m/s, dan 5.144 m/s pada posisi pertama dan penurunan sebesar sebesar 1.364 N, 2.988 N, dan 4.745 N dikecepatan 2.572 m/s, 4.116 m/s, dan 5.144 m/s pada posisi kedua.

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa dengan melakukan penelitian secara peunit 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 *foil shape 4* memberikan pengaruh besar terhadap penurunan hambatan total dari model anoda korban original (konvensional) secara perunit.

Selain itu dapat disimpulkan pula dengan menggunakan jumlah bahan yang sama dalam produksi anoda korban. Hambatan dari anoda korban dapat mengalami penurunan dengan mendesain anoda korban menjadi lebih streamline. Agar penelitian menjadi lebih akurat untuk dikemudian hari dapat dilakukan penelitian secara eksperimen.

#### DAFTAR PUSTAKA

[1] Ashworth, V. (2013) Principle of Cathodic Protection. [Online]. <http://www.elsevierdirect.com/brochures/s>

<http://www.elsevierdirect.com/brochures/s>

[2] R. Fratesi, G. Roventi T. Bellezze, "Localised corrosion and cathodic protection of 174PH propeller shafts," Corros. Eng. Sci. Technol., vol. 48, no. 5, pp. 340-345, 2013.

[3] R. Fratesi, G. Roventi T. Bellezze, "Field tests on the cathodic protection of a ship propeller system," Metall. Ital., vol. 105, no. 6, pp. 1-6, 2013.

[4] A. Mathiazhagan, "Design and Programming of Cathodic Protection for Ships," International Journal of Chemical Engineering and Applications, pp. 217-221, 2010.

[5] R. Fratesi, G. Roventi T. Bellezze, "Cathodic protection of a ship propeller shaft," Metall. Ital, pp. 3-7, 2014.

[6] A. Voermans, "Propulsion improvement – fuel saving by means of upgrading ship propulsion," Scandinavian Shipping Gazette, vol. 18, 2006.

[7] Wärtsilä. (2009, February) Boosting Energy Efficiency, Presentation: Energy Efficiency Catalogue / Ship Power. [Online]. [http://www.wartsila.com/Wartsila/global/docs/en/ship\\_power/energyefficiency/boosting-energy-efficiency-presentation.pdf](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.