

## ANALISIS HIDRODINAMIKA HIDROFOIL DENGAN MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK CFD (COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC)

Eva Hertnacahyani Herraprastansi<sup>1\*</sup>, Muhammad Tauviqirrahman<sup>2</sup>, Rifky Ismail<sup>3</sup>

Program Studi Pascasarjana Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto SH, Tembalang, Semarang 50275

\*Email: hertna\_cahyani@yahoo.com

### Abstrak

Karakteristik hidrodinamika merupakan hal yang penting dalam bidang ilmu aplikasi hidrodinamika yang ditujukan untuk mendapatkan performansi maksimum dari suatu bentuk benda. Analisis karakteristik hidrodinamika ini dilakukan pada Eppler 818 Hydrofoil yang digunakan pada baling-baling kapal.

Dalam penelitian ini, analisa karakteristik hidrodinamika dilakukan dengan mengkaji pendistribusian aliran fluida di sepanjang kontur hidrofoil baling-baling kapal untuk mendapatkan distribusi kecepatan, tekanan, gaya-gaya yang terjadi disekitar hidrofoil, serta koefisien lift dan drag.

Untuk mencari koefisien lift dan drag dapat diperleh dengan bantuan program Gambit dan Fluent. Program Gambit untuk membuat prototipe profil, sedang program Fluent untuk mencari koefisien lift dan drag. Tujuan dari analisa ini adalah untuk mencari data koefisien lift dan drag pada profil Eppler 818 Hydrofoil.

Metode yang digunakan adalah metode analisis simulasi. Simulasi dilakukan dengan membuat model Eppler 818 Hydrofoil sehingga didapatkan koefisien drag dan koefisien lift (CD/CL) maksimum. Dan dari hasil iterasi didapatkan nilai koefisien drag sebesar 8,94N, dan koefisien lift sebesar 48,4N.

**Kata kunci:** hidrofoil, hidrodinamika, Koefisien Drag, Koefisien Lift, NACA

## 1. PENDAHULUAN

Pada sarana transportasi laut dengan kecepatan tinggi harus memperhatikan karakteristik hidrofoil yang tercelup dari permukaan karena pada dasarnya akan mempengaruhi karakteristik kavitas yang terjadi. Pada dasarnya hidrofoil yang tercelup penuh mempunyai kualitas kendali dan performansi kecepatan yang baik. Sistem kendali pada hidrofoil yang tercelup digunakan untuk menstabilkan pergerakan maupun manuver dan meningkatkan stabilitas kapal.

Salah satu aspek yang penting dalam meningkatkan stabilitas dan prinsip kerja kapal hidrofoil adalah pada saat pemilihan tipe *foil*. Sebuah hidrofoil yang terpasang di area bawah lambung kapal berfungsi memberi gaya angkat dinamis sehingga badan lambung kapal terangkat di atas permukaan air. Pada saat lambung kapal mulai terangkat dari air, berat kapal akan ditopang oleh *foil* sehingga memperkecil luas hambatan yang terjadi akibat gaya gesek antara lambung kapal yang tercelup dengan air, *foil* memberikan efek meningkatkan gaya angkat pada kapal ketika kecepatan ditambahkan. Kajian ini yang dilakukan pada penelitian ini memberikan informasi mengenai fenomena aliran maupun gaya-gaya yang pada *foil*. Analisis karakteristik hidrofoil ini dilakukan pada hidrofoil NACA.

NACA (*National Advisory Committee for Aeronautics*) merupakan standar dalam perancangan suatu hidrofoil. Perancangan hidrofoil pada dasarnya bersifat khusus dan dibuat menurut selera serta sesuai dengan kebutuhan dari pesawat yang akan dibuat (Department of Aerospace Engineering, 2014). NACA menggunakan bentuk hidrofoil yang disusun secara sistematis dan rasional. NACA mengidentifikasi bentuk hidrofoil dengan menggunakan sistem angka kunci seperti “seri satu”, “serienam”, “seriempat” dan “serilima” angka. Ada beberapa series NACA untuk hidrofoil, diantaranya Eppler E817, E818, E836, E837, E838, E874, E904, dan E908. Analisis karakteristik hidrodinamika yang dilakukan pada penelitian ini adalah Eppler 818 Hydrofoil atau biasa disebut sebagai e818-il.

Tujuan dari penelitian adalah untuk a) mengetahui karakteristik hidrodinamika Eppler 818 Hydrofoil dan pengaruhnya terhadap koefisien drag dan koefisien lift, b) melakukan proses simulasi dengan menggunakan software Fluent 6.2.16 dengan input meshing dari Gambit 2.3.16, c) membuat analisa karakteristik hidrodinamika Eppler 818 Hydrofoil dengan verifikasi perbandingan

dari data literature. Sedangkan luaran hasil berupa gambar distribusi kecepatan, distribusi tekanan sekeliling permukaan profil dan kurva koefisien lift dan koefisien drag .

Suatu metodologi sistem perancangan hidrofoil berbasis simulasi komputasi telah dikembangkan dalam penelitian ini. Dengan mengacu pada sistem permodelan formulasi fisika matematika dan metode *numeric Grid Generation* dalam program simulasi *Computational Fluid Dynamic* (CFD), maka metode ini akan membantu dalam memprediksi fenomena aliran fluida pada Eppler 818 Hydrofoil.

## 1.1 Kajian Pustaka

### 1.1.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang mendukung penelitian ini diantaranya adalah Sudargana dan Syaiful (2011) berjudul *Analisis Karakteristik Hidrofoil NACA 0015 menggunakan Computational Fluid Dynamic*, dengan kesimpulan yaitu didapat kurva untuk koefisien Lift pada sinusioda periode  $180^\circ(\pi)$ , sedangkan koefisien Drag didapat pada sinusioda periode  $360^\circ(2\pi)$ .

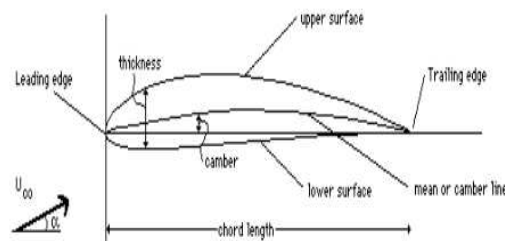
Syahroni Hidayat dan Sarwono (2011), berjudul *Studi Eksperimental Pengaruh Gaya Gelombang Laut Terhadap Pembangkitan Gaya Thrust Hydrofoil Seri Naca 0012 Dan Naca 0018*. Kesimpulan penelitian ini adalah gaya  $F_x$  dan  $F_y$  maksimum sebesar 0.00369 N dan 0.0191 N pada sudut pitch maksimum  $\pm 10^\circ$ .

Muhammad Irsyad (2010), berjudul *Kinerja Turbin Air Tipe Darrieus Dengan Sudu Hydrofoil Standar Naca 6512*. Kesimpulan penelitian ini adalah : nilai Torsi aktual dan teoritik berbanding lurus dengan diameter turbin dan laju aliran. Torsi terbesar terjadi pada diameter turbin 40 cm dan laju aliran 0,858 m/s sebesar 0.7618 Nm (aktual). Sedangkan nilai efisiensi actual terbesar yaitu pada diameter 40 dan laju aliran 0.858 m/s sebesar 14.7 %.

### 1.1.2 Landasan Teori

#### 1.1.2.1 Konsep Lift dan Drag

Hidrofoil adalah bentuk bangun yang dapat menghasilkan gaya angkat besar dengan hambatan sekecil mungkin. Gaya lift dari sayap tersebut sangat bergantung pada bentuk geometris penampang hidrofoilnya (Department of Aerospace Engineering, 2014). Bentuk geometris penampang hidrofoil secara umum dapat dilihat pada gambar berikut :



**Gambar 1. Bentuk geometri penampang hidrofoil NACA**

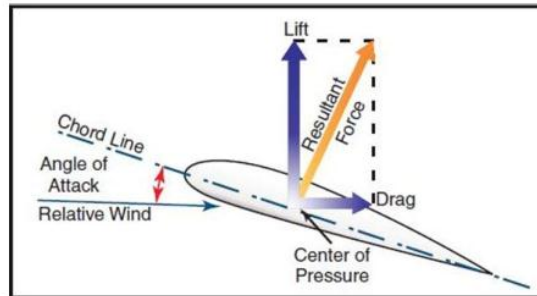
Sumber : [http://aerospace.illinois.edu/m-selig/ads/coord\\_database.html](http://aerospace.illinois.edu/m-selig/ads/coord_database.html)

Bagian-bagian hidrofoil adalah sebagai berikut :

- 1) *Leading edge* : sisi depan hidrofoil
- 2) *Trailing edge* : sisi belakang hidrofoil
- 3) *Chord* : jarak antara *leading edge* dan *trailing edge*
- 4) *Chord line* : garis lurus yang menghubungkan *leading edge* dengan *trailing edge*.
- 5) *Mean chamber line* : garis yang membagi sama besar antara permukaan atas dan bawah.
- 6) *Maximum chamber* : jarak maksimal antara *chamber line* dan *chord line*.
- 7) *Maximum thickness*: jarak maksimal antara permukaan atas dan bawah.
- 8) *Leading edge radius*: jari-jari kelengkungan permukaan *leading edge*, besarnya radius ini 0-2%.

- 9) Sudut serang adalah sudut yang dibentuk antara *chord* hidrofoil dengan vector kecepatan aliran fluida *freestream*. Perubahan Reynolds number dan sudutserang mempengaruhi harga gayalift.

Gaya aerodinamis total pada umumnya terdiri dari dua komponen, yakni gaya drag dan gaya lift. Gaya lift (*L*) merupakan komponen gaya fluida pada hidrofoil yang tegak lurus arah gerakan.



**Gambar 2. Gaya lift dan drag pada profil**

Sumber : [http://aerospace.illinois.edu/m-selig/ads/coord\\_database.html](http://aerospace.illinois.edu/m-selig/ads/coord_database.html)

Berdasarkan analisis dimensi bentuk persamaan lift menurut Olson (2003) adalah sebagai berikut:

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

Dimana :

*L* : Gaya lift

*P* : massa jenis fluida

*C<sub>L</sub>* : koefisien lift

*V* : kecepatan fluida

*A<sub>p</sub>* : plan area (*S*), luasan maksimum : *chord* x *span*

Gaya drag (*D*) adalah gaya aliran yang bekerja pada hidrofoil yang sejajar arah gesekan.

Berdasarkan analisis dimensi bentuk persamaan *drag* menurut Olson (2003) adalah sebagai berikut:

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

Dimana :

*L* : Gaya *drag*

*P* : massa jenis fluida

*C<sub>L</sub>* : koefisien *drag*

*V* : kecepatan fluida

*A<sub>p</sub>* : plan area (*S*), luasan maksimum : *chord* x *span*

### 1.1.2.2 Software CFD (*Computational Fluid Dynamic*)

Ditinjau dari istilah diatas, CFD bisa berarti suatu teknologi komputasi yang memungkinkan untuk mempelajari dinamika dari benda – benda atau zat – zat yang mengalir. Secara definisi CFD adalah ilmu yang mempelajari cara memprediksi aliran fluida, perpindahan panas, reaksi kimia, dan fenomena lainnya dengan menyelesaikan persamaan matematika (model matematika).

Pada dasarnya, persamaan-persamaan pada fluida dibangun dan dianalisis berdasarkan persamaan-persamaan differensial parsial (PDE = *partial differential equation*) yang mempresentasikan hukum–hukum konversi massa, momentum, dan energi.

Menurut Jiyuan Tu (2008), software CFD memungkinkan penggunaanya untuk membuat *virtual prototype* dari sebuah sistem atau alat yang ingin dianalisis dengan menerapkan kondisi

nyata di lapangan. SoftwareCFD akan memberikan data-data, gambar-gambar, atau kurva – kurva, yang menunjukkan prediksi dari performansi keandalan sistem yang akan didesain. Hasil analisis CFD pada umumnya berupa prediksi kualitatif meski terkadang kuantitatif (bergantung pada data yang dimasukkan).

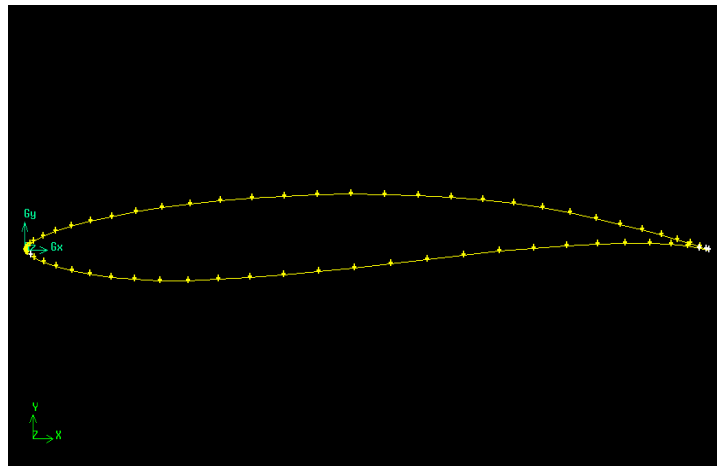
**2. METODOLOGI**

Dalam melakukan simulasi terdapat tiga tahapan utama yaitu *pre-processor*, *solver* dan *post-processor*.

1). Pre Processor

a. Pembuatan Geometri

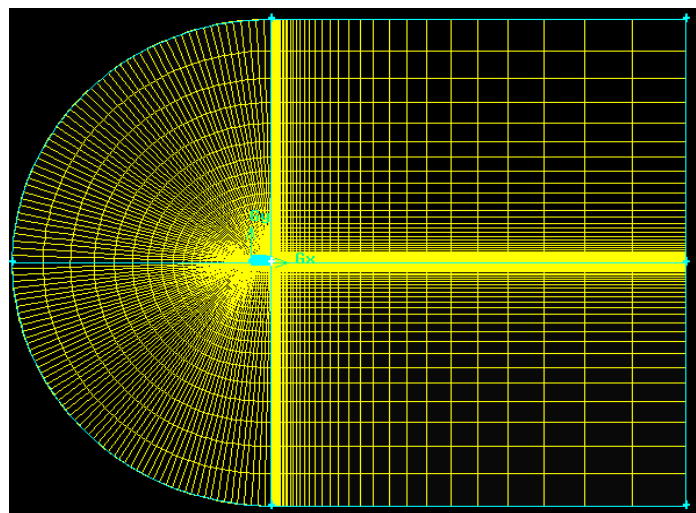
Pembuatan geometri foil yang terdiri dari pembuatan geometri 2 Dimensi. Ukurannya sama dengan ukuran sebenarnya.



**Gambar 3. Geometri Eppler 818 Hydrofoil**

b. Meshing

Meshing merupakan tahap ke dua dan dilakukan untuk mendapat hasil numerik yang mendekatisebenarnya.



**Gambar 4. Complete Mesh dibuat di Gambit**

c. Penentuan Kondisi Batas

Velocity (m/s)	277.6702
Domain Extents	

x-coordinate: min (m)	-1.15
max (m)	2.1
y-coordinate: min (m)	-1.25
max (m)	1.25
Volume statistics	
minimum volume (m3)	5.602449 x 10 <sup>-7</sup>
maximum volume (m3)	4.261198
total volume (m3)	7.453159 x 10 <sup>2</sup>
Face area statistics	
minimum face area (m2)	4.316624 x 10 <sup>-4</sup>
maximum face area (m2)	2.611105
Area (m2)	1
Density (kg/m3)	1.176674
Depth (m)	1
Enthalpy (1/kg)	40412,27
Length (m)	1
Pressure (pascal)	0
Temperature (k)	300.0001
Velocity (m/s)	277.6702
Viscosity (kg/m-s)	1.7894 x 10 <sup>5</sup>
Ratio of specific heats	1.4

## 2) Tahap Solver

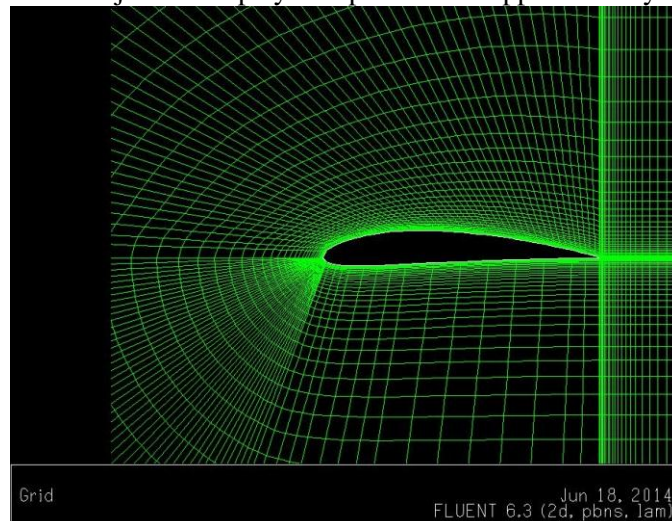
Berupa iterasi untuk mendapatkan solusi numerik.

## 3) Tahap Post Processor

Pada tahap ini akan ditampilkan hasil simulasi berupa harga perhitungan lift dan drag, visualisasidistribusi tekanan, visualisasi distribusi kecepatan, visualisasi aliran dan visualisasi vektor kecepatan

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

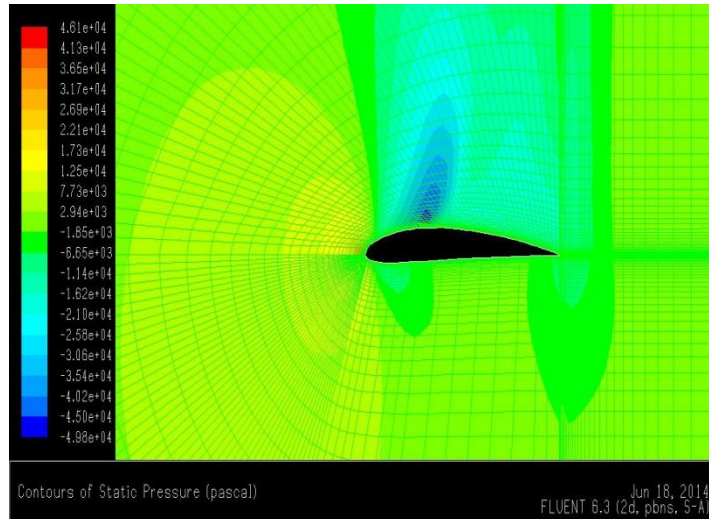
Gambar 5 dan 6 meunjukkan display dari pemodelan Eppler 818 Hydrofoil.



**Gambar 5. Grid Display**

### 1) Distribusi Tekanan

Gambar 7 dibawah ini merupakan kontur distribusi tekanan disekitar hidrofoil yang diperoleh dari simulasi. Dari gambar dapat dilihat, tekanan pada permukaan atas *hidrofoil* lebih besar daripada tekanan di permukaan bawahnya. Hal ini disebabkan oleh arah datangnya aliran fluida yang melalui sumbu y positif. Jadi jika sumbu y positif.

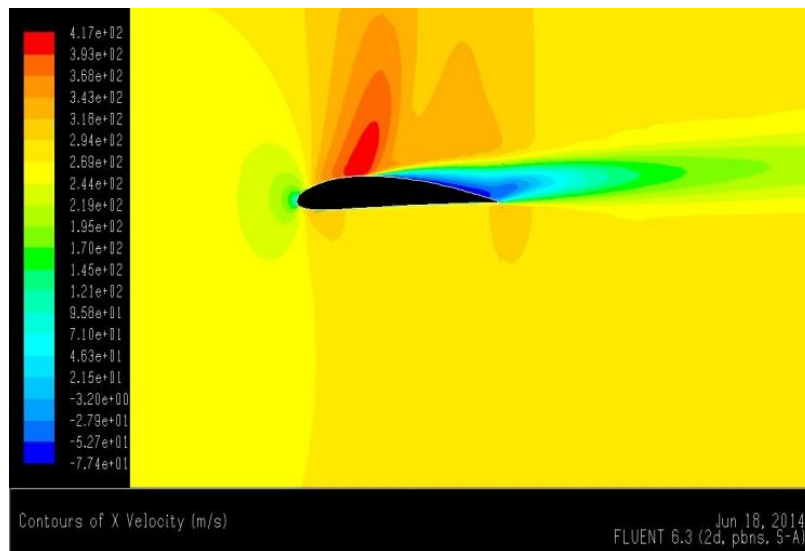


**Gambar 7. Static Pressure**

2) Vektor Kecepatan

Gambar 8 dibawah ini menunjukkan vector kecepatan aliran fluida air yang mengenai hidrofoil. Dari gambar vektor kecepatan terlihat aliran fluida datang dari sumbu y positif menuju sumbu y negatif. Namun sebelum mencapai dasar, vektor aliran fluida bergerak menuju dua arah yang berlawanan yaitu, sumbu x positif dan x negatif. Dari keadaan ini dapat disimpulkan bahwa fluida yang bekerja pada hidrofoil memiliki gelombang.

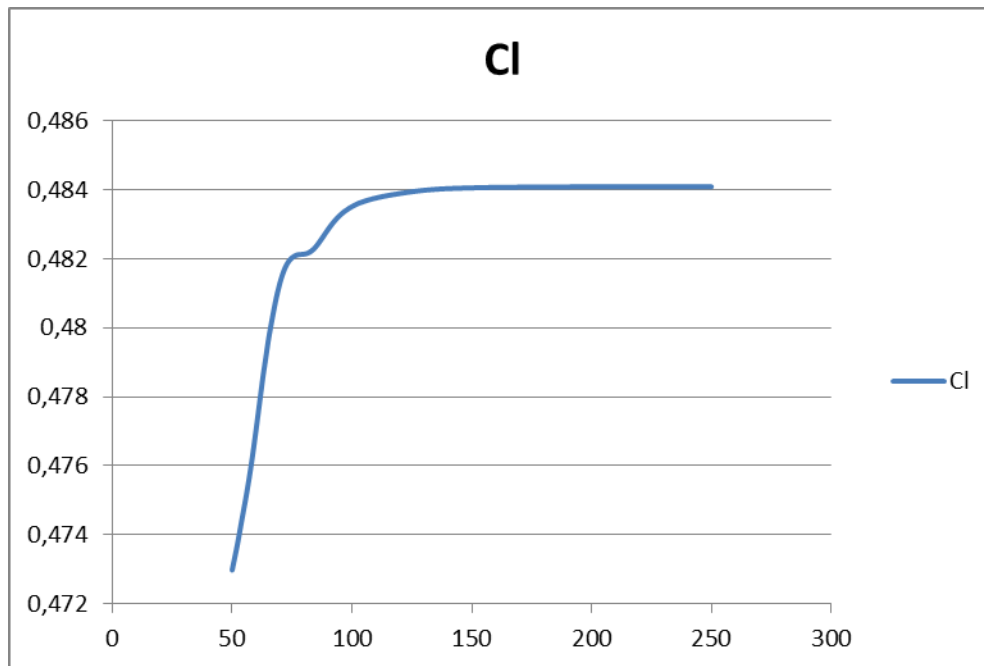
Terlihat dari degradasi warnanya, perubahan kedalaman berpengaruh terhadap kecepatan aliran fluida. Dimana kecepatan aliran pada permukaan fluida lebih besar dibandingkan kecepatan di dasar fluida. Dan pada sisi inlet, aliran fluida memiliki kecepatan terbesar.



**Gambar 8. Velocity**

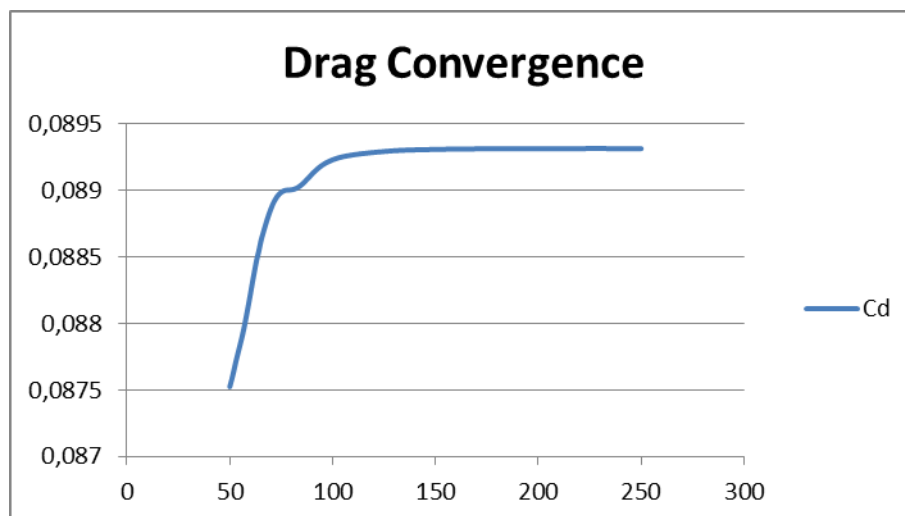
3) Koefisien Lift, Drag, dan Moment

Gambar 9 dibawah menunjukkan bahwa berdasarkan iterasi pada hidrofoil Eppler 818, didapatkan koefisien lift sebesar 48,4 N.



**Gambar 9. Grafik Koefisien Lift**

Grafik10 dibawah menunjukkan bahwa berdasarkan iterasi pada hydrofoil Eppler 818, didapatkan koefisien drag sebesar 8,94 N



**Gambar 10. Grafik Koefisien Drag**

#### 4. KESIMPULAN

- (1) Telah berhasil dilakukan pemodelan hidrofoil NACA sebagai baling-baling kapal dalam bentuk simulasi beserta analisa aliran fluida yang melewati hidrofoil.
- (2) Drag yang didapatkan dari analisa CFD adalah 8,94 N.
- (3) Lift yang didapatkan dari analisa CFD adalah 48,4 N.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Department of Aerospace Engineering.(2014). *UIUC Airfoil Coordinates Airfoil*, [http://aerospace.illinois.edu/m-selig/ads/coord\\_database.html](http://aerospace.illinois.edu/m-selig/ads/coord_database.html) (diakses tanggal 11 Juni 2014).
- Hidayat, Syahroni, dkk. (2011). *Studi Eksperimental Pengaruh Gaya Gelombang Laut Terhadap Pembangkitan Gaya Thrust Hydrofoil Seri Naca 0012 Dan Naca 0018*. Tesis Program Pasca Sarjana Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Fisika ITS, Surabaya.
- Irsyad, Muhammad (2010). Kinerja Turbin Air Tipe Darrieus Dengan Sudu Hydrofoil Standar Naca 6512, *Dinamika Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* Vol. 1, No. 2, Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
- Tu, Jiyan., Heng Yeoh, Guan., Liu, Chaoqun. (2008). *Computational Fluid Dynamic : A Practical Approach*. Oxford : ELSEVIER.
- Olson, M. Reuben., Wright, J.Steven., diterjemahkan Alex Tri K.W, *Dasar-Dasar Mekanika Fluida Teknik*, (2003), Edisi Kelima, Cetakan 2, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Streeter, V. L., Wylie, Benyamin E., diterjemahkan oleh Arko Prijono. (1999), *Mekanika Fluida*, Edisi Kedelapan, Jilid 1, Erlangga, Jakarta.
- Sudargana, dkk (2010), Analisa Karakteristik Hidrodinamik Hydrofoil Naca 0015 Menggunakan *Computational Fluid Dynamic*”, *DINAMIKA Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* Vol. 1, No. 2, Universitas Lampung.
- Wikipedia, (2014), *NACA Airfoil*, [http://en.wikipedia.org/wiki/NACA\\_airfoil](http://en.wikipedia.org/wiki/NACA_airfoil) (diakses tanggal 11 Juni 2014).