



**SKRIPSI – ME184834**

**MODIFIKASI LAYAR FOIL PADA KAPAL TANPA AWAK  
DENGAN METODE CFD**

**Erik Eriyanto**

**NRP. 0421174600004**

**Dosen Pembimbing**

Edi Jadmiko, S.T., M.T

Irfan Syarief Arief, S.T., M.T

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2020**



**SKRIPSI – ME184834**

**MODIFIKASI LAYAR FOIL PADA KAPAL TANPA AWAK  
DENGAN METODE CFD**

**Erik Eriyanto**

**NRP. 04211746000004**

**Dosen Pembimbing**

Edi Jadmiko, S.T., M.T

Irfan Syarief Arief, S.T., M.T

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2020**



**BACHELOR THESIS – ME184834**

**MODIFICATION OF WINGSAIL ON AUTONOMOUS SHIP  
BY CFD METHOD**

**Erik Eriyanto**

**NRP. 04211746000004**

**Supervisor**

Edi Jadmiko, S.T., M.T

Irfan Syarief Arief, S.T., M.T

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2020**



# LEMBAR PENGESAHAN

## MODIFIKASI LAYAR FOIL PADA KAPAL TANPA AWAK DENGAN METODE CFD

### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjan Teknik

Pada

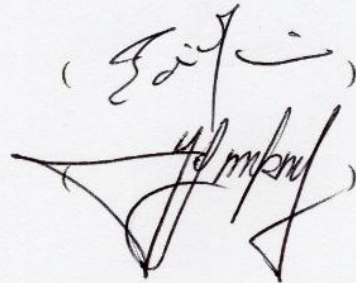
Bidang Studi *Marine Manufacturing and Design* (MMD)  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**ERIK ERIYANTO**  
**NRP. 0421174600004**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Edi Jadmiko, S.T., M.T.  
NIP. 197807062008011012
2. Irfan Syarief Arief, S.T., M.T.  
NIP. 196912251997021001



**SURABAYA, JANUARI 2020**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# LEMBAR PENGESAHAN

## MODIFIKASI LAYAR FOIL PADA KAPAL TANPA AWAK DENGAN METODE CFD

### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjan Teknik  
Pada

Bidang Studi *Marine Manufacturing and Design* (MMD)  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**ERIK ERIYANTO**  
**NRP. 0421174600004**



**SURABAYA, JANUARI 2020**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



# MODIFIKASI LAYAR FOIL PADA KAPAL TANPA AWAK DENGAN METODE CFD

Nama Mahasiswa : Erik Eriyanto  
NRP : 04211746000004  
Dosen Pembimbing : 1. Edi Jadmiko, S.T., M.T  
2. Irfan Syarief Arief, S.T., M.T

## ABSTRAK

Kapal *Autonomous* merupakan sebuah kapal tanpa awak yang mampu mengendalikan dirinya sendiri dengan sebuah sistem pengendalian. Beberapa kapal *Autonomous* menggunakan sumber daya panas matahari sebagai sumber daya utamanya sedangkan kelemahan dari sumber daya panas matahari ini tidak dapat digunakan pada saat malam hari. *Wingsail* merupakan bagian *aerofoil* dimana cara kerja dari penggerak ini yaitu dengan memanfaatkan gaya angkat yang dihasilkan oleh *aerofoil* kemudian gaya angkat tersebut yang kemudian diubah menjadi gaya dorong pada kapal. Karena kecepatan dan arah datangnya angin berubah-ubah, penggunaan *wingsail* membutuhkan optimalisasi agar kapal masih dapat bergerak ketika kecepatan angin rendah. Pada penelitian ini menggunakan tandem *wingsail* dimana layar bagian depan menggunakan NACA 0018 dan bagian belakang menggunakan NACA 0009. Simulasi model dilakukan dengan menggunakan software Numeca Fine Marine dengan variasi sudut serang terhadap layar sebesar  $5^\circ, 10^\circ, 15^\circ, 20^\circ, 60^\circ$  dan  $90^\circ$  serta variasi kecepatan sebesar 2.57 m/s, 5.67 m/s dan 8.23 m/s. Dari hasil simulasi, analisa dan pembahasan *Wingsail* tanpa sirip rata-rata mempunyai nilai *Coefficient Lift* yang lebih tinggi daripada *wingsail* dengan sirip, Namun pada sudut serang  $60^\circ$  dan pada kecepatan 8.23 m/s nilai *Coefficient Lift* dari *wingsail* dengan sirip nilai *Coefficient Lift* lebih tinggi. *Coefficient Lift* pada *wingsail* tanpa sirip mempunyai nilai rata-rata lebih tinggi daripada *wingsail* dengan sirip. Namun pada sudut serang  $60^\circ$  dan pada kecepatan 8.23 m/s nilai *Coefficient Lift* dari *wingsail* dengan sirip lebih tinggi daripada *wingsail* tanpa sirip. *Coefficient Drag* pada *wingsail* tanpa sirip cenderung lebih rendah daripada *wingsail* dengan sirip. Namun pada sudut serang  $60^\circ$  dan  $90^\circ$  pada kecepatan 2.57 m/s dan kecepatan 5.67 m/s serta pada sudut serang  $20^\circ$  dan  $90^\circ$  pada kecepatan 8.23 m/s *Coefficient Drag* dari *wingsail* tanpa sirip nilainya lebih tinggi daripada *wingsail* dengan sirip. *Coefficient Driving Maximum* pada *wingsail* tanpa sirip mempunyai nilai rata-rata lebih tinggi daripada *wingsail* dengan sirip. Namun pada sudut serang  $60^\circ$  dan pada sudut gerak kapal  $95^\circ$  sampai dengan  $140^\circ$  kecepatan 8.23 m/s nilai *Coefficient Driving Maximum* dari *wingsail* dengan sirip lebih tinggi daripada *wingsail* tanpa sirip. *Coefficient Heeling Minimum* pada *wingsail* tanpa sirip mempunyai nilai rata-rata lebih tinggi daripada *wingsail* dengan sirip. Namun pada kecepatan 2.57 m/s pada sudut gerak  $90^\circ$  sampai dengan  $105^\circ$  dan pada kecepatan 5.67 pada sudut gerak  $90^\circ, 100^\circ, 105^\circ, 140^\circ$  serta pada kecepatan 8.23 pada sudut gerak  $90^\circ, 100^\circ, 105^\circ$  *Coefficient Heeling Minimum* pada *wingsail* dengan sirip lebih tinggi daripada *wingsail* tanpa sirip.

**Kata Kunci:** *Autonomous*, Angin, *Wingsail*, CFD.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# MODIFICATION OF WINGSAIL ON AUTONOMOUS SHIP BY CFD METHOD

**Student Name** : Erik Eriyanto  
**NRP** : 04211746000004  
**Supervisor** : 1. Edi Jadmiko, S.T., M.T  
2. Irfan Syarief Arief, S.T., M.T

## ABSTRACT

*Autonomous ship is an unmanned ship that is able to control itself with a control system. Some Autonomous ships use solar thermal resources as their main resource while the weakness of this solar thermal resource cannot be used at night. Wingsail is an aerofoil part where the working of this propulsion is to utilize the lift force produced by the aerofoil then the lift force which is then converted into thrust on the ship. Because the speed and direction of the arrival of the wind changes, the use of wingsail requires optimization so that the ship can still move when the wind speed is low. This research uses wingsail tandem where the front screen uses NACA 0018 and the back uses NACA 0009. Model simulations are performed using Numeca Fine Marine software with variations in the angle of attack on the screen by 5°, 10°, 15°, 20°, 60° and 90° and variations in speed of 2.57 m / s, 5.67 m / s and 8.23 m / s. From the simulation results, analysis and discussion of Wingsail without fins on average have a higher Coefficient Lift value than wingsail with fins, but at an angle of attack of 60° and at a speed of 8.23 m / s the Coefficient Lift value of the wingsail with fins is higher than the Coefficient Lift value. The coefficient lift on wingsail without fins has an average value higher than wingsail with fins. However, at an angle of attack of 60° and at a speed of 8.23 m / s the Coefficient Lift value of the wingsail with fins is higher than that of wingsail without fins. Drag coefficient on wingsail without fins tends to be lower than wingsail with fins. However, at an attack angle of 60° and 90° at a speed of 2.57 m / s and a speed of 5.67 m / s and at an angle of attack of 20° and 90° at a speed of 8.23 m / s the Coefficient Drag of a wingsail without fins is higher than the wingsail with fins. Maximum Coefficient Driving on wingsail without fins has an average value higher than wingsail with fins. However, at an angle of attack of 60° and at an angle of motion of the ship 95° to 140° at a speed of 8.23 m / s the Coefficient Driving Maximum value of the wingsail with fins is higher than that of the wingsail without fins. Coefficient Heeling Minimum on wingsail without fins has an average value higher than wingsail with fins. However, at speeds of 2.57 m / s at 90° to 105° and at 5.67 at 90°, 100°, 105°, 140° and at 8.23 at 90°, 100°, 105° Coefficient Heeling Minimum on wingsail with fins higher than fins wingsail without fins.*

**Keywords:** *Autonomous, Wind, Wingsail, CFD.*

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “Modifikasi Layar Foil Pada Kapal Tanpa Awak dengan Metode CFD”. Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak yang telah membantu baik secara dukungan ataupun masukan mengenai Tugas Akhir ini. Penulis mengucapkan terima kasih khususnya kepada:

1. Kedua orang tua serta semua saudara yang tiada hentinya memberikan doa, dorongan semangat, perhatian dan kasih sayang, serta kesabaran.
2. Bapak Beny Cahyono, S.T., M.T., Ph.D. selaku ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan ITS Surabaya.
3. Bapak Edi Jadmiko, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak masukan dan ilmu bagi penulis.
4. Bapak Irfan Syarief Arief, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak masukan dan ilmu bagi penulis.
5. Bapak Adhi Iswanto, S.T., M.T. selaku dosen wali, yang selama ini mendukung dan memberikan ilmu yang bermanfaat.
6. Semua rekan-rekan mahasiswa LJ Genap 2017, yang telah memberikan semangat, saran-saran, dan motivasi bagi penulis.
7. Semua pengurus dan anggota Laboratorium “Marine Manufacture and Design (MMD)” yang telah memberikan semangat dan transfer ilmu selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
8. Serta semua teman, sahabat dan pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu dalam membantu menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat menjadi hal yang bermanfaat bagi berbagai pihak. Namun, penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini tidak luput dari kekurangan dan kesalahan. Untuk itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan.

Surabaya, Januari 2020

Penulis

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR ISI

|  |      |
|--|------|
| LEMBAR PENGESAHAN.....                                 | i    |
| LEMBAR PENGESAHAN.....                                 | iii  |
| ABSTRAK.....   | v    |
| <i>ABSTRACT</i> .....                                  | vii  |
| KATA PENGANTAR.....                                    | ix   |
| DAFTAR ISI.....  | xi   |
| DAFTAR GAMBAR.....                                     | xiii |
| DAFTAR TABEL.....                                      | xv   |
| BAB I PENDAHULUAN.....                                 | 1    |
| 1.1 Latar Belakang.....                                | 1    |
| 1.1 Rumusan Masalah.....                               | 1    |
| 1.2 Tujuan Penelitian.....                             | 1    |
| 1.3 Batasan Masalah.....                               | 2    |
| 1.4 Manfaat Penelitian.....                            | 2    |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....                           | 3    |
| 2. 1 Jenis-Jenis Kapal.....                            | 3    |
| 2. 2 Kapal Tanpa Awak ( <i>Autonomous</i> ).....       | 4    |
| 2. 3 Jenis Penggerak Tenaga Angin.....                 | 5    |
| 2. 4 <i>Rigid Wing Sail</i> .....                      | 7    |
| 2. 5 Cara Kerja Wing Sail.....                         | 7    |
| 2. 6 Cara Kerja Wingsail terhadap Arah Angin.....      | 8    |
| 2. 7 Airfoil.....                                      | 8    |
| 2. 8 Parameter Wing Sail.....                          | 10   |
| 2. 9 Gaya yang Bekerja pada Wing Sail.....             | 11   |
| 2. 10 CFD ( <i>Computational Fluid Dynamics</i> )..... | 13   |

|   |    |
|---|----|
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....           | 15 |
| 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....             | 15 |
| 3. 2 Jadwal Rencana Kegiatan Penelitian ..... | 18 |
| BAB IV ANALISA PEMBAHASAN.....                | 19 |
| 4.1 Peralatan Survey Kapal .....              | 19 |
| 4.2 Desain Kapal .....                        | 19 |
| 4.3 Tahanan Kapal .....                       | 20 |
| 4.4 Pemilihan Airfoil.....                    | 20 |
| 4.6 Validasi .....                            | 32 |
| 4.7 Analisa <i>Coefficient Lift</i> .....     | 32 |
| 4.8 Analisa <i>Coefficient Drag</i> .....     | 35 |
| 4.9 Analisa <i>Coefficient Driving</i> .....  | 38 |
| 4.10 Analisa <i>Coefficient Heeling</i> ..... | 41 |
| 4.11 Analisa Gaya Dorong Layar .....          | 43 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....              | 45 |
| 5.1 Kesimpulan .....                          | 45 |
| 5.2 Saran .....                               | 46 |
| DAFTAR PUSTAKA .....                          | 47 |
| LAMPIRAN.....                                 | 49 |
| BIODATA PENULIS .....                         | 59 |



## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 2. 1 Kapal Niaga .....   | 3  |
| Gambar 2. 2 Kapal Perang .....  | 3  |
| Gambar 2. 3 Kapal Khusus.....   | 4  |
| Gambar 2. 4 Kapal <i>Autonomous</i> .....                             | 4  |
| Gambar 2. 5 <i>Conventional Sail</i> .....                            | 5  |
| Gambar 2. 6 <i>Rigid Wing Sail</i> .....                              | 5  |
| Gambar 2. 7 <i>Kite Sail</i> .....                                    | 6  |
| Gambar 2. 8 <i>Rotor Flettner</i> .....                               | 6  |
| Gambar 2. 9 <i>Wind Turbin</i> .....                                  | 7  |
| Gambar 2. 10 Cara Kerja Wingsail .....                                | 8  |
| Gambar 2. 11 Cara Kerja Wingsail terhadap Angin .....                 | 8  |
| Gambar 2. 12 Bagian Airfoil .....                                     | 9  |
| Gambar 2. 13 <i>Wingsail Geometry</i> .....                           | 11 |
| <br>  |    |
| Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian .....                             | 15 |
| <br>  |    |
| Gambar 4. 1 Model Kapal .....   | 19 |
| Gambar 4. 2 Parameter Pemilihan Ketebalan Airfoil .....               | 21 |
| Gambar 4. 3 Hasil Pemilihan Ketebalan Airfoil .....                   | 21 |
| Gambar 4. 4 Model Wingsail .....                                      | 22 |
| Gambar 4. 5 Pembuatan <i>Boundary</i> .....                           | 22 |
| Gambar 4. 6 Proses <i>Substract</i> .....                             | 23 |
| Gambar 4. 7 Pembuatan Domain.....                                     | 23 |
| Gambar 4. 8 Penentuan <i>Boundary Condition</i> .....                 | 24 |
| Gambar 4. 9 <i>Dialog box</i> dari <i>Initial Mesh</i> .....          | 25 |
| Gambar 4. 10 <i>Dialog box</i> dari <i>Adapt to Geometry</i> .....    | 25 |
| Gambar 4. 11 <i>Dialog box</i> dari <i>Snap to Geometry</i> .....     | 26 |
| Gambar 4. 12 <i>Dialog box</i> dari <i>Optimize</i> .....             | 26 |
| Gambar 4. 13 <i>Dialog box</i> dari <i>Viscous Layer</i> .....        | 27 |
| Gambar 4. 14 Hasil <i>Meshing</i> .....                               | 27 |
| Gambar 4. 15 <i>Dialog box</i> dari <i>General Parameter</i> .....    | 28 |
| Gambar 4. 16 <i>Dialog box</i> dari <i>Fluid Model</i> .....          | 28 |
| Gambar 4. 17 <i>Dialog box</i> dari <i>Flow Model Parameter</i> ..... | 29 |
| Gambar 4. 18 <i>Dialog box</i> dari <i>Boundary Condition</i> .....   | 29 |
| Gambar 4. 19 <i>Dialog box</i> dari <i>Body Definition</i> .....      | 30 |
| Gambar 4. 20 <i>Dialog box</i> dari <i>Body Motion</i> .....          | 30 |
| Gambar 4. 21 <i>Dialog box</i> dari <i>Initial Solution</i> .....     | 31 |
| Gambar 4. 22 <i>Dialog box</i> dari <i>Control Variable</i> .....     | 31 |

|  |    |
|--|----|
| Gambar 4. 23 Grafik <i>Coefficient Lift</i> vs Sudut Serang pada Wingsail tanpa Sirip.....   | 33 |
| Gambar 4. 24 Grafik <i>Coefficient Lift</i> vs Sudut Serang pada Wingsail dengan Sirip ..... | 34 |
| Gambar 4. 25 Grafik <i>Coefficient Lift</i> vs Sudut Serang pada Semua Model .....           | 34 |
| Gambar 4. 26 Grafik <i>Coefficient Drag</i> vs Sudut Serang pada Wingsail tanpa Sirip .....  | 36 |
| Gambar 4. 27 Grafik <i>Coefficient Drag</i> vs Sudut Serang pada Wingsail tanpa Sirip .....  | 37 |
| Gambar 4. 28 Grafik <i>Coefficient Drag</i> vs Sudut Serang pada Semua Model .....           | 37 |
| Gambar 4. 29 Grafik <i>Coefficient Driving Maximum</i> vs Sudut Gerak (Semua Model) ..       | 40 |
| Gambar 4. 30 Grafik <i>Coefficient Heeling Minimum</i> vs Sudut Gerak (Semua Model) ..       | 43 |

## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| Tabel 2. 1 Tabel Karakteristik NACA Series .....   | 10 |
| Tabel 3. 1 Data Ukuran Utama Kapal Pemandang .....   | 16 |
| Tabel 3. 2 Data Kecepatan Angin.....   | 16 |
| Tabel 3. 3 Variasi Model.....  | 17 |
| Tabel 3. 4 Jadwal Rencana Kegiatan Penelitian .....  | 18 |
| Tabel 4. 1 Peralatan <i>Survey</i> Kapal.....  | 19 |
| Tabel 4. 2 Data Model Kapal .....  | 20 |
| Tabel 4. 3 Data Tahanan Kapal .....  | 20 |
| Tabel 4. 4 Tabel <i>Coefficient Lift</i> pada Wingsail tanpa Sirip .....                       | 32 |
| Tabel 4. 5 Tabel <i>Coefficient Lift</i> pada Wingsail dengan Sirip .....                      | 32 |
| Tabel 4. 6 Tabel <i>Coefficient Drag</i> pada Wingsail tanpa Sirip .....                       | 35 |
| Tabel 4. 7 Tabel <i>Coefficient Drag</i> pada Wingsail dengan Sirip .....                      | 35 |
| Tabel 4. 8 Tabel <i>Coefficient Driving Maximum</i> pada Kecepatan 2.57 Semua Model...         | 38 |
| Tabel 4. 9 Tabel <i>Coefficient Driving Maximum</i> pada Kecepatan 5.67 Semua Model...         | 39 |
| Tabel 4. 10 Tabel <i>Coefficient Driving Maximum</i> pada Kecepatan 8.23 Semua Model.          | 39 |
| Tabel 4. 11 Tabel <i>Coefficient Heeling Minimum</i> pada Kecepatan 2.57 Semua Model .         | 41 |
| Tabel 4. 12 Tabel <i>Coefficient Heeling Minimum</i> pada Kecepatan 5.67 Semua Model .         | 41 |
| Tabel 4. 13 Tabel <i>Coefficient Heeling Minimum</i> pada Kecepatan 8.23 Semua Model .         | 42 |
| Tabel 4. 14 Tabel <i>Driving Force Maximum</i> pada Kecepatan 2.57 Wingsail dengan Sirip ..... | 43 |

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kapal *Autonomous* merupakan sebuah kapal tanpa awak yang mampu mengendalikan dirinya sendiri dengan sebuah sistem pengendalian. Kapal ini biasanya menggunakan lambung catamaran karena memiliki stabilitas yang lebih baik dibandingkan monohull. Kapal ini termasuk kapal khusus dimana fungsinya sebagai kapal survey untuk daerah-daerah terpencil yang tidak memungkinkan manusia masuk ke daerah tersebut. Beberapa kapal *Autonomous* menggunakan sumber daya panas matahari sebagai sumber daya utamanya sedangkan kelemahan dari sumber daya panas matahari ini tidak dapat digunakan pada saat malam hari.

Wingsail merupakan salah satu jenis penggerak tenaga angin. Wingsail ini merupakan bagian aerofoil yang pada dasarnya menyerupai bentuk sayap pada pesawat terbang. Cara kerja dari penggerak ini yaitu dengan memanfaatkan gaya angkat yang dihasilkan oleh aerofoil dimana gaya angkat tersebut yang kemudian diubah menjadi gaya dorong pada kapal. Dengan mengkombinasikan dua sumber energi alternatif ini maka kebutuhan kapasitas baterai dapat dikurangi.

Pemanfaatan sumber alternatif berupa angin memiliki beberapa kekurangan. Selain kecepatan angin yang setiap saat dapat berubah-ubah pun dengan arah datangnya angin dimana dua faktor inilah yang menentukan besarnya gaya dorong yang dihasilkan pada kapal. Sehingga pada penggunaan layar khususnya wingsail membutuhkan optimalisasi agar kapal masih dapat bergerak ketika kecepatan angin rendah.

Berdasarkan permasalahan diatas, maka perlu adanya kapal *Autonomous* yang dapat memanfaatkan dua sumber energi alternatif berupa panas matahari dan angin. Pada penelitian sebelumnya sudah kapal *Autonomous* yang telah mengkombinasikan dua energi alternatif ini. Namun wingsail yang digunakan pada kapal ini tidak ada penambahan sirip. Dengan adanya penambahan sirip maka aliran fluida akan semakin terarah sehingga ketika aliran fluida semakin terarah diharapkan gaya dorong yang dihasilkan akan menjadi lebih besar. Pada penelitian ini akan dilakukan analisa penambahan sirip pada sisi-sisi Wingsail dan dampaknya terhadap beberapa variasi sudut serang angin dengan menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics* menggunakan *software* Numeca Fine Marine.

### 1.1 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana desain layar foil sebagai penggerak kapal *Autonomous*?
2. Bagaimana pengaruh variasi sudut serang dari angin terhadap gaya dorong yang dihasilkan?

### 1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang akan dicapai dalam penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Mendapatkan desain layar foil sebagai penggerak kapal *Autonomous*.
2. Mendapatkan pengaruh variasi sudut serang dari angin terhadap gaya dorong yang dihasilkan.

### 1.3 Batasan Masalah

Untuk lebih memfokuskan pembahasan dalam tugas akhir ini, maka batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Dimensi kapal *Autonomous* yaitu:
  - L = 3.70 m
  - B = 2.00 m
  - T = 0.30 m
  - Cb = 0.08 m
  - Tipe Lambung = *Catamaran*
2. Material yang digunakan adalah *Carbon Fibre*.
3. Sudut serang terhadap layar adalah 5°,10°,15°,20°,60°,90°.
4. Variasi kecepatan angin adalah 2.57 m/s, 5.67 m/s, 8.23 m/s.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari tugas akhir ini adalah:

1. Bagi Pembaca  
Sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya.
2. Bagi Industri  
Sebagai referensi desain kapal yang ramah lingkungan.
3. Bagi Masyarakat  
Dapat menurunkan konsumsi biaya bagi para Peneliti.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Jenis-Jenis Kapal**

Pengelompokan tipe kapal menurut fungsinya dapat dibagi menjadi tiga bagian utama, yaitu:

##### **2.1.1 Kapal Niaga**

Kapal niaga merupakan kapal yang dibuat untuk mendapatkan keuntungan ekonomi terbaik. Pada umumnya kapal niaga memiliki kecepatan rendah karena kapal dengan kecepatan rendah lebih murah daripada kapal kecepatan tinggi. Yang termasuk kapal niaga antara lain adalah kapal tanker, kapal Kontainer, kapal penumpang dan lain-lain. [1]



Gambar 2. 1 Kapal Niaga

*Sumber: Sumaryanto,2013*

##### **2.1.2 Kapal Perang**

Kapal perang merupakan kapal yang dibuat khusus untuk perang atau untuk mempertahankan suatu negara. Kapal ini mengutamakan kecepatan dan teknologi sehingga segi ekonomis menjadi pertimbangan kedua. Yang termasuk kapal perang antara lain adalah kapal tempur, kapal patroli dan kapal pendukung. [1]



Gambar 2. 2 Kapal Perang

*Sumber: Sumaryanto,2013*

### 2.1.3 Kapal Khusus

Kapal khusus merupakan kapal yang dibuat untuk tugas khusus bukan untuk pengangkutan. Kapal ini banyak sekali jenisnya sesuai dengan fungsi dan tugasnya masing-masing. Beberapa kapal yang termasuk kapal khusus yaitu kapal keruk, kapal penangkap ikan, kapal pemadam kebakaran, kapal peneliti dan kapal rumah sakit. [1]



Gambar 2. 3 Kapal Khusus

Sumber: Sumaryanto,2013

### 2. 2 Kapal Tanpa Awak (*Autonomous*)

Kapal *Autonomous* merupakan sebuah kapal tanpa awak yang mampu mengendalikan dirinya sendiri dengan sebuah sistem pengendalian. Kapal ini biasanya menggunakan lambung *catamaran* karena memiliki stabilitas yang lebih baik dibandingkan *monohull*. Kapal ini termasuk kapal khusus dimana fungsinya sebagai kapal peneliti untuk daerah-daerah terpencil yang tidak memungkinkan manusia masuk ke daerah tersebut. [2]



Gambar 2. 4 Kapal *Autonomous*

Sumber: Silva,2019



## 2.3 Jenis Penggerak Tenaga Angin

### 2.3.1 *Conventional Sail*

*Conventional Sail* biasa disebut *Softsail* terbuat dari bahan yang lunak seperti kain. Cara kerja layar ini yaitu dengan langsung menangkap gaya dorong dari angin yang digunakan sebagai gaya gerak kapal. [3]



Gambar 2. 5 *Conventional Sail*

Sumber: *Ilhami,2016*

### 2.3.2 *Rigid Wing Sail*

*Rigid Wing Sail* merupakan salah satu jenis penggerak tenaga angin. Wingsail ini merupakan bagian aerofoil yang pada dasarnya menyerupai bentuk sayap pada pesawat terbang. Cara kerja dari penggerak ini yaitu dengan memanfaatkan gaya angkat yang dihasilkan oleh aerofoil dimana gaya angkat tersebut yang kemudian diubah menjadi gaya dorong pada kapal.

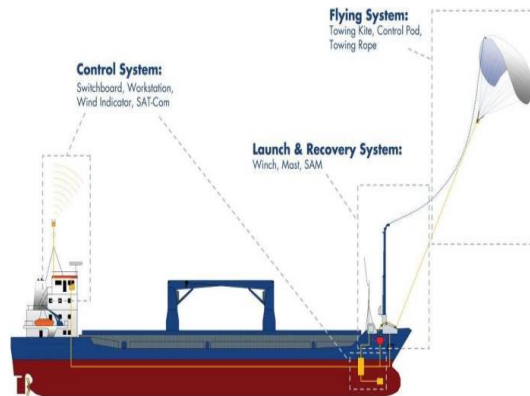


Gambar 2. 6 *Rigid Wing Sail*

Sumber: *Silva,2019*

### 2.3.3 *Kite Sail*

*Kitesail* merupakan satu alat yang memanfaatkan angin sebagai energi. Penggunaan *kitesail* dapat membantu sistem propulsi dengan cara memberikan daya tambahan. *Kitesail* sendiri lebih dikenal dengan sebutan *towing kite*. [4]



Gambar 2. 7 Kite Sail  
 Sumber: Fadhlurrahman,2017

### 2.3.4 Rotor Flettner

*Flettner rotor* merupakan teknologi yang memanfaatkan angin di alam untuk membantu kapal melaju. Prinsip kerja *flettner rotor* sesuai dengan teori efek magnus, dimana gaya yang timbul terjadi akibat adanya perbedaan tekanan antara dua sisi *flettner rotor*. [5]



Gambar 2. 8 Rotor Flettner  
 Sumber: Marco,2016

### 2.3.5 Wind Turbine

Turbin angin adalah kincir angin yang digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik. Turbin angin ini pada awalnya dibuat untuk mengakomodasi kebutuhan para petani dalam melakukan penggilingan padi, keperluan irigasi, dll. Kini turbin angin lebih banyak digunakan untuk mengakomodasi kebutuhan listrik masyarakat, bahkan sudah diterapkan pada kapal. [6]



Gambar 2. 9 *Wind Turbin*  
Sumber: Ionescu, 2014

## 2. 4 *Rigid Wing Sail*

*Rigid Wing Sail* merupakan sebuah layar kapal yang pada dasarnya menyerupai sayap dari pesawat terbang. Wingsail ini dapat berotasi pada sumbu vertikalnya sebesar  $90^\circ$  yang disebut pusat aerodynamic. Hal ini dilakukan dengan tujuan agar layar kapal dapat mengikuti arah angin yang dapat berubah-ubah. Terdapat 2 jenis Wingsail yaitu:

### 2.4.1 *Single Wing Sail*

*Single wingsail* merupakan layar airfoil tunggal atau bisa dikatakan hanya mempunyai satu airfoil yang difungsikan sebagai penggerak kapal. [7]

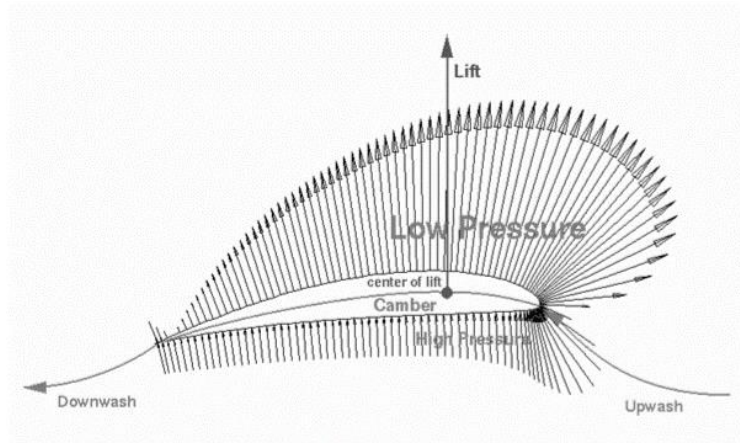
### 2.4.2 *Tandem Wing Sail*

*Tandem wingsail* merupakan modifikasi dari *single wingsail* dimana pada *tandem wingsail* ini menggunakan 2 layar airfoil yang disusun depan dan belakang [7]. Ketebalan airfoil pada bagian depan biasanya mempunyai ketebalan yang lebih besar dibandingkan ketebalan airfoil dibagian belakang.

## 2. 5 Cara Kerja Wing Sail

Wing Sail menggunakan hukum bernaui yang pada dasarnya digunakan pada pesawat terbang [8]. Sayap pesawat terbang didesain sedemikian rupa sehingga kecepatan angin dibagian atas lebih cepat dibandingkan dibagian bawah. Hal ini menyebabkan tekanan di bagian atas lebih kecil daripada dibagian bawah. Perbedaan tekanan inilah yang menyebabkan gaya angkat pada pesawat.

Pada pesawat terbang gaya angkat ini digunakan untuk mengangkat badan pesawat naik ke atas angkasa sedangkan pada kapal gaya angkat ini digunakan sebagai gaya dorong untuk menggerakkan kapal menuju arah yang diinginkan. Terdapat dua gaya yang bekerja pada saat angin menyentuh Wingsail yaitu gaya *Lift* (gaya angkat) dan gaya *drag* (gaya hambatan). Resultan dari kedua gaya inilah yang menghasilkan gaya dorong pada Wingsail.

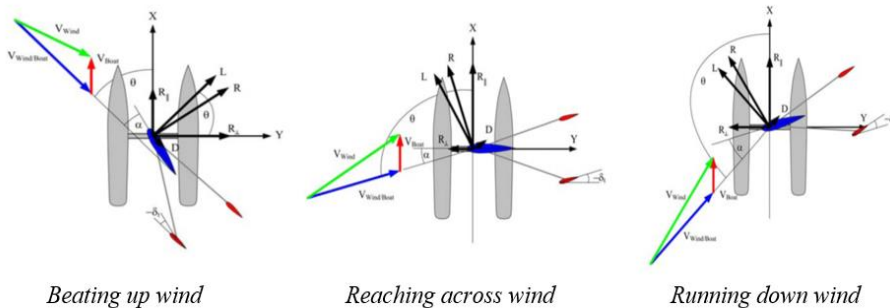


Gambar 2. 10 Cara Kerja Wingsail

Sumber: Bogataj,2007

## 2. 6 Cara Kerja Wingsail terhadap Arah Angin

Arah gerak kapal tidak dapat secara bebas dilakukan pada saat kapal berlayar dilautan. Hal ini dikarenakan sudut arah angin dan sudut arah kapal yang sangat mempengaruhi gaya dorong yang dihasilkan [9]. Terdapat tiga jenis pergerakan pada saat kapal berlayar yaitu secara *Beating up wind* (pergerakan kapal yang bergerak melawan arah gerak angin) dan *Reaching across wind* (pergerakan kapal bergerak melintasi angin) serta *Running down wind* (pergerakan kapal bergerak searah dengan angin).



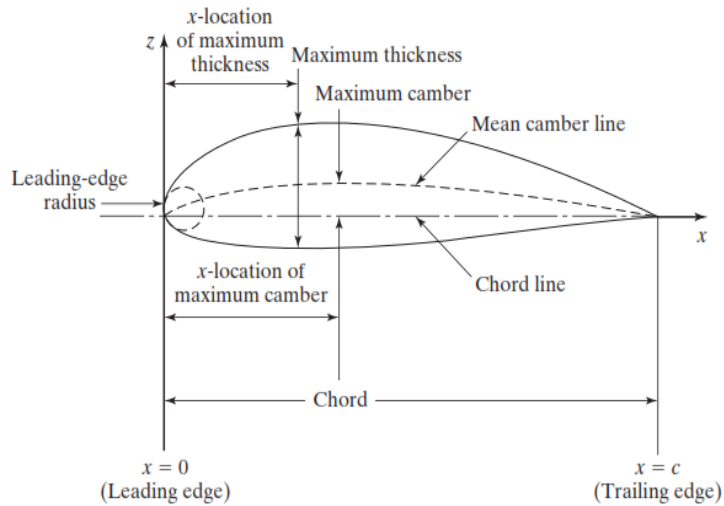
Gambar 2. 11 Cara Kerja Wingsail terhadap Angin

Sumber: Elkaim,2007

## 2. 7 Airfoil

### 2.7.1 Bagian-Bagian Airfoil

Karakteristik gaya angkat yang dihasilkan airfoil sangat bergantung pada geometri bagian airfoil yang membentuk layar [10]. Parameter geometris yang memiliki peran penting pada karakteristik aerodinamis dari bagian airfoil meliputi yaitu seperti gambar berikut:



Gambar 2. 12 Bagian Airfoil

Sumber: Bertin, 2009

### 2.7.2 Tipe Airfoil

Pada dasarnya ada 4 tipe airfoil menurut bentuknya yang sering digunakan pada pesawat model antara lain:

- Under Camber* Airfoil merupakan bentuk airfoil yang pada bagian bawahnya melengkung ke atas, akan menghasilkan *Coefficient Lift* maximum yang tinggi dan mulai menghasilkan gaya angkat pada sudut serang negatif tetapi juga mempunyai *pitching moment* negatif yang besar. [11]
- Semi-symmetrical* merupakan airfoil yang sebagian besar mempunyai puncak (*cusp*) pada *trailing edge* nya yang menyebabkan *Coefficient Lift* maximum dan *pitching moment*nya bertambah atau sering disebut *after loading*. [11]
- Symmetrical* merupakan airfoil yang tidak mempunyai *chamber* sehingga *Coefficient Lift* maximumnya rendah. Airfoil ini mempunyai *Coefficient Lift* yang sama pada sudut serang positif dan negatif sehingga cocok digunakan untuk manuever yang ekstrem. [11]
- Reflexed Camber* merupakan airfoil yang pada *trailing edge* nya membengkok ke atas sehingga menghasilkan *pitching moment* positif (*nose up*) serta mempunyai *Coefficient Lift* maximum yang kecil. [11]

### 2.7.3 Jenis-Jenis Airfoil

Jenis-jenis airfoil sangat banyak sekali pun dengan karakteristiknya. Airfoil NACA adalah salah satu bentuk airfoil yang dikembangkan oleh *National Advisory Committee for Aeronautics* (NACA) [12]. Pada tabel dibawah ini dapat dilihat karakteristik dari masing-masing NACA Series.

Tabel 2. 1 Tabel Karakteristik NACA Series

| Family    | Advantages   | Disadvantages  | Applications   |
|-----------|--|--|--|
| 4-Digit   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Good stall characteristics</li> <li>2. Small center of pressure movement across large speed range</li> <li>3. Roughness has little effect</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Low maximum lift coefficient</li> <li>2. Relatively high drag</li> <li>3. High pitching moment</li> </ol>  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. General aviation</li> <li>2. Horizontal tails</li> </ol> <p><b>Symmetrical:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3. Supersonic jets</li> <li>4. Helicopter blades</li> <li>5. Shrouds</li> <li>6. Missile/rocket fins</li> </ol> |
| 5-Digit   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Higher maximum lift coefficient</li> <li>2. Low pitching moment</li> <li>3. Roughness has little effect</li> </ol>                                   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Poor stall behavior</li> <li>2. Relatively high drag</li> </ol>  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. General aviation</li> <li>2. Piston-powered bombers, transports</li> <li>3. Commuters</li> <li>4. Business jets</li> </ol>   |
| 16-Series | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Avoids low pressure peaks</li> <li>2. Low drag at high speed</li> </ol>  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Relatively low lift</li> </ol>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aircraft propellers</li> <li>2. Ship propellers</li> </ol>   |
| 6-Series  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. High maximum lift coefficient</li> <li>2. Very low drag over a small range of operating conditions</li> <li>3. Optimized for high speed</li> </ol>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. High drag outside of the optimum range of operating conditions</li> <li>2. High pitching moment</li> <li>3. Poor stall behavior</li> <li>4. Very susceptible to roughness</li> </ol>             | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Piston-powered fighters</li> <li>2. Business jets</li> <li>3. Jet trainers</li> <li>4. Supersonic jets</li> </ol>  |
| 7-Series  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Very low drag over a small range of operating conditions</li> <li>2. Low pitching moment</li> </ol>  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reduced maximum lift coefficient</li> <li>2. High drag outside of the optimum range of operating conditions</li> <li>3. Poor stall behavior</li> <li>4. Very susceptible to roughness</li> </ol> | Seldom used  |
| 8-Series  | Unknown  | Unknown  | Very seldom used   |

Sumber: <https://web.stanford.edu>

## 2. 8 Parameter Wing Sail

Dalam penggambarannya wingsail menggunakan beberapa parameter-parameter untuk mengetahui karakteristik dari airfoil tersebut. Berikut merupakan parameter yang digunakan.

### 2.8.1 Menentukan *Chord* dan *Span*

*Chord* merupakan lebar dari airfoil sedangkan *Span* merupakan tinggi dari airfoil. Perbandingan antara *Span* dan *Chord* ini dinamakan *Aspect Ratio* dimana angka optimumnya yaitu 1.0 atau 1.5 [13]. Untuk layar berbentuk persegi dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$AR = \frac{b}{c} \quad (2.1)$$

Sedangkan untuk bentuk selain persegi dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$AR = \frac{b^2}{S} \quad (2.2)$$

Dimana:

|      |   |                                 |                   |
|------|---|---------------------------------|-------------------|
| $AR$ | = | <i>Aspect Ratio</i>             |                   |
| $b$  | = | Tinggi <i>Span</i> dari Layar   | (m)               |
| $c$  | = | Panjang <i>Chord</i> dari Layar | (m)               |
| $S$  | = | Luasan pada Layar               | (m <sup>2</sup> ) |

### 2.8.2 Menentukan *Front Foil* dan *Rear Foil*

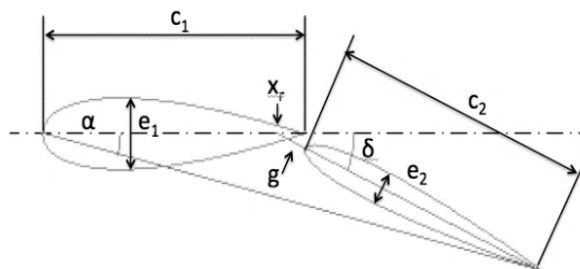
*Front foil* merupakan foil yang berada di bagian depan sedangkan *Rear foil* merupakan foil yang berada dibagian belakang. Perbandingan antara kedua *chord foil* ini dinamakan *Chord ratio*  $C_2/C_1 = 1$ . Ketebalan airfoil dipengaruhi oleh nilai *Reynold number* yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Re = \frac{\rho * vs * l}{\mu} = \frac{vs * l}{\nu} \quad (2.3)$$

Dimana:

|        |   |                             |                      |
|--------|---|-----------------------------|----------------------|
| $Re$   | = | Nilai <i>Reynold number</i> |                      |
| $\rho$ | = | Massa Jenis Fluida          | (kg/m <sup>3</sup> ) |
| $vs$   | = | Kecepatan Fluida            | (m/s)                |
| $l$    | = | Panjang <i>Chord</i>        | (m)                  |
| $\mu$  | = | Viskositas Dinamik Fluida   | (Ns/m <sup>2</sup> ) |
| $\nu$  | = | Viskositas Kinematik Fluida | (m <sup>2</sup> /s)  |

Ketebalan pada *Front foil* yaitu bernilai 25% sedangkan ketebalan pada *Rear foil* yaitu bernilai 12% [14].



Gambar 2. 13 *Wingsail Geometry*

Sumber: Chapin, 2015

## 2. 9 Gaya yang Bekerja pada Wing Sail

Pada saat kapal berlayar dengan menggunakan wing sail terdapat beberapa gaya yang dihasilkan oleh kapal yaitu:

### 2.9.1 Lifting Force

*Lifting force* merupakan gaya angkat yang dihasilkan oleh wingsail pada saat kapal berlayar [15]. Gaya ini akan mempengaruhi kecepatan dari kapal itu sendiri. Semakin besar *Lifting force* yang dihasilkan maka kecepatan kapal akan semakin besar. *Lifting force* dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$L = C_L 0.5 \rho V^2 S \quad (2.4)$$

*Coefficient Lift* ( $C_L$ ) dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$C_L = \frac{L}{0.5 \rho V^2 S} \quad (2.5)$$

Dimana:

|        |                         |                      |
|--------|-------------------------|----------------------|
| $L$    | = Gaya Angkat           | (N)                  |
| $C_L$  | = Koefisien Gaya Angkat |                      |
| $\rho$ | = Massa Jenis Fluida    | (kg/m <sup>3</sup> ) |
| $V$    | = Kecepatan Fluida      | (m/s)                |
| $S$    | = Luasan pada Layar     | (m <sup>2</sup> )    |

### 2.9.2 Drag Force

*Drag force* merupakan gaya hambat yang dihasilkan oleh wingsail pada saat kapal berlayar [15]. Gaya ini akan mempengaruhi kecepatan dari kapal itu sendiri. Semakin besar *drag force* yang dihasilkan maka kecepatan kapal akan semakin kecil. *Drag force* dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$D = C_D 0.5 \rho V^2 S \quad (2.6)$$

*Coefficient Drag* ( $C_D$ ) dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$C_D = \frac{D}{0.5 \rho V^2 S} \quad (2.7)$$

Dimana:

|        |                         |                      |
|--------|-------------------------|----------------------|
| $L$    | = Gaya Angkat           | (N)                  |
| $C_D$  | = Koefisien Gaya Angkat |                      |
| $\rho$ | = Massa Jenis Fluida    | (kg/m <sup>3</sup> ) |
| $V$    | = Kecepatan Fluida      | (m/s)                |
| $S$    | = Luasan pada Layar     | (m <sup>2</sup> )    |

### 2.9.3 Driving Force

*Driving force* merupakan resultan gaya yang dihasilkan oleh wing sail yang bekerja searah dengan arah gerak dari kapal [15]. Gaya ini akan mempengaruhi kecepatan dari kapal itu sendiri. Semakin besar *driving force* yang dihasilkan maka kecepatan kapal akan semakin besar. *Driving force* dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$F_R = L \sin \beta - D \cos \beta \quad (2.8)$$



Atau dalam bentuk koefisien sebagai berikut:

$$C_R = C_L \sin \beta - C_D \cos \beta \quad (2.9)$$

Dimana:

|         |                                    |     |
|---------|------------------------------------|-----|
| $F_R$   | = <i>Driving Force</i>             | (N) |
| $C_R$   | = <i>Coefficient Driving Force</i> |     |
| $L$     | = Gaya Angkat                      | (N) |
| $C_L$   | = Koefisien Gaya Angkat            |     |
| $D$     | = Gaya Hambat                      | (N) |
| $C_D$   | = Koefisien Gaya Hambat            |     |
| $\beta$ | = Sudut Gerak Kapal                |     |

#### 2.9.4 Heeling Force

*Heeling force* merupakan resultan gaya yang dihasilkan oleh wingsail yang tegak lurus terhadap *driving force* [15]. Gaya ini akan mempengaruhi tingkat kemiringan dari kapal itu sendiri. Semakin besar *heeling force* yang dihasilkan maka sudut kemiringan kapal akan semakin besar. *Heeling force* dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$F_H = L \cos \beta + D \sin \beta \quad (2.10)$$

Atau dalam bentuk koefisien sebagai berikut:

$$C_H = C_L \cos \beta + C_D \sin \beta \quad (2.11)$$

Dimana:

|         |                                    |     |
|---------|------------------------------------|-----|
| $F_H$   | = <i>Heeling Force</i>             | (N) |
| $C_H$   | = <i>Coefficient Heeling Force</i> |     |
| $L$     | = Gaya Angkat                      | (N) |
| $C_L$   | = Koefisien Gaya Angkat            |     |
| $D$     | = Gaya Hambat                      | (N) |
| $C_D$   | = Koefisien Gaya Hambat            |     |
| $\beta$ | = Sudut Gerak Kapal                |     |

### 2.10 CFD (*Computational Fluid Dynamics*)

*Computational Fluid Dynamics* (CFD) merupakan sebuah metode komputasi untuk mempelajari dinamika fluida. Sifat properti material, reaksi yang terjadi serta bentuk geometri ruang tempat fluida mengalir akan sangat mempengaruhi dinamika fluida pada saat fluida tersebut berpindah. Metode CFD dapat memberikan informasi dinamika fluida seperti kecepatan fluida, arah alir fluida, tekanan, temperatur serta konsentrasi secara bersamaan. [16]

Hasil analisa dapat ditampilkan dalam bentuk degradasi warna atau kontur. Dibandingkan metode percobaan, metode CFD dapat mengurangi jumlah percobaan yang diperlukan untuk mempelajari interaksi dan pengaruh parameter desain terhadap pola aliran fluida sehingga dapat lebih menghemat biaya dan waktu.

Secara garis besar proses perhitungan CFD terdiri dari 3 bagian yaitu:

### **2.10.1 Pre-Processor**

Merupakan tahapan awal pemrograman yang terdiri dari *input* data dengan pendefinisian *domain*, kondisi batas, *boundary condition*, serta akan dilakukan *meshing data* atau pembagian benda yang akan dianalisa. [17]

### **2.10.2 Processor**

Tahap *processor* merupakan tahap dilakukannya perhitungan data yang *diinput* dengan persamaan yang terlibat secara iteratif. Bahwa perhitungan yang dilakukan secara berulang-ulang hingga hasil memiliki *error* terkecil atau mencapai nilai yang konvergen. Perhitungan dilakukan secara menyeluruh terhadap *volume control* dengan proses integrasi persamaan diskrit. [17]

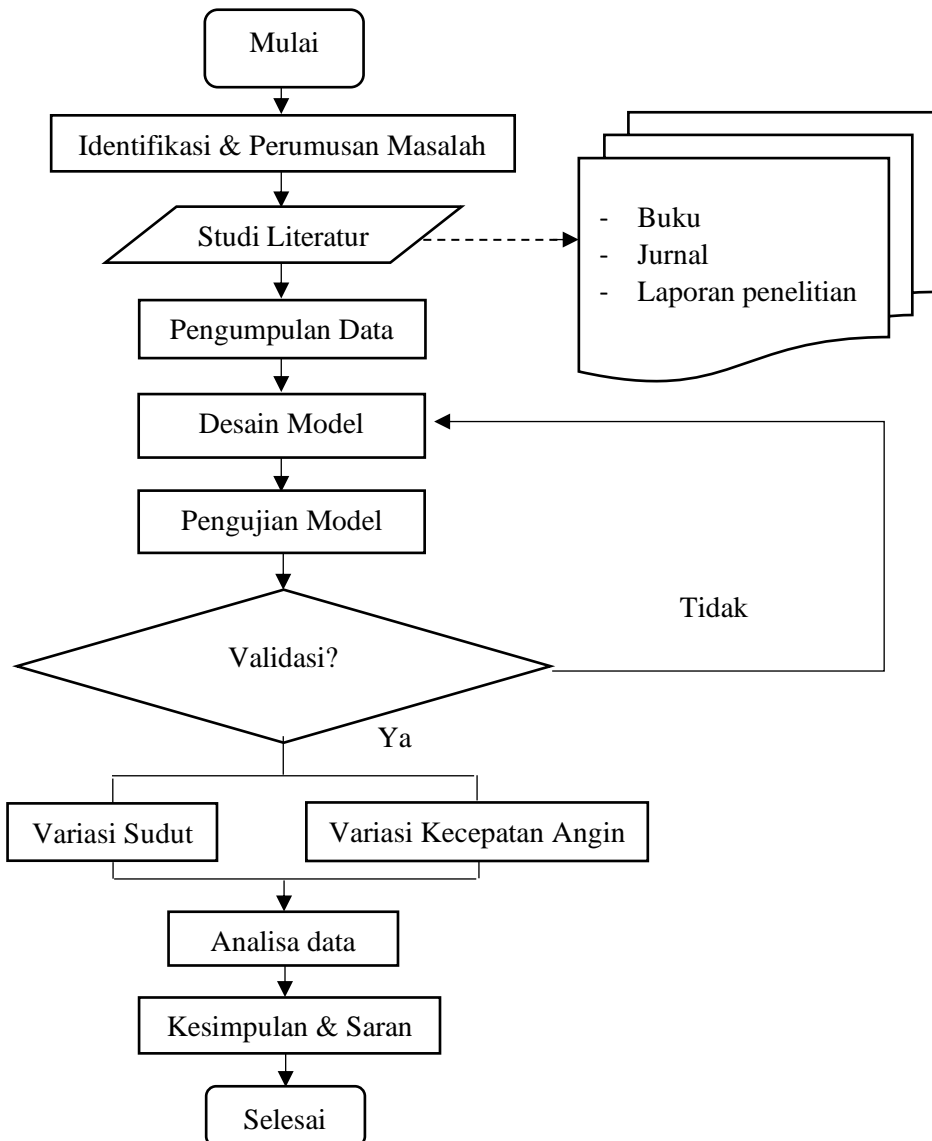
### **2.10.3 Post Processor**

*Post processing* merupakan tahap visualisasi, hasil perhitungan akan diinterpretasikan kedalam gambar, grafik, dan animasi dengan pola tertentu. [17]

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Suatu kerangka penelitian atau metode penelitian sangat diperlukan dalam menyusun penelitian ilmiah ini. Kerangka penelitian harus disusun secara sistematis dan terarah untuk mendapatkan hasil penelitian sesuai dengan rumusan masalah dan tujuan penelitian. Adapun langkah-langkah dalam proses penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.1 adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

### a. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mencari referensi penelitian sebelumnya mengenai layar foil. Referensi tersebut yang berkaitan dengan pengaruh model layar foil serta pengaruh adanya penambahan sirip pada layar foil itu sendiri. Bentuk dari studi literatur dalam tugas akhir ini yaitu buku, jurnal, laporan penelitian serta Internet. Studi literatur bertujuan untuk membantu dalam menyelesaikan rumusan masalah berdasarkan teori atau cara dalam menyelesaikan permasalahan pada penelitian ini.

### b. Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan tahap mengumpulkan data yang dibutuhkan sebagai penunjang dalam tugas akhir ini. Data yang dibutuhkan antara lain data kapal pemanding, data kecepatan angin pada daerah penelitian serta data model airfoil pada penelitian sebelumnya. Adapun ukuran utama dari kapal pemanding yaitu sebagai berikut:

Tabel 3. 1 Data Ukuran Utama Kapal Pemanding

| Data Ukuran Utama Kapal Pemanding |           |
|-----------------------------------|-----------|
| Panjang Kapal (LWL)               | 3.70 m    |
| Lebar Kapal (B)                   | 2.00 m    |
| Sarat Kapal (T)                   | 0.30 m    |
| Koefisien Block (Cb)              | 0.08      |
| Tipe Lambung                      | Catamaran |

Sumber: <https://www.automarinesys.com>

Adapun data kecepatan angin pada daerah penelitian yaitu perairan kepulauan kangean sebagai berikut:

Tabel 3. 2 Data Kecepatan Angin

| Kode | Nama Wilayah Pelayanan             | Cuaca         | Angin            |          | Gelombang (m) |
|------|------------------------------------|---------------|------------------|----------|---------------|
|      |                                    |               | Arah             | Kec.(kt) |               |
| I.01 | Laut Jawa bagian timur             | Cerah Berawan | Timur - Tenggara | 5 - 23   | 1.25 - 2.5    |
| I.02 | Perairan Kepulauan Masalembu       | Cerah Berawan | Timur - Tenggara | 5 - 22   | 1.25 - 2.5    |
| I.03 | Perairan Pulau Bawean              | Cerah Berawan | Timur - Tenggara | 5 - 18   | 0.75 - 2      |
| I.04 | Perairan utara Jawa Timur          | Cerah Berawan | Timur - Tenggara | 5 - 18   | 0.5 - 1.5     |
| I.05 | Perairan Gresik                    | Cerah Berawan | Timur - Tenggara | 5 - 13   | 0.3 - 1.25    |
| I.06 | Selat Madura                       | Cerah Berawan | Timur - Tenggara | 5 - 14   | 0.3 - 1.25    |
| I.07 | Perairan Kepulauan Kangean         | Cerah Berawan | Timur - Tenggara | 5 - 16   | 0.5 - 1.8     |
| I.08 | Perairan Selatan Jawa Timur        | Cerah Berawan | Timur - Tenggara | 8 - 27   | 1.25 - 3      |
| I.09 | Samudera Hindia selatan Jawa Timur | Cerah Berawan | Timur - Tenggara | 9 - 27   | 1.25 - 3      |

Sumber: Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika

### c. Pembuatan Model

Pada tahap ini diawali dengan pembuatan model kemudian model tersebut akan divariasikan dengan tujuan mendapatkan gaya dorong yang optimal. Variasi pada model yaitu berupa penambahan variasi sirip pada sisi-sisi wingsail. Ukuran sirip yaitu 10mm x 10mm dengan radius 5mm. Berikut adalah variasi model yang akan dianalisa:

Tabel 3. 3 Variasi Model

| Wingsail tanpa Sirip  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Sudut                 | 5    |      |      | 10   |      |      | 15   |      |      | 20   |      |      | 60   |      |      | 90   |      |      |
| Kecepatan             | 2.57 | 5.67 | 8.23 | 2.57 | 5.67 | 8.23 | 2.57 | 5.67 | 8.23 | 2.57 | 5.67 | 8.23 | 2.57 | 5.67 | 8.23 | 2.57 | 5.67 | 8.23 |
| Wingsail dengan Sirip |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Sudut                 | 5    |      |      | 10   |      |      | 15   |      |      | 20   |      |      | 60   |      |      | 90   |      |      |
| Kecepatan             | 2.57 | 5.67 | 8.23 | 2.57 | 5.67 | 8.23 | 2.57 | 5.67 | 8.23 | 2.57 | 5.67 | 8.23 | 2.57 | 5.67 | 8.23 | 2.57 | 5.67 | 8.23 |

### d. Simulasi Model

Pada tahap ini dilakukan simulasi dari hasil pembuatan model yang telah dilakukan. Simulasi model yaitu dengan menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics (CFD)* menggunakan *software NUMECA fine Marine*. Sehingga dari hasil simulasi ini akan didapatkan *Coefficient Lift* dan *Coefficient Drag*.

### e. Validasi

Data hasil analisa merupakan data yang masih belum diketahui kebenarannya oleh karena itu dibutuhkan validasi. Dalam proses validasi ini digunakan data pembandingan berupa grafik *Lift coefficient* dari NACA 0018 yang kemudian akan dibandingkan dengan hasil data analisa CFD. Apabila perbedaan *Lift coefficient* tersebut tidak terlalu jauh maka data hasil analisa dengan menggunakan *software* dapat diterima dan dapat dilanjutkan dengan analisa penambahan variasi sirip.

### f. Analisa dan Pembahasan

Hasil running akan menghasilkan data baru dimana data tersebut menjadi acuan yang akan menyelesaikan permasalahan pada tugas akhir ini.

### g. Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini akan ditarik kesimpulan atas seluruh rangkaian pengujian yang telah dilakukan. Kesimpulan pada penelitian ini merupakan jawaban atas rumusan masalah. Selain itu akan diberikan pula saran dengan tujuan untuk pengembangan pada penelitian selanjutnya.

### 3. 2 Jadwal Rencana Kegiatan Penelitian

Tabel 3. 4 Jadwal Rencana Kegiatan Penelitian

| Nama Kegiatan      | Bulan ke |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|--------------------|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|                    | 1        |   |   |   | 2 |   |   |   | 3 |   |   |   | 4 |   |   |   |
|                    | 1        | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Studi Literatur    | ■        | ■ | ■ |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Pengumpulan Data   |          | ■ | ■ | ■ |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Pembuatan Model    |          |   |   |   | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |   |   |   |   |   |   |
| Pengujian Model    |          |   |   |   |   | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Validasi           |          |   |   |   |   | ■ |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Analisa Pembahasan |          |   |   |   |   |   |   |   |   | ■ | ■ | ■ |   |   |   |   |
| Pembuatan Laporan  |          |   |   |   | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |   |   |
| Penyempurnaan      |          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ■ | ■ |   |
| Laporan Selesai    |          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ■ |

## BAB IV ANALISA PEMBAHASAN

### 4.1 Peralatan Survey Kapal

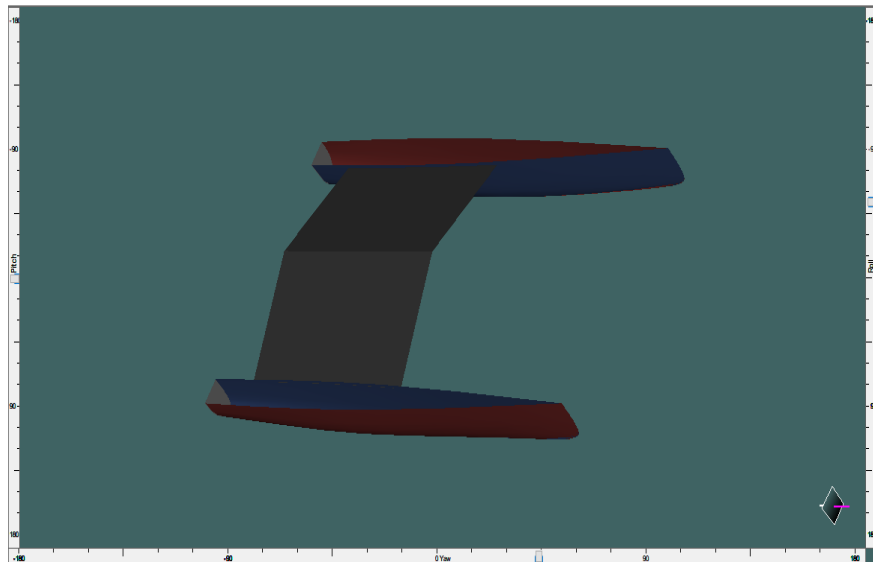
Adapun peralatan *survey* pada kapal tanpa awak pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Peralatan *Survey* Kapal

| Nama Peralatan         | Ukuran (mm) | Spesifikasi  | Kuantitas | Berat (Ton) |
|------------------------|-------------|--------------|-----------|-------------|
| Transducer             | 255x110x60  | 500 kHz      | 1         | 1.5 kg      |
| Electronic Module      | 366x200     | 24 VDC, 50 W | 1         | 12 kg       |
| Solar Panel            | 530x670x30  | 50 W         | 2         | 8.4 kg      |
| Controller Solar Panel | 162x85x40   | 24 V, 10 A   | 1         | 0.25 kg     |
| Battery                | 150x53x110  | 12 V, 5 Ah   | 2         | 6 kg        |

### 4.2 Desain Kapal

Proses pembuatan lambung kapal pada penelitian ini dengan menggunakan *software Maxsurf Modeler Advanced*. Model yang digunakan pada penelitian ini yaitu dengan menggunakan *sample design* yang sudah tersedia didalam *software*. Sehingga didapatkan model sebagai berikut:



Gambar 4. 1 Model Kapal  
*Sumber: Software Maxsurf Modeller*

Tabel 4. 2 Data Model Kapal

| Nama Pengukuran     | Nilai | Unit           |
|---------------------|-------|----------------|
| Displacement        | 0.192 | Ton            |
| Volume Displacement | 0.187 | m <sup>3</sup> |
| WL Length           | 3.70  | m              |
| Beam Maximum        | 2.00  | m              |
| Draft               | 0.30  | m              |
| Block Coefficient   | 0.084 |                |

### 4.3 Tahanan Kapal

Perhitungan tahanan pada penelitian ini dengan menggunakan *software Maxsurf Resistance*. Parameter kecepatan yang digunakan maximum 4 knots dengan metode perhitungan tahanan yaitu metode Holtrop didapatkan data tahanan sebagai berikut:

Tabel 4. 3 Data Tahanan Kapal

| Speed (knots) | Froude Number | Resistance (N) |
|---------------|---------------|----------------|
| 0,500         | 0,043         | 1,73           |
| 1,000         | 0,085         | 6,04           |
| 1,500         | 0,128         | 12,48          |
| 2,000         | 0,171         | 20,77          |
| 2,500         | 0,214         | 30,68          |
| 3,000         | 0,256         | 42,01          |
| 3,500         | 0,299         | 54,64          |
| 4,000         | 0,342         | 68,42          |

### 4.4 Pemilihan Airfoil

#### 4.4.1. Menentukan *Chord* dan *Span*

Pada perancangan ini menggunakan *tandem wingsail*. Total panjang *chord* dari Airfoil yang dirancang tidak boleh lebih dari 2 meter karena lebar kapal pada penelitian ini yaitu sebesar 2 meter maka diambil Panjang *chord* sebesar 0.8 meter pada masing-masing airfoil. Berdasarkan rumus 2.1 maka didapatkan Panjang *span* yaitu sebesar 2.4 meter.

#### 4.4.2. Menentukan Tipe Airfoil

Airfoil yang dirancang harus memiliki *Coefficient Lift* yang sama pada sudut serang positif dan Negatif karena pada saat berlayar diperlukan gerakan kapal yang sama, baik sisi *portside* maupun sisi *starboard*. Hal ini dapat dicapai hanya dengan menggunakan bentuk airfoil simetris.

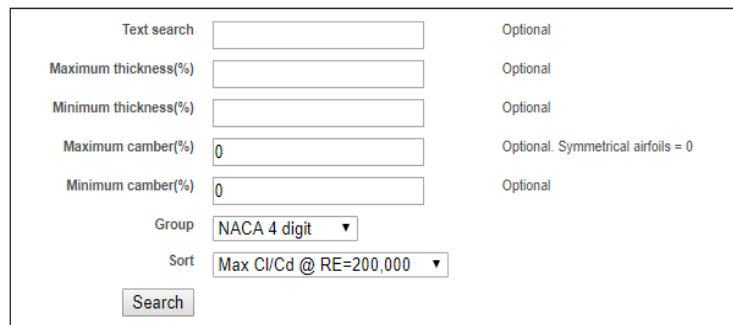


### 4.4.3. Menentukan Jenis Airfoil

Airfoil yang dirancang harus memiliki karakteristik *stall* yang baik karena airfoil yang dirancang dapat berputar  $90^\circ$  yang artinya manuver dari airfoil yang dirancang akan sangat ekstrem. Berdasarkan tabel 2.1 hal ini hanya bisa dicapai oleh NACA 4 Digit.

### 4.4.4. Menentukan Ketebalan Airfoil

Untuk memilih ketebalan pada airfoil pada penelitian ini dengan menggunakan bantuan aplikasi *airfoiltools.com* dimana ada beberapa parameter yang dibutuhkan seperti tipe airfoil, jenis airfoil serta *Reynold number*. Berdasarkan rumus 2.3 didapatkan *Reynold number* sebesar 136.060 dengan kecepatan angin 2.57 m/s pada suhu  $20^\circ\text{C}$ .

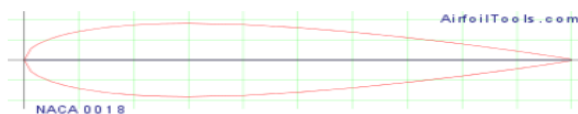


Gambar 4. 2 Parameter Pemilihan Ketebalan Airfoil

Sumber: *Airfoiltools.com*

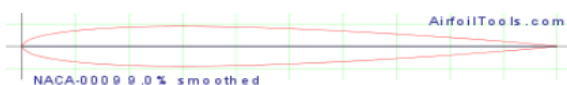
Ada beberapa pilihan hasil pencarian yaitu NACA 0021, NACA 0018, NACA 0015, NACA 0012, NACA 0010, NACA 0009. Maka diambil *Cl/CD* yang terbesar untuk *Front Foil* yaitu NACA 0018, sedangkan untuk *Rear Foil* diambil ketebalan yang lebih kecil berdasarkan gambar 2.13. Maka untuk *Rear Foil* diambil NACA 0009.

(naca0018-il) NACA 0018



NACA 0018 airfoil  
Max thickness 18% at 30% chord  
Max camber 0% at 0% chord  
Max Cl/Cd 50.1 at Re# 200,000  
Source [UIUC Airfoil Coordinates Database](#)

(n0009sm-il) NACA-0009 9.0% smoothed



NACA 0009 airfoil (smoothed)  
Max thickness 9% at 30.9% chord  
Max camber 0% at 0% chord  
Max Cl/Cd 45.6 at Re# 200,000  
Source [UIUC Airfoil Coordinates Database](#)

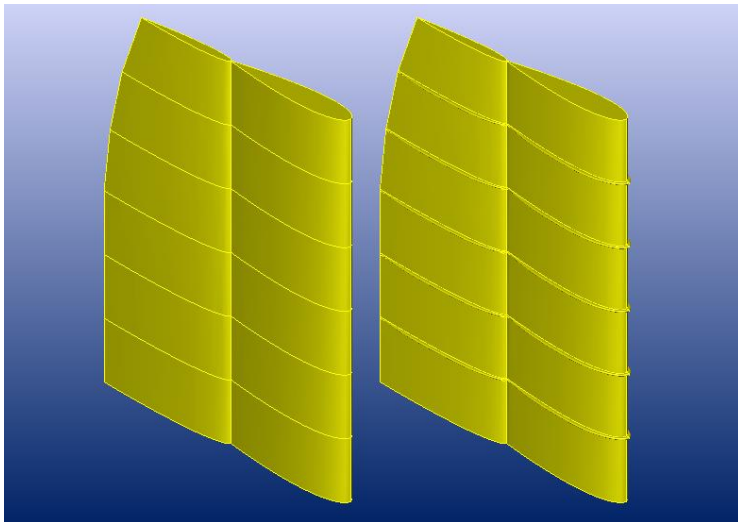
Gambar 4. 3 Hasil Pemilihan Ketebalan Airfoil

Sumber: *Airfoiltools.com*

## 4.5 Tahapan Analisa

### 4.5.1 Pembuatan Model Airfoil

Pada tahap ini akan dibuat model dari airfoil yang akan di simulasikan. Pembuatan model ini dengan menggunakan bantuan *software* CAD 3D. Model ini nantinya akan diimport dalam bentuk file Parasolid (.X\_T) ke dalam *software* *Numeca Fine Marine*. Pada gambar 4.4 dapat dilihat model sebelah kiri yaitu wingsail tanpa sirip dan model sebelah kanan yaitu wingsail dengan sirip.

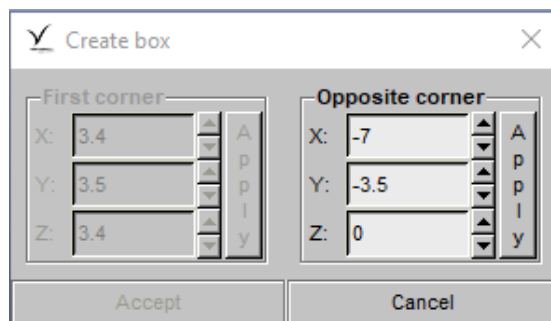


Gambar 4. 4 Model Wingsail

Sumber: *Software Numeca Fine Marine*

### 4.5.2 Pre-Processor

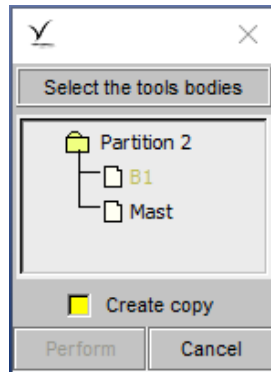
Setelah model diimport ke dalam *software* *Numeca Fine Marine* melalui menu HEXPRESS. Selanjutnya yaitu pembuatan *boundary* dengan cara *create box* pada bagian *CAD Manipulation*. Ukuran *boundary* sesuai dengan standard dari *software* *numeca* berdasarkan model yang diinputkan yaitu seperti gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Pembuatan *Boundary*

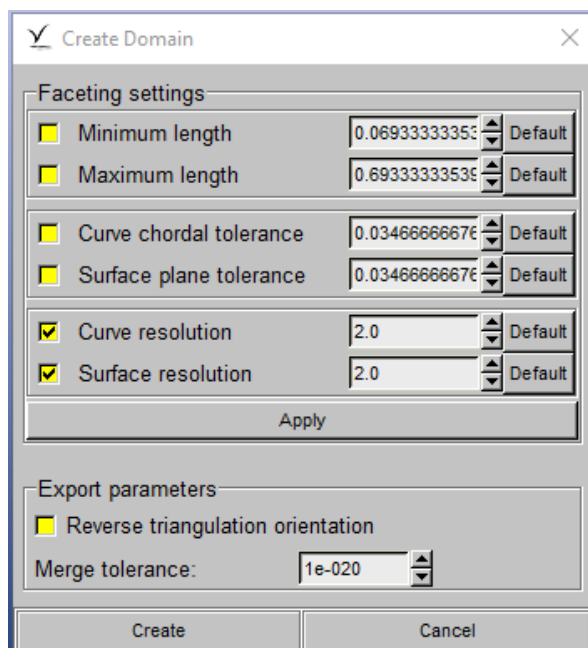
Sumber: *Software Numeca Fine Marine*

Setelah itu dilanjutkan dengan proses *subtract* yang merupakan proses menyatukan model dengan *boundary* dengan cara pilih *subtract* pada bagian *CAD Manipulation*. Pilih model *Boundary* sebagai *target body* dan model airfoil sebagai *tools bodies*.



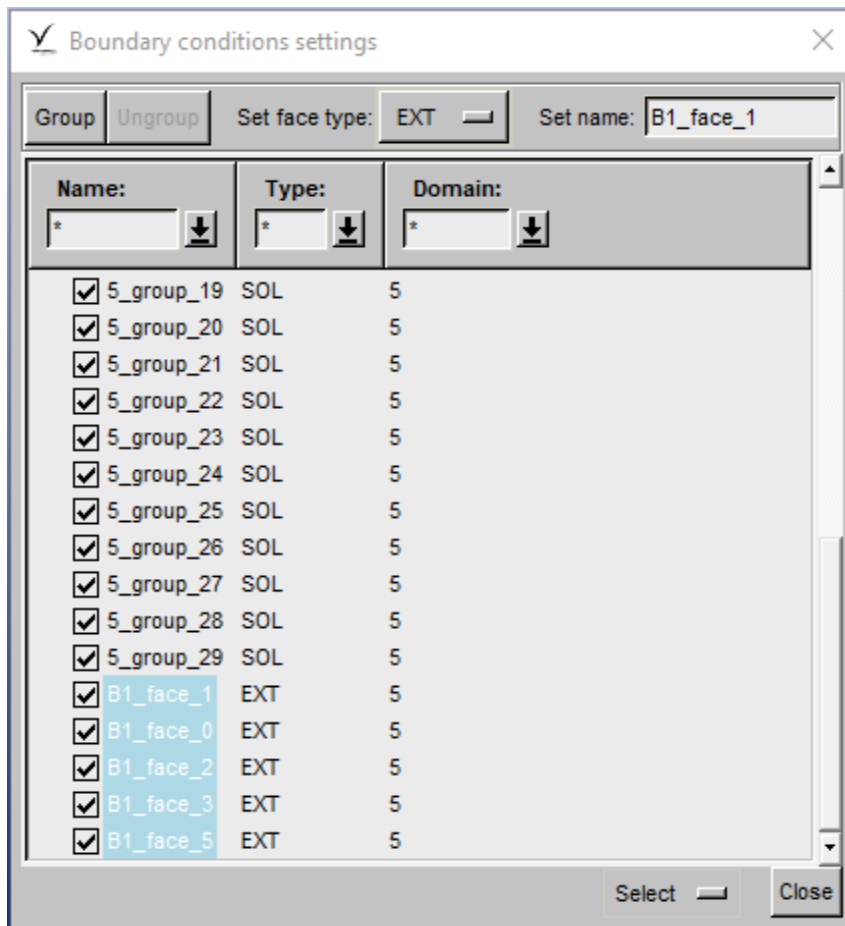
Gambar 4. 6 Proses *Subtract*  
Sumber: Software Numeca Fine Marine

Setelah itu dilanjutkan dengan proses pembuatan *domain*, *domain* merupakan batasan ruang analisa fluida yang akan dilakukan komputerisasi dengan cara pilih *create domain* pada bagian *CAD Manipulation*. Kemudian pilih *create* setelah itu pilih lokasi untuk menyimpan file domain tersebut. Setelah proses selesai, maka akan muncul menu pop-up untuk meng*import* domain yang sudah dibuat.



Gambar 4. 7 Pembuatan Domain  
Sumber: Software Numeca Fine Marine

Setelah itu dilanjutkan dengan proses penentuan *boundary condition* yaitu penentuan *surface* mana saja yang bersifat solid (SOL) dan bagian mana saja yang bersifat external (EXT) dengan cara pilih menu *boundary condition* pada tab menu. Biarkan *surface* dari model airfoil sebagai solid. Kemudian ganti *surface* dari model *boundary* bagian atas, kanan, kiri, depan, belakang menjadi external. Sedangkan bagian bawah dari model *boundary* tetap sebagai solid karena *surface* tersebut diasumsikan sebagai *deck* kapal.

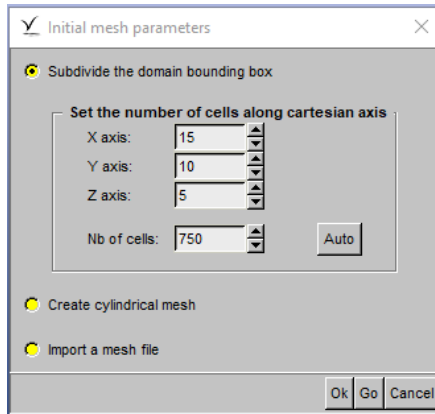


Gambar 4. 8 Penentuan *Boundary Condition*  
 Sumber: *Software Numeca Fine Marine*

Selanjutnya dilakukan proses *meshing*. *Meshing* merupakan proses diskritisasi *domain* fluida yang kontinu menjadi *domain* komputasi yang diskrit sehingga dapat diselesaikan persamaan-persamaan di dalamnya sehingga menghasilkan solusi. Adapun tahapan dari proses *meshing* pada *Numeca Fine Marine* adalah sebagai berikut:

### 1. Initial Mesh

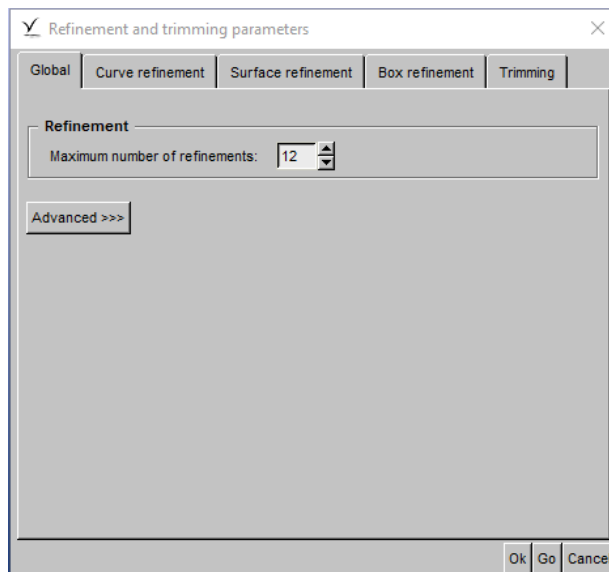
Pada Tahap ini, dilakukan pembagian geometri seluruh *domain*. *Domain* dibagi menjadi *cell* dengan bentuk kotak sesuai dengan domain yang didefinisikan. Pada gambar 4.9 dapat dilihat *dialog box* pada tahap *Initial mesh*.



Gambar 4. 9 *Dialog box* dari *Initial Mesh*  
Sumber: *Software Numeca Fine Marine*

### 2. Adapt to Geometry

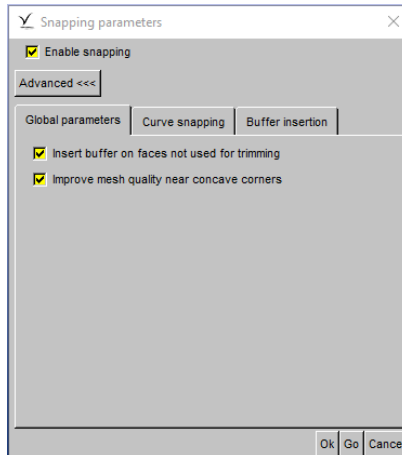
Pada tahap ini, dilakukan langkah *Refinement* terhadap *cell* yang telah terbagi sesuai dengan bentuk geometri. Adapun fungsi dari menu ini untuk proses *trimming* yang menghapus *cell* yang berada diluar geometri. Pada gambar 4.10 dapat dilihat *dialog box* pada tahap *Adapt to geometry*.



Gambar 4. 10 *Dialog box* dari *Adapt to Geometry*  
Sumber: *Software Numeca Fine Marine*

### 3. Snap to Geometry

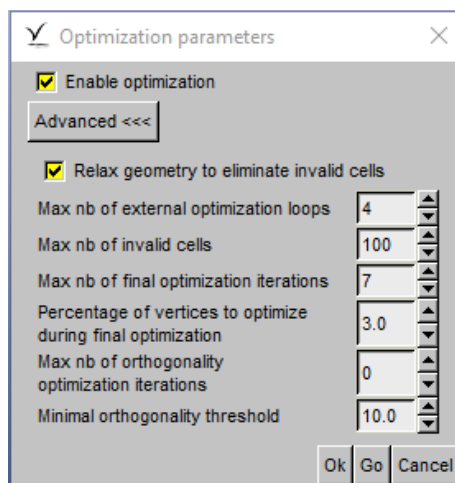
Pada tahap ini, dilakukan langkah memproyeksikan mesh yang didapat dari proses sebelumnya terhadap bentuk geometri sehingga menghasilkan bentuk geometri baru yang lebih baik dan lebih halus. Pada gambar 4.11 dapat dilihat *dialog box* pada tahap *Snap to geometry*.



Gambar 4. 11 *Dialog box* dari *Snap to Geometry*  
Sumber: Software Numeca Fine Marine

### 4. Optimize

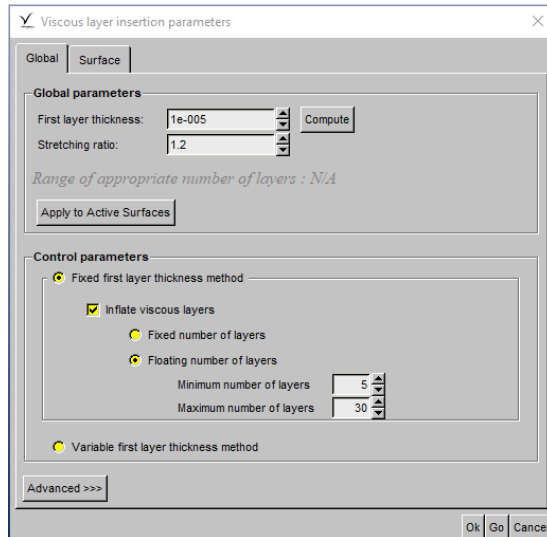
Pada tahap ini, dilakukan optimasi terhadap hasil mesh yang memiliki kualitas dan kondisi buruk seperti *negative cells*, *concave cells*, *twisted cell* dan lain-lain. Kualitas dari mesh dapat diketahui dengan cara mengecek pada menu *mesh quality*. Pada gambar 4.12 dapat dilihat *dialog box* pada tahap *Optimize*.



Gambar 4. 12 *Dialog box* dari *Optimize*  
Sumber: Software Numeca Fine Marine

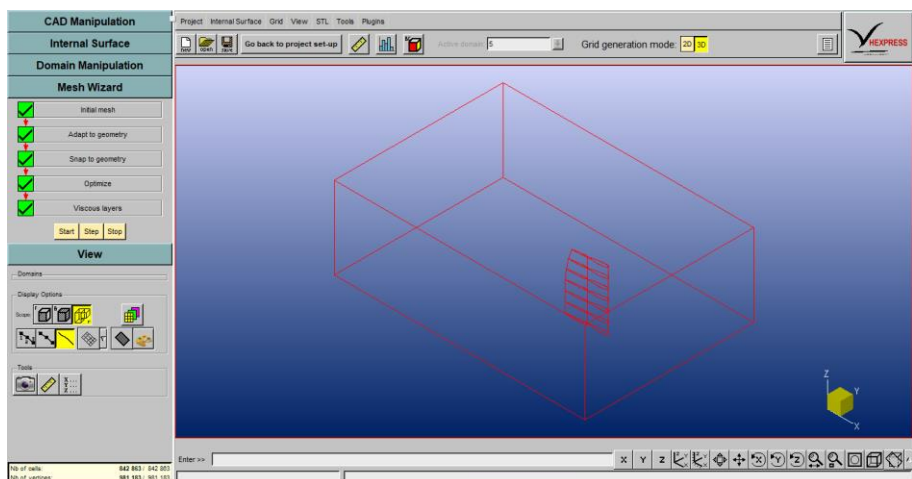
## 5. Viscous Layer

Pada tahap ini, dilakukan pendekatan yang lebih spesifik dalam penyisipan lapisan viskos fluida. Pada gambar 4.13 dapat dilihat *dialog box* pada tahap *Viscous Layer*.



Gambar 4. 13 *Dialog box* dari *Viscous Layer*  
Sumber: Software Numeca Fine Marine

Dari semua tahapan *meshing* tersebut, akan menghasikan jumlah *cell* yang nantinya akan digunakan perhitungan dalam *running* atau *solver*, semakin besar jumlah *cell* maka akan semakin lama waktu *running*. Hasil *meshing* terlihat pada gambar 4.14.



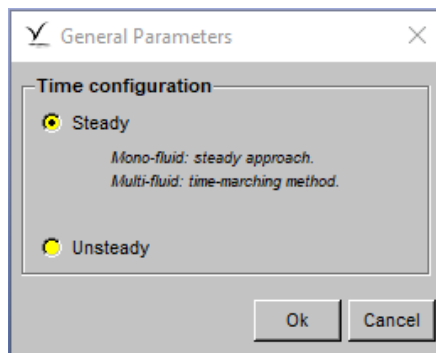
Gambar 4. 14 Hasil *Meshing*  
Sumber: Software Numeca Fine Marine

### 4.5.3 Solver

Setelah dilakukan proses *meshing*, proses selanjutnya yaitu tahapan *solver* atau melakukan pengaturan dari simulasi aliran yang akan diuji. Berikut adalah parameter yang perlu didefinisikan:

#### 1. General Parameter

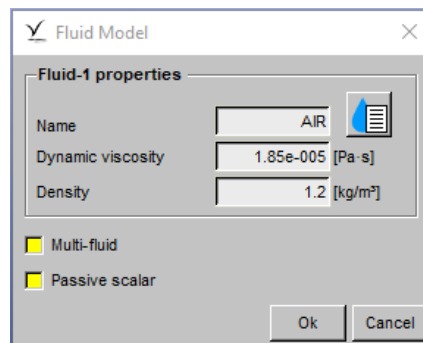
Pada parameter ini untuk mengetahui konfigurasi waktu pada hasil dari simulasi saat *time step* yang telah ditentukan. Terdapat dua pilihan dalam *time configuration* ini yaitu *steady* dan *unsteady*. *Steady* digunakan jika ingin mendapatkan hasil *running* pada saat *time step* yang terakhir. Apabila *Unsteady* digunakan jika ingin mendapatkan hasil *running* pada saat *time step* tertentu. Dalam penelitian ini menggunakan *time configuration steady*. Pada gambar 4.15 dapat dilihat *dialog box* dari *general parameter*.



Gambar 4. 15 *Dialog box* dari *General Parameter*  
Sumber: *Software Numeca Fine Marine*

#### 2. Fluid Model

*Fluid Model* merupakan fungsi dari definisi fluida yang digunakan. Pada tugas akhir ini menggunakan konfigurasi *monofluid* yaitu fluida udara. Pada gambar 4.16 dapat dilihat *dialog box* dari *fluid model*.

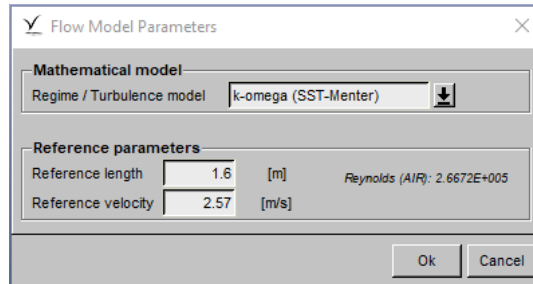


Gambar 4. 16 *Dialog box* dari *Fluid Model*  
Sumber: *Software Numeca Fine Marine*



### 3. Flow Model Parameter

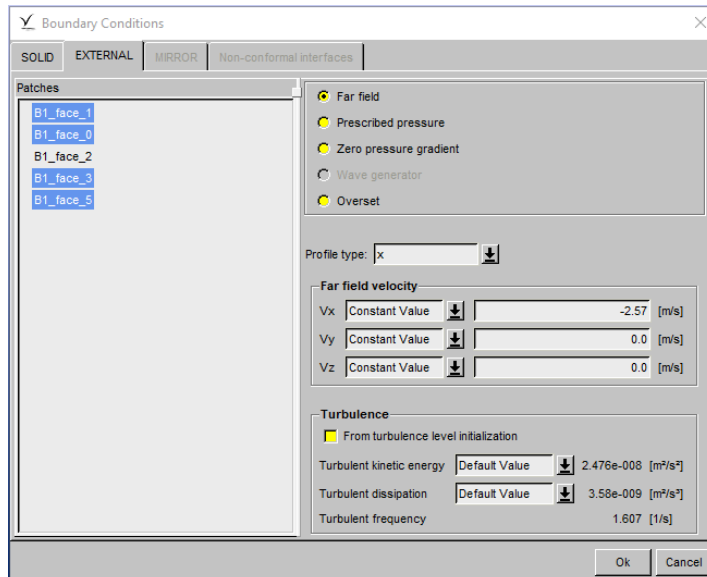
Pada konfigurasi *Flow Model* dilakukan untuk menentukan karakteristik aliran yang digunakan. Pada bagian *Reference parameters* untuk mendefinisikan perhitungan *Reynold number*. Pada gambar 4.17 dapat dilihat *dialog box* dari *flow model parameter*.



Gambar 4. 17 *Dialog box* dari *Flow Model Parameter*  
Sumber: *Software Numeca Fine Marine*

### 4. Boundary Condition

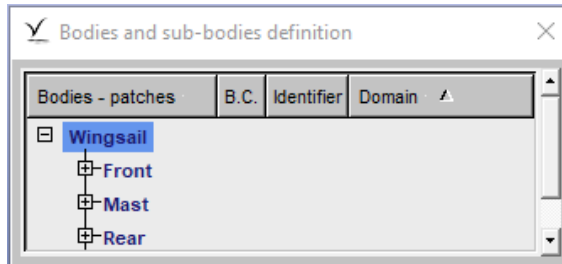
Pada tahap *Boundary Condition* yaitu pendefinisian dari kondisi model yang akan disimulasikan. Konfigurasi yang akan digunakan dalam penelitian tugas akhir ini yaitu dengan mendefinisikan model wingsail sebagai *solid wall-function*, dan pada bagian external dipilih *far field* kemudian diinput kecepatan fluida pada arah -X sementara bagian outlet diganti *prescribe pressure*. Pada gambar 4.18 dapat dilihat *dialog box* dari *boundary condition*.



Gambar 4. 18 *Dialog box* dari *Boundary Condition*  
Sumber: *Software Numeca Fine Marine*

### 5. Body Definition

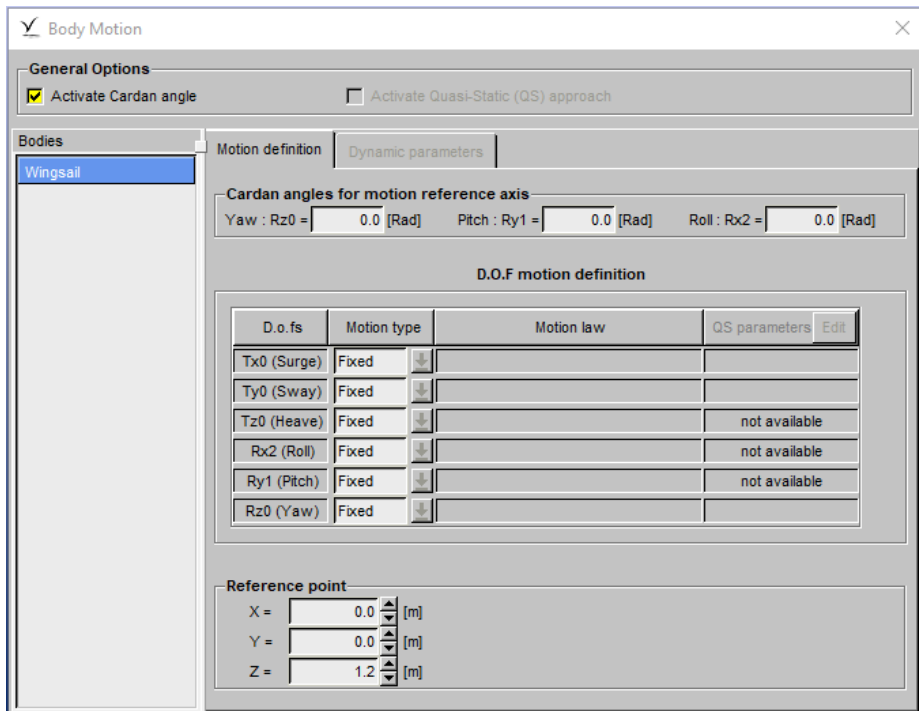
Pada tahap *body definition* bertujuan untuk menentukan bagian dari model. Pada tugas akhir ini model dibagi menjadi 3 *body definition* yaitu *Front*, *Rear* dan *Mast*. Pada gambar 4.19 dapat dilihat *dialog box* dari *body definition*.



Gambar 4. 19 *Dialog box* dari *Body Definition*  
Sumber: *Software Numeca Fine Marine*

### 6. Body Motion

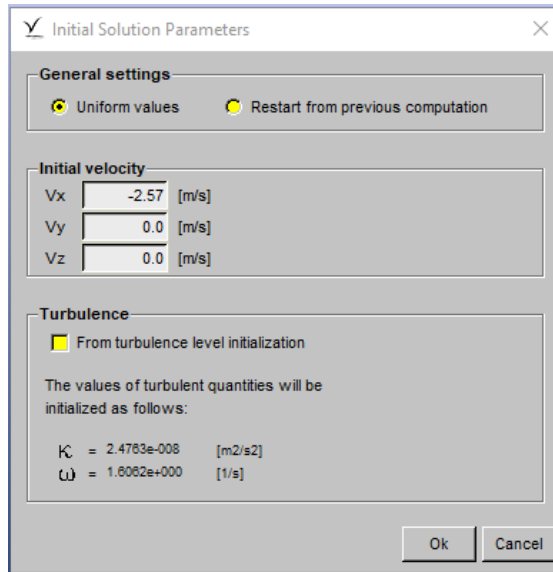
Pada tahap *body motion* merupakan bagian yang menentukan gerak akibat olah gerak badan kapal yang akan dilakukan simulasi. Pada gambar 4.20 dapat dilihat *dialog box* dari *body motion*.



Gambar 4. 20 *Dialog box* dari *Body Motion*  
Sumber: *Software Numeca Fine Marine*

### 7. Initial Solution

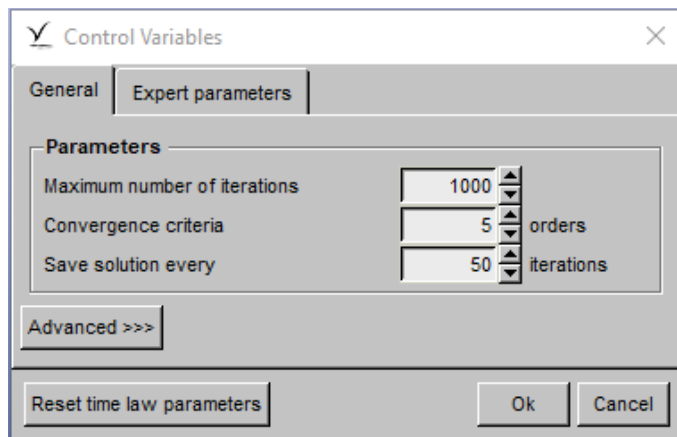
Tahapan *initial solution* merupakan pengaturan yang digunakan untuk menentukan kecepatan awal dalam sebuah *domain* yang akan dilakukan simulasi. Pada gambar 4.21 dapat dilihat *dialog box* dari *initial solution*.



Gambar 4. 21 *Dialog box* dari *Initial Solution*  
Sumber: Software Numeca Fine Marine

### 8. Control Variable

*Control Variable* merupakan pengaturan yang berfungsi untuk menentukan perhitungan jumlah iterasi dan *time step* yaitu periode gerakan kapal yang digunakan. Pada gambar 4.22 dapat dilihat *dialog box* dari *control variable*.



Gambar 4. 22 *Dialog box* dari *Control Variable*  
Sumber: Software Numeca Fine Marine

#### 4.6 Validasi

Tahap ini adalah tahap dimana data yang diperoleh melalui proses simulasi dengan menggunakan *software Numeca Fine Marine* mendekati benar atau dapat diterima. Pada tahap ini dilakukan dengan cara membandingkan *Coefficient Lift* hasil simulasi dengan hasil eksperimen pada sudut  $5^\circ$  dan pada kecepatan 2.57 m/s. Berdasarkan rumus 2.4 didapatkan hasil *Coefficient Lift* dari hasil simulasi sebesar 0.54 sedangkan berdasarkan hasil eksperimen yaitu sebesar 0.61. Selisih kedua *Coefficient Lift* ini yaitu sebesar 11% sehingga data hasil simulasi mendekati benar atau dapat diterima.

#### 4.7 Analisa *Coefficient Lift*

Berdasarkan rumus 2.5 didapatkan *Coefficient Lift* dari hasil simulasi seperti pada tabel berikut:

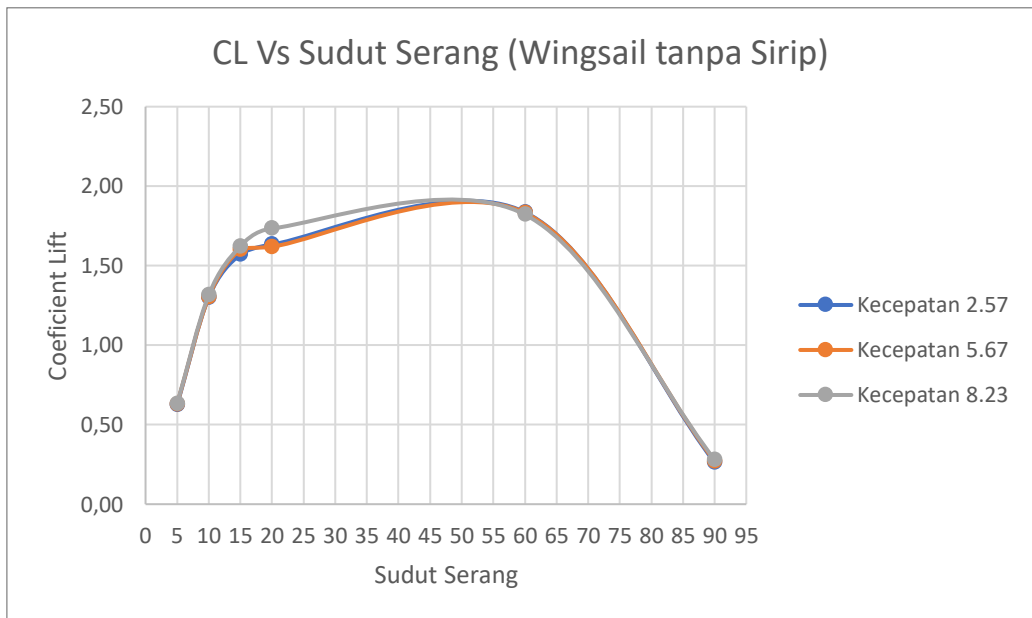
Tabel 4. 4 Tabel *Coefficient Lift* pada Wingsail tanpa Sirip

| Kecepatan | Sudut Serang | Force Front (N) | Force Rear (N) | CL Total |
|-----------|--------------|-----------------|----------------|----------|
| 2.57      | 5            | 4.14            | 0.61           | 0.62     |
|           | 10           | 8.29            | 1.61           | 1.30     |
|           | 15           | 9.07            | 2.89           | 1.57     |
|           | 20           | 9.01            | 3.42           | 1.63     |
|           | 60           | 8.64            | 5.33           | 1.84     |
|           | 90           | 2.23            | -0.24          | 0.26     |
| 5.67      | 5            | 20.27           | 3.07           | 0.63     |
|           | 10           | 41.02           | 7.21           | 1.30     |
|           | 15           | 45.51           | 13.78          | 1.60     |
|           | 20           | 43.75           | 16.23          | 1.62     |
|           | 60           | 42.17           | 25.69          | 1.83     |
|           | 90           | 11.22           | -1.19          | 0.27     |
| 8.23      | 5            | 42.83           | 6.58           | 0.63     |
|           | 10           | 86.79           | 15.89          | 1.32     |
|           | 15           | 97.42           | 29.15          | 1.62     |
|           | 20           | 96.13           | 39.17          | 1.73     |
|           | 60           | 88.69           | 53.43          | 1.82     |
|           | 90           | 24.23           | -2.43          | 0.28     |

Tabel 4. 5 Tabel *Coefficient Lift* pada Wingsail dengan Sirip

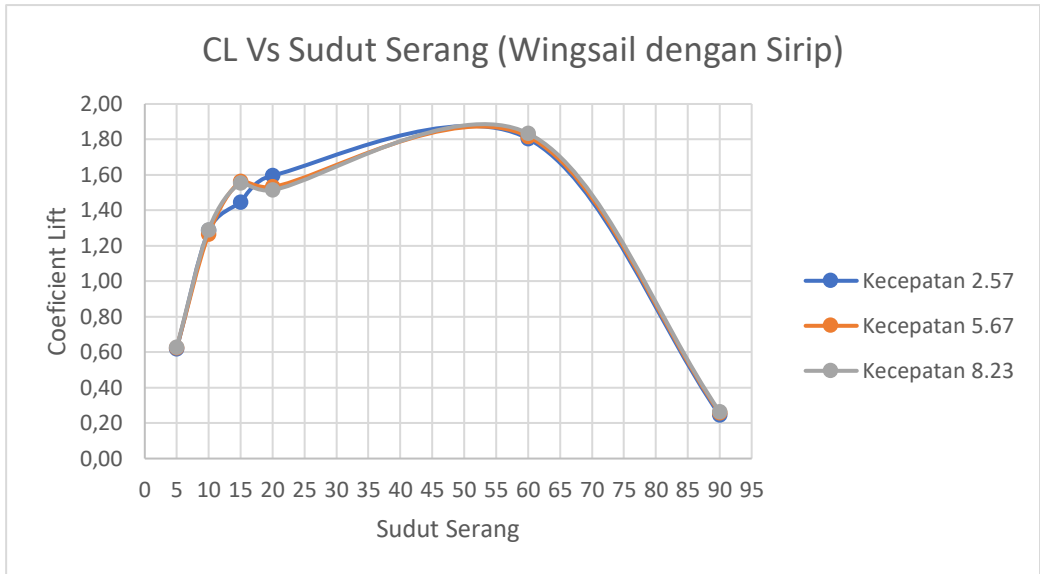
| Kecepatan | Sudut Serang | Force Front (N) | Force Rear (N) | CL Total |
|-----------|--------------|-----------------|----------------|----------|
| 2.57      | 5            | 4.12            | 0.58           | 0.62     |
|           | 10           | 8.29            | 1.49           | 1.29     |
|           | 15           | 8.51            | 2.50           | 1.45     |
|           | 20           | 8.72            | 3.43           | 1.60     |
|           | 60           | 8.60            | 5.13           | 1.80     |
|           | 90           | 2.07            | -0.21          | 0.24     |

| Kecepatan | Sudut Serang | Force Front (N) | Force Rear (N) | CL Total |
|-----------|--------------|-----------------|----------------|----------|
| 5.67      | 5            | 20.20           | 2.90           | 0.62     |
|           | 10           | 40.75           | 6.13           | 1.27     |
|           | 15           | 43.39           | 14.51          | 1.56     |
|           | 20           | 41.58           | 15.16          | 1.53     |
|           | 60           | 42.02           | 25.26          | 1.82     |
|           | 90           | 10.48           | -0.97          | 0.26     |
| 8.23      | 5            | 42.70           | 6.21           | 0.63     |
|           | 10           | 86.76           | 14.00          | 1.29     |
|           | 15           | 93.33           | 27.86          | 1.55     |
|           | 20           | 87.77           | 30.37          | 1.51     |
|           | 60           | 89.56           | 53.56          | 1.83     |
|           | 90           | 22.55           | -1.96          | 0.26     |



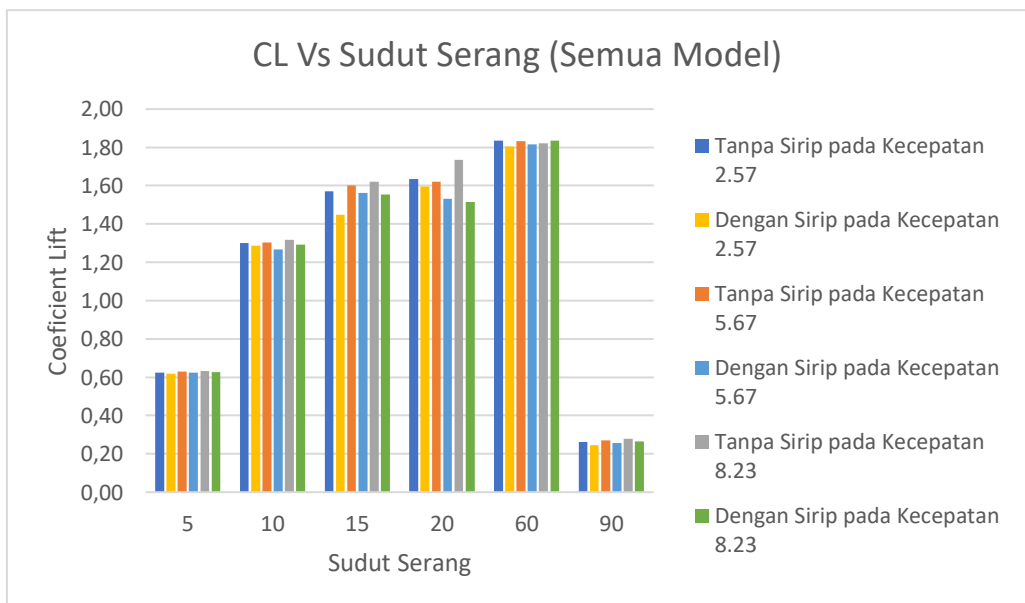
Gambar 4. 23 Grafik *Coefficient Lift* vs Sudut Serang pada Wingsail tanpa Sirip

Berdasarkan grafik 4.23 dapat dilihat bahwa *Coefficient Lift* bersifat fluktuatif. Dari sudut serang 5° sampai sudut serang 60° *Coefficient Lift* cenderung meningkat sedangkan pada sudut serang 90° *Coefficient Lift* menurun drastis. *Coefficient Lift* setiap kecepatan rata-rata hampir sama hanya saja pada sudut serang 20° pada kecepatan 8.23 m/s yang mempunyai *Coefficient Lift* yang lebih tinggi daripada kecepatan 2.57 m/s dan 5.67 m/s.



Gambar 4. 24 Grafik *Coefficient Lift* vs Sudut Serang pada Wingsail dengan Sirip

Berdasarkan grafik 4.24 dapat dilihat bahwa *Coefficient Lift* bersifat fluktuatif. Dari sudut serang 5° sampai sudut serang 15° *Coefficient Lift* cenderung meningkat sedangkan pada sudut serang 20° *Coefficient Lift* cenderung menurun. *Coefficient Lift* setiap kecepatan rata hampir sama hanya saja pada sudut serang 20° pada kecepatan 2.57 m/s *Coefficient Lift* meningkat sedangkan pada kecepatan 5.67 m/s dan 8.23 m/s nilainya menurun.



Gambar 4. 25 Grafik *Coefficient Lift* vs Sudut Serang pada Semua Model

Berdasarkan grafik 4.25 dapat dilihat bahwa *Coefficient Lift* bersifat fluktuatif. Pada sudut serang 5° sampai 15° *Coefficient Lift* cenderung meningkat sedangkan pada sudut serang 20° sampai 90° *Coefficient Lift* cenderung menurun. *Coefficient Lift* pada wingsail tanpa sirip mempunyai nilai rata-rata lebih tinggi daripada wingsail dengan sirip. Namun pada sudut serang 60° dan pada kecepatan 8.23 m/s nilai *Coefficient Lift* dari wingsail dengan sirip lebih tinggi daripada wingsail tanpa sirip.

#### 4.8 Analisa *Coefficient Drag*

Berdasarkan rumus 2.7 didapatkan *Coefficient Drag* dari hasil simulasi seperti pada tabel berikut:

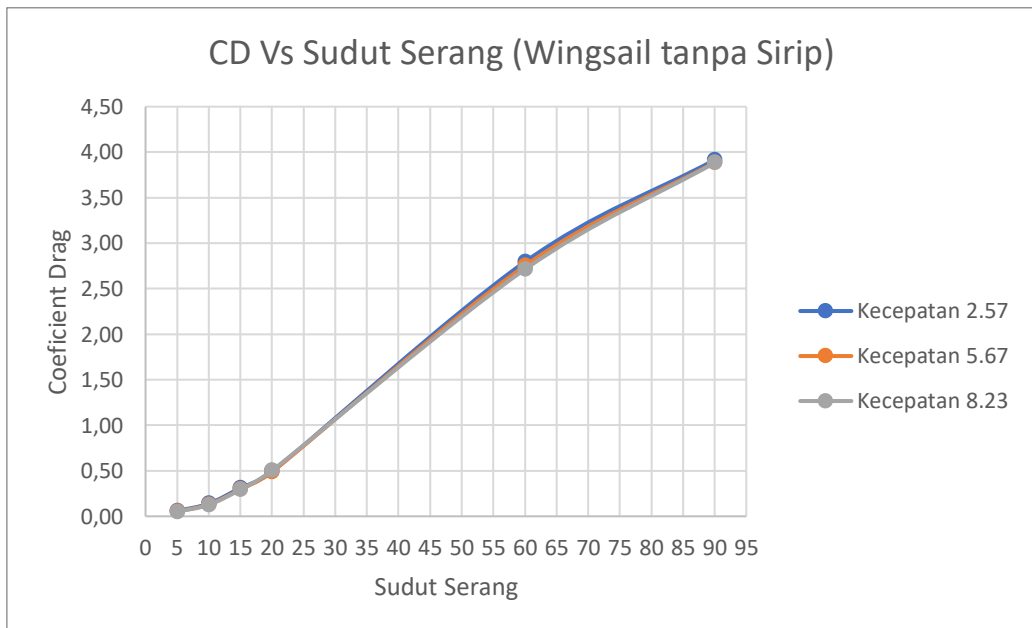
Tabel 4. 6 Tabel *Coefficient Drag* pada Wingsail tanpa Sirip

| Kecepatan | Sudut Serang | Drag Front (N) | Drag Rear (N) | CD Total |
|-----------|--------------|----------------|---------------|----------|
| 2.57      | 5            | 0.21           | 0.24          | 0.06     |
|           | 10           | 0.64           | 0.42          | 0.14     |
|           | 15           | 1.42           | 0.95          | 0.31     |
|           | 20           | 2.26           | 1.47          | 0.49     |
|           | 60           | 11.29          | 9.98          | 2.80     |
|           | 90           | 13.02          | 16.77         | 3.92     |
| 5.67      | 5            | 0.80           | 1.14          | 0.05     |
|           | 10           | 2.80           | 2.01          | 0.13     |
|           | 15           | 6.52           | 4.50          | 0.30     |
|           | 20           | 10.30          | 7.80          | 0.49     |
|           | 60           | 53.88          | 48.03         | 2.75     |
|           | 90           | 63.29          | 80.70         | 3.89     |
| 8.23      | 5            | 1.51           | 2.40          | 0.05     |
|           | 10           | 5.53           | 4.31          | 0.13     |
|           | 15           | 13.54          | 9.45          | 0.29     |
|           | 20           | 22.78          | 16.47         | 0.50     |
|           | 60           | 111.92         | 99.77         | 2.71     |
|           | 90           | 134.22         | 168.81        | 3.88     |

Tabel 4. 7 Tabel *Coefficient Drag* pada Wingsail dengan Sirip

| Kecepatan | Sudut Serang | Drag Front (N) | Drag Rear (N) | CD Total |
|-----------|--------------|----------------|---------------|----------|
| 2.57      | 5            | 0.23           | 0.23          | 0.06     |
|           | 10           | 0.80           | 0.39          | 0.16     |
|           | 15           | 1.55           | 0.86          | 0.32     |
|           | 20           | 2.57           | 1.50          | 0.53     |
|           | 60           | 11.28          | 9.64          | 2.75     |
|           | 90           | 13.49          | 16.24         | 3.91     |

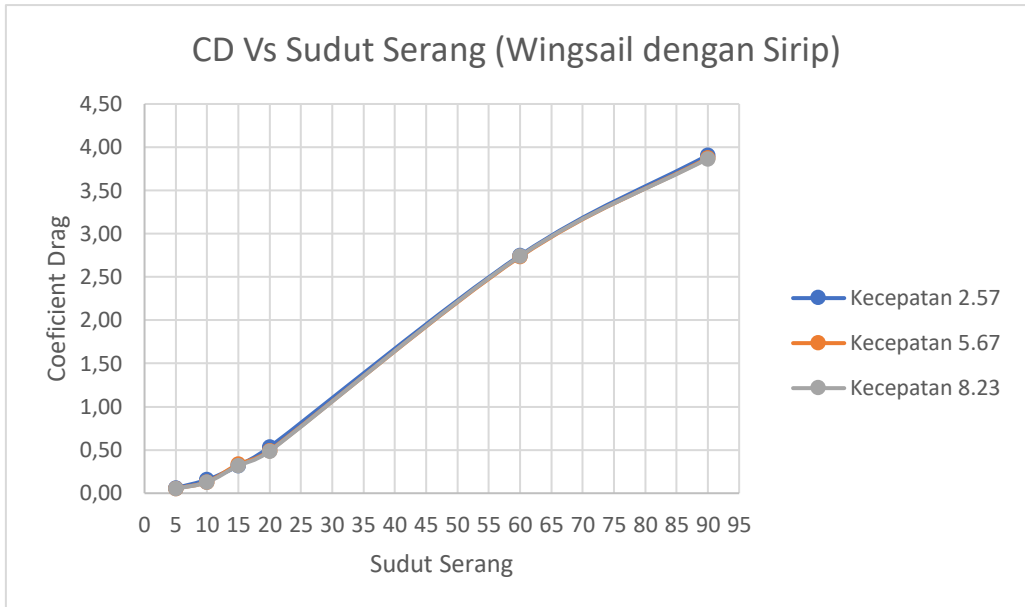
| Kecepatan | Sudut Serang | Drag Front (N) | Drag Rear (N) | CD Total |
|-----------|--------------|----------------|---------------|----------|
| 5.67      | 5            | 0.88           | 1.13          | 0.05     |
|           | 10           | 3.03           | 1.80          | 0.13     |
|           | 15           | 7.86           | 4.66          | 0.34     |
|           | 20           | 11.53          | 6.76          | 0.49     |
|           | 60           | 53.88          | 47.36         | 2.73     |
|           | 90           | 66.00          | 77.52         | 3.88     |
| 8.23      | 5            | 1.68           | 2.38          | 0.05     |
|           | 10           | 5.99           | 3.98          | 0.13     |
|           | 15           | 15.84          | 9.19          | 0.32     |
|           | 20           | 24.39          | 13.64         | 0.49     |
|           | 60           | 113.53         | 100.28        | 2.74     |
|           | 90           | 138.96         | 162.80        | 3.87     |



Gambar 4. 26 Grafik *Coefficient Drag* vs Sudut Serang pada Wingsail tanpa Sirip

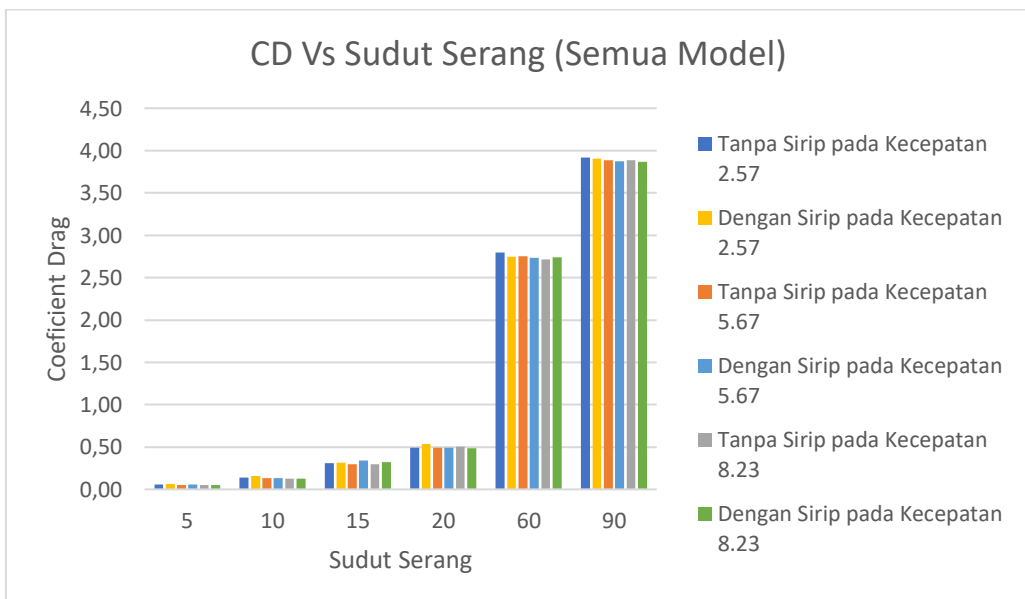
Berdasarkan grafik 4.26 dapat dilihat bahwa *Coefficient Drag* bersifat linier. Dari sudut serang 5° sampai sudut serang 90° *Coefficient Drag* terus meningkat. *Coefficient Drag* tertinggi yaitu pada sudut serang 90° pada kecepatan 2.57 m/s dengan nilai 3.92. Sedangkan *Coefficient Drag* terendah yaitu pada sudut serang 5° pada kecepatan 5.67 m/s dengan nilai 0.05.





Gambar 4. 27 Grafik *Coefficient Drag* vs Sudut Serang pada Wingsail tanpa Sirip

Berdasarkan grafik 4.27 dapat dilihat bahwa *Coefficient Drag* bersifat linier. Dari sudut serang 5° sampai sudut serang 90° *Coefficient Drag* terus meningkat. *Coefficient Drag* tertinggi yaitu pada sudut serang 90° pada kecepatan 2.57 m/s dengan nilai 3.91. Sedangkan *Coefficient Drag* terendah yaitu pada sudut serang 5° pada kecepatan 5.67 m/s dengan nilai 0.05.



Gambar 4. 28 Grafik *Coefficient Drag* vs Sudut Serang pada Semua Model

Berdasarkan grafik 4.28 dapat dilihat bahwa *Coefficient Drag* bersifat linier. Dari sudut serang  $5^\circ$  sampai sudut serang  $90^\circ$  *Coefficient Drag* terus meningkat pada setiap kecepatan. *Coefficient Drag* pada wingsail tanpa sirip cenderung lebih rendah daripada wingsail dengan sirip. Namun pada sudut serang  $60^\circ$  dan  $90^\circ$  pada kecepatan 2.57 m/s dan kecepatan 5.67 m/s serta pada sudut serang  $20^\circ$  dan  $90^\circ$  pada kecepatan 8.23 m/s *Coefficient Drag* dari wingsail tanpa sirip nilainya lebih tinggi daripada wingsail dengan sirip.

#### 4.9 Analisa *Coefficient Driving*

Berdasarkan rumus 2.9 didapatkan *Coefficient Driving* dari hasil simulasi seperti pada tabel berikut:

Tabel 4. 8 Tabel *Coefficient Driving Maximum* pada Kecepatan 2.57 Semua Model

| $\beta$ | Wingsail tanpa Sirip |          |        | Wingsail dengan Sirip |          |        |
|---------|----------------------|----------|--------|-----------------------|----------|--------|
|         | CR MAX               | $\alpha$ | CH     | CR MAX                | $\alpha$ | CH     |
| 5       | -0.0045              | 5        | 0.6271 | -0.0064               | 5        | 0.6206 |
| 10      | 0.0888               | 10       | 1.3055 | 0.0693                | 10       | 1.2930 |
| 15      | 0.2023               | 10       | 1.2928 | 0.1817                | 10       | 1.2820 |
| 20      | 0.3143               | 10       | 1.2703 | 0.2928                | 10       | 1.2613 |
| 25      | 0.4238               | 10       | 1.2380 | 0.4017                | 10       | 1.2309 |
| 30      | 0.5302               | 10       | 1.1963 | 0.5075                | 10       | 1.1912 |
| 40      | 0.7722               | 15       | 1.4041 | 0.7067                | 10       | 1.0850 |
| 50      | 1.0043               | 15       | 1.2486 | 0.9053                | 15       | 1.1724 |
| 60      | 1.2060               | 15       | 1.0552 | 1.1160                | 20       | 1.2612 |
| 70      | 1.3709               | 15       | 0.8296 | 1.3181                | 20       | 1.0481 |
| 90      | 1.8378               | 60       | 2.7943 | 1.8062                | 60       | 2.7483 |
| 95      | 2.0710               | 60       | 2.6249 | 2.0356                | 60       | 2.5818 |
| 100     | 2.2920               | 60       | 2.4343 | 2.2530                | 60       | 2.3945 |
| 105     | 2.4955               | 60       | 2.2252 | 2.4531                | 60       | 2.1889 |
| 110     | 2.6800               | 60       | 1.9991 | 2.6347                | 60       | 1.9667 |
| 115     | 2.8441               | 60       | 1.7578 | 2.7961                | 60       | 1.7295 |
| 120     | 2.9865               | 60       | 1.5032 | 2.9362                | 60       | 1.4791 |
| 130     | 3.2023               | 60       | 0.9615 | 3.1485                | 60       | 0.9465 |
| 140     | 3.3206               | 60       | 0.3906 | 3.2651                | 60       | 0.3852 |
| 150     | 3.5209               | 90       | 1.7318 | 3.5055                | 90       | 1.7426 |
| 160     | 3.7682               | 90       | 1.0938 | 3.7550                | 90       | 1.1071 |
| 180     | 3.9150               | 90       | 0.2615 | 3.9071                | 90       | 0.2445 |

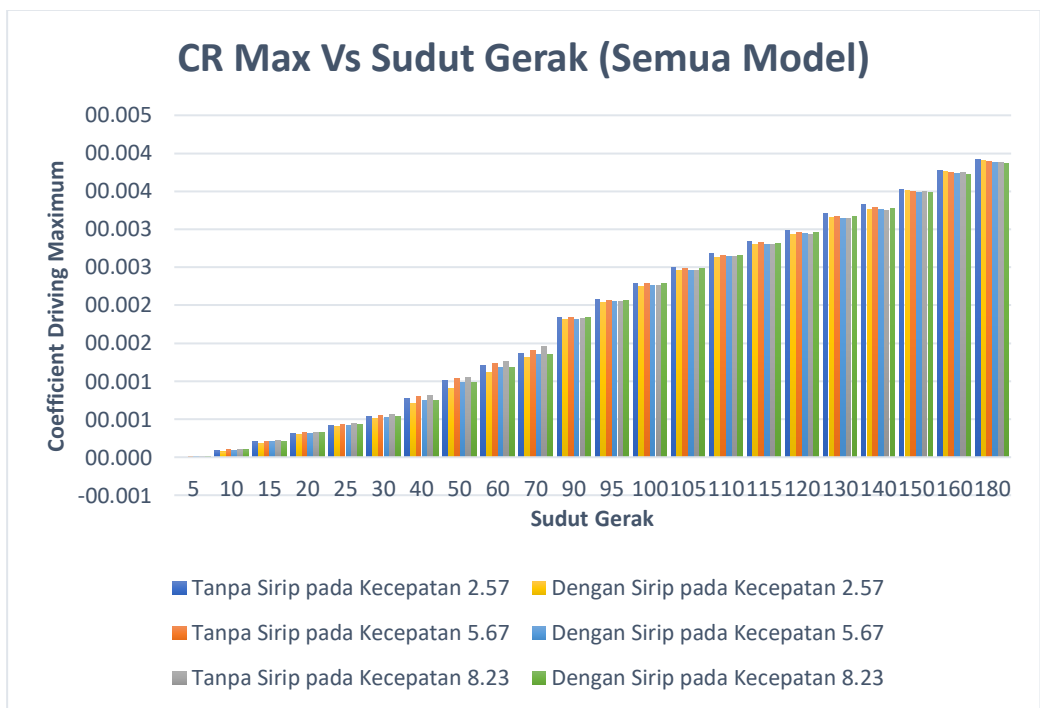
Tabel 4. 9 Tabel *Coefficient Driving Maximum* pada Kecepatan 5.67 Semua Model

| $\beta$ | Wingsail tanpa Sirip |          |        | Wingsail dengan Sirip |          |        |
|---------|----------------------|----------|--------|-----------------------|----------|--------|
|         | CR MAX               | $\alpha$ | CH     | CR MAX                | $\alpha$ | CH     |
| 5       | 0.0028               | 5        | 0.6324 | 0.0003                | 5        | 0.6261 |
| 10      | 0.0983               | 10       | 1.3050 | 0.0915                | 10       | 1.2692 |
| 15      | 0.2117               | 10       | 1.2915 | 0.2018                | 10       | 1.2564 |
| 20      | 0.3235               | 10       | 1.2681 | 0.3106                | 10       | 1.2340 |
| 25      | 0.4329               | 10       | 1.2351 | 0.4170                | 10       | 1.2023 |
| 30      | 0.5431               | 15       | 1.5351 | 0.5202                | 10       | 1.1613 |
| 40      | 0.8015               | 15       | 1.4174 | 0.7463                | 15       | 1.4147 |
| 50      | 1.0355               | 15       | 1.2566 | 0.9808                | 15       | 1.2635 |
| 60      | 1.2381               | 15       | 1.0576 | 1.1853                | 15       | 1.0739 |
| 70      | 1.4030               | 15       | 0.8265 | 1.3539                | 15       | 0.8517 |
| 90      | 1.8340               | 60       | 2.7505 | 1.8184                | 60       | 2.7324 |
| 95      | 2.0635               | 60       | 2.5816 | 2.0463                | 60       | 2.5649 |
| 100     | 2.2807               | 60       | 2.3918 | 2.2622                | 60       | 2.3767 |
| 105     | 2.4806               | 60       | 2.1839 | 2.4608                | 60       | 2.1705 |
| 110     | 2.6616               | 60       | 1.9593 | 2.6407                | 60       | 1.9476 |
| 115     | 2.8223               | 60       | 1.7197 | 2.8004                | 60       | 1.7100 |
| 120     | 2.9615               | 60       | 1.4671 | 2.9389                | 60       | 1.4593 |
| 130     | 3.1713               | 60       | 0.9304 | 3.1477                | 60       | 0.9266 |
| 140     | 3.2847               | 60       | 0.3653 | 3.2608                | 60       | 0.3657 |
| 150     | 3.5019               | 90       | 1.7101 | 3.4839                | 90       | 1.7159 |
| 160     | 3.7457               | 90       | 1.0757 | 3.7290                | 90       | 1.0846 |
| 180     | 3.8877               | 90       | 0.2708 | 3.8750                | 90       | 0.2568 |

Tabel 4. 10 Tabel *Coefficient Driving Maximum* pada Kecepatan 8.23 Semua Model

| $\beta$ | Wingsail tanpa Sirip |          |        | Wingsail dengan Sirip |          |        |
|---------|----------------------|----------|--------|-----------------------|----------|--------|
|         | CR MAX               | $\alpha$ | CH     | CR MAX                | $\alpha$ | CH     |
| 5       | 0.0053               | 90       | 0.2708 | 0.0028                | 5        | 0.6290 |
| 10      | 0.1044               | 5        | 0.6352 | 0.0985                | 10       | 1.2939 |
| 15      | 0.2189               | 10       | 1.3178 | 0.2109                | 10       | 1.2804 |
| 20      | 0.3318               | 10       | 1.3037 | 0.3218                | 10       | 1.2571 |
| 25      | 0.4421               | 10       | 1.2797 | 0.4302                | 10       | 1.2243 |
| 30      | 0.5562               | 10       | 1.2459 | 0.5353                | 10       | 1.1821 |
| 40      | 0.8174               | 15       | 1.5520 | 0.7530                | 15       | 1.3958 |
| 50      | 1.0537               | 15       | 1.4318 | 0.9840                | 15       | 1.2437 |
| 60      | 1.2579               | 15       | 1.2680 | 1.1851                | 15       | 1.0539 |
| 70      | 1.4579               | 15       | 1.0657 | 1.3502                | 15       | 0.8320 |
| 90      | 1.8231               | 20       | 1.0650 | 1.8359                | 60       | 2.7390 |
| 95      | 2.0493               | 60       | 2.7118 | 2.0644                | 60       | 2.5699 |
| 100     | 2.2633               | 60       | 2.5440 | 2.2806                | 60       | 2.3802 |
| 105     | 2.4601               | 60       | 2.3556 | 2.4795                | 60       | 2.1723 |

| $\beta$ | Wingsail tanpa Sirip |          |        | Wingsail dengan Sirip |          |        |
|---------|----------------------|----------|--------|-----------------------|----------|--------|
|         | CR MAX               | $\alpha$ | CH     | CR MAX                | $\alpha$ | CH     |
| 110     | 2.6381               | 60       | 2.1493 | 2.6594                | 60       | 1.9478 |
| 115     | 2.7960               | 60       | 1.9266 | 2.8191                | 60       | 1.7085 |
| 120     | 2.9327               | 60       | 1.6893 | 2.9574                | 60       | 1.4562 |
| 130     | 3.1381               | 60       | 1.4391 | 3.1654                | 60       | 0.9203 |
| 140     | 3.2481               | 60       | 0.9077 | 3.2771                | 60       | 0.3564 |
| 150     | 3.5025               | 60       | 0.3488 | 3.4806                | 90       | 1.7058 |
| 160     | 3.7446               | 90       | 1.7005 | 3.7240                | 90       | 1.0752 |
| 180     | 3.8834               | 90       | 1.0662 | 3.8671                | 90       | 0.2639 |



Gambar 4. 29 Grafik *Coefficient Driving Maximum* vs Sudut Gerak (Semua Model)

Berdasarkan grafik 4.29 dapat dilihat bahwa *Coefficient Driving Maximum* bersifat Linier. Pada sudut gerak 5° sampai 180° *Coefficient Driving Maximum* terus meningkat. *Coefficient Driving Maximum* pada wingsail tanpa sirip mempunyai nilai rata-rata lebih tinggi daripada wingsail dengan sirip. Namun pada sudut serang 60° dan pada sudut gerak kapal 95° sampai dengan 140° kecepatan 8.23 m/s nilai *Coefficient Driving Maximum* dari wingsail dengan sirip lebih tinggi daripada wingsail tanpa sirip.

#### 4.10 Analisa *Coefficient Heeling*

Berdasarkan rumus 2.11 didapatkan *Coefficient Heeling* dari hasil simulasi seperti pada tabel berikut:

Tabel 4. 11 Tabel *Coefficient Heeling Minimum* pada Kecepatan 2.57 Semua Model

| B   | Wingsail tanpa Sirip |          |         | Wingsail dengan Sirip |          |         |
|-----|----------------------|----------|---------|-----------------------|----------|---------|
|     | CH MIN               | $\alpha$ | CR      | CH MIN                | $\alpha$ | CR      |
| 5   | 0.6019               | 90       | -3.8775 | 0.5842                | 90       | -3.8790 |
| 10  | 0.6251               | 5        | 0.0502  | 0.6188                | 5        | 0.0478  |
| 15  | 0.6183               | 5        | 0.1045  | 0.6123                | 5        | 0.1015  |
| 20  | 0.6068               | 5        | 0.1580  | 0.6011                | 5        | 0.1545  |
| 25  | 0.5907               | 5        | 0.2103  | 0.5853                | 5        | 0.2064  |
| 30  | 0.5702               | 5        | 0.2610  | 0.5651                | 5        | 0.2566  |
| 40  | 0.5161               | 5        | 0.3561  | 0.5119                | 5        | 0.3509  |
| 50  | 0.4464               | 5        | 0.4404  | 0.4432                | 5        | 0.4345  |
| 60  | 0.3631               | 5        | 0.5112  | 0.3610                | 5        | 0.5049  |
| 70  | 0.2688               | 5        | 0.5665  | 0.2678                | 5        | 0.5599  |
| 90  | 0.0587               | 5        | 0.6243  | 0.0601                | 5        | 0.6177  |
| 95  | 0.0045               | 5        | 0.6270  | 0.0064                | 5        | 0.6206  |
| 100 | 0.0337               | 15       | 1.6019  | 0.0478                | 5        | 0.6188  |
| 105 | 0.0506               | 20       | 1.7045  | 0.0687                | 15       | 1.4795  |
| 110 | 0.0982               | 20       | 1.7025  | 0.0436                | 20       | 1.6831  |
| 115 | 0.2103               | 5        | 0.5907  | 0.1902                | 20       | 1.6729  |
| 120 | 0.2610               | 5        | 0.5701  | 0.2566                | 5        | 0.5651  |
| 130 | 0.3561               | 5        | 0.5161  | 0.3509                | 5        | 0.5119  |
| 140 | 0.3906               | 60       | 3.3206  | 0.3852                | 60       | 3.2651  |
| 150 | 0.1922               | 60       | 3.3380  | 0.1879                | 60       | 3.2824  |
| 160 | 0.5665               | 5        | 0.2688  | 0.5599                | 5        | 0.2678  |
| 180 | 0.2615               | 90       | 3.9150  | 0.2445                | 90       | 3.9071  |

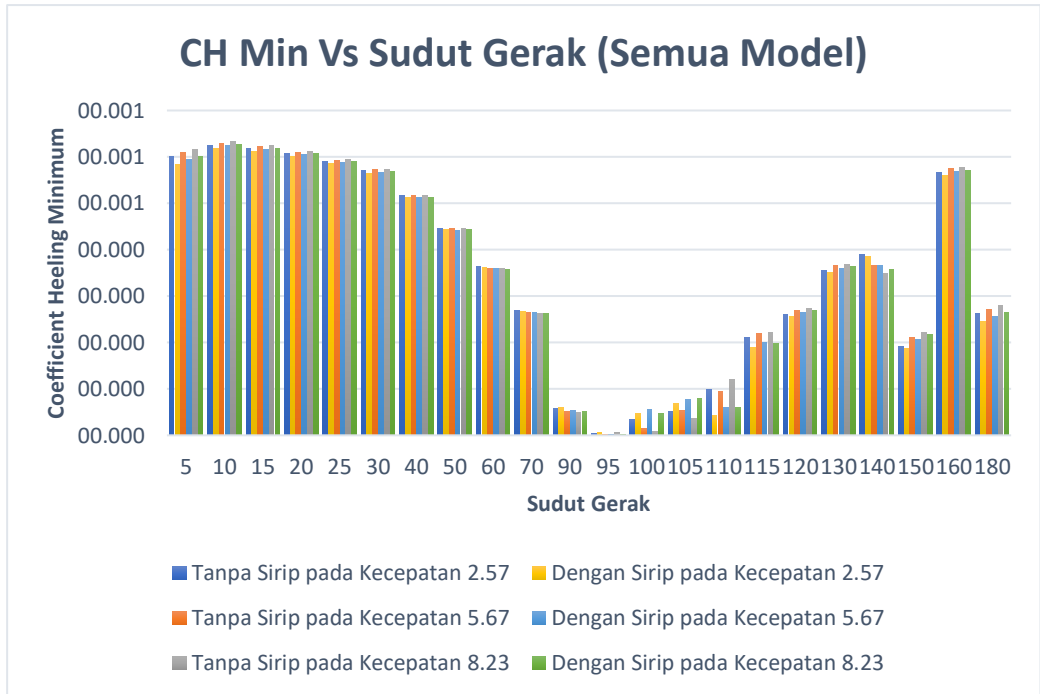
Tabel 4. 12 Tabel *Coefficient Heeling Minimum* pada Kecepatan 5.67 Semua Model

| $\beta$ | Wingsail tanpa Sirip |          |         | Wingsail dengan Sirip |          |         |
|---------|----------------------|----------|---------|-----------------------|----------|---------|
|         | CH MIN               | $\alpha$ | CR      | CH MIN                | $\alpha$ | CR      |
| 5       | 0.6088               | 90       | -3.8495 | 0.5937                | 90       | -3.8381 |
| 10      | 0.6297               | 5        | 0.0579  | 0.6237                | 5        | 0.0549  |
| 15      | 0.6223               | 5        | 0.1126  | 0.6165                | 5        | 0.1091  |
| 20      | 0.6101               | 5        | 0.1664  | 0.6046                | 5        | 0.1624  |
| 25      | 0.5933               | 5        | 0.2190  | 0.5882                | 5        | 0.2145  |
| 30      | 0.5719               | 5        | 0.2699  | 0.5672                | 5        | 0.2650  |
| 40      | 0.5163               | 5        | 0.3651  | 0.5126                | 5        | 0.3595  |
| 50      | 0.4451               | 5        | 0.4493  | 0.4423                | 5        | 0.4431  |
| 60      | 0.3602               | 5        | 0.5197  | 0.3586                | 5        | 0.5132  |
| 70      | 0.2645               | 5        | 0.5744  | 0.2640                | 5        | 0.5677  |
| 90      | 0.0520               | 5        | 0.6302  | 0.0539                | 5        | 0.6238  |

| $\beta$ | Wingsail tanpa Sirip |          |        | Wingsail dengan Sirip |          |        |
|---------|----------------------|----------|--------|-----------------------|----------|--------|
|         | CH MIN               | $\alpha$ | CR     | CH MIN                | $\alpha$ | CR     |
| 95      | 0.0028               | 5        | 0.6323 | 0.0003                | 5        | 0.6260 |
| 100     | 0.0150               | 15       | 1.6281 | 0.0549                | 5        | 0.6236 |
| 105     | 0.0528               | 20       | 1.6905 | 0.0782                | 15       | 1.5974 |
| 110     | 0.0948               | 20       | 1.6887 | 0.0600                | 20       | 1.6083 |
| 115     | 0.2190               | 5        | 0.5932 | 0.2000                | 20       | 1.5969 |
| 120     | 0.2698               | 5        | 0.5719 | 0.2650                | 5        | 0.5672 |
| 130     | 0.3651               | 5        | 0.5163 | 0.3595                | 5        | 0.5126 |
| 140     | 0.3653               | 60       | 3.2847 | 0.3657                | 60       | 3.2608 |
| 150     | 0.2109               | 60       | 3.2982 | 0.2063                | 60       | 3.2747 |
| 160     | 0.5744               | 5        | 0.2645 | 0.5676                | 5        | 0.2640 |
| 180     | 0.2708               | 90       | 3.8877 | 0.2568                | 90       | 3.8750 |

Tabel 4. 13 Tabel *Coefficient Heeling Minimum* pada Kecepatan 8.23 Semua Model

| $\beta$ | Wingsail tanpa Sirip |          |         | Wingsail dengan Sirip |          |         |
|---------|----------------------|----------|---------|-----------------------|----------|---------|
|         | CH MIN               | $\alpha$ | CR      | CH MIN                | $\alpha$ | CR      |
| 5       | 0.6169               | 90       | -3.8444 | 0.6001                | 90       | -3.8296 |
| 10      | 0.6323               | 5        | 0.0607  | 0.6263                | 5        | 0.0576  |
| 15      | 0.6246               | 5        | 0.1156  | 0.6189                | 5        | 0.1120  |
| 20      | 0.6122               | 5        | 0.1696  | 0.6068                | 5        | 0.1656  |
| 25      | 0.5950               | 5        | 0.2223  | 0.5900                | 5        | 0.2179  |
| 30      | 0.5734               | 5        | 0.2733  | 0.5688                | 5        | 0.2685  |
| 40      | 0.5172               | 5        | 0.3688  | 0.5135                | 5        | 0.3632  |
| 50      | 0.4453               | 5        | 0.4530  | 0.4426                | 5        | 0.4469  |
| 60      | 0.3598               | 5        | 0.5235  | 0.3583                | 5        | 0.5170  |
| 70      | 0.2634               | 5        | 0.5780  | 0.2630                | 5        | 0.5714  |
| 90      | 0.0497               | 5        | 0.6333  | 0.0516                | 5        | 0.6269  |
| 95      | 0.0053               | 5        | 0.6352  | 0.0028                | 5        | 0.6289  |
| 100     | 0.0084               | 15       | 1.6484  | 0.0461                | 15       | 1.5851  |
| 105     | 0.0370               | 20       | 1.8048  | 0.0788                | 20       | 1.5883  |
| 110     | 0.1205               | 20       | 1.8011  | 0.0600                | 20       | 1.5892  |
| 115     | 0.2223               | 5        | 0.5950  | 0.1983                | 20       | 1.5779  |
| 120     | 0.2733               | 5        | 0.5734  | 0.2685                | 5        | 0.5688  |
| 130     | 0.3688               | 5        | 0.5172  | 0.3632                | 5        | 0.5135  |
| 140     | 0.3488               | 60       | 3.2481  | 0.3564                | 60       | 3.2771  |
| 150     | 0.2208               | 60       | 3.2593  | 0.2183                | 60       | 3.2892  |
| 160     | 0.5780               | 5        | 0.2634  | 0.5713                | 5        | 0.2630  |
| 180     | 0.2794               | 90       | 3.8834  | 0.2639                | 90       | 3.8671  |



Gambar 4. 30 Grafik *Coefficient Heeling Minimum* vs Sudut Gerak (Semua Model)

Berdasarkan grafik 4.30 dapat dilihat bahwa *Coefficient Heeling Minimum* bersifat fluktuatif. *Coefficient Heeling Minimum* pada wingsail tanpa sirip mempunyai nilai rata-rata lebih tinggi daripada wingsail dengan sirip. Namun pada kecepatan 2.57 m/s pada sudut gerak 90° sampai dengan 105° dan pada kecepatan 5.67 pada sudut gerak 90°, 100°, 105°, 140° serta pada kecepatan 8.23 pada sudut gerak 90°, 100°, 105° *Coefficient Heeling Minimum* pada wingsail dengan sirip lebih tinggi daripada wingsail tanpa sirip.

#### 4.11 Analisa Gaya Dorong Layar

Berdasarkan rumus 2.8 didapatkan *driving force* dari hasil simulasi seperti pada tabel berikut:

Tabel 4. 14 Tabel *Driving Force Maximum* pada Kecepatan 2.57 Wingsail dengan Sirip

| $\beta$ | FR MAX  | $\alpha$ | FH     |
|---------|---------|----------|--------|
| 5       | -0.0485 | 5        | 4.7222 |
| 10      | 0.5270  | 10       | 9.8380 |
| 15      | 1.3828  | 10       | 9.7546 |
| 20      | 2.2281  | 10       | 9.5969 |
| 25      | 3.0563  | 10       | 9.3661 |
| 30      | 3.8613  | 10       | 9.0639 |
| 40      | 5.3772  | 10       | 8.2553 |
| 50      | 6.8882  | 15       | 8.9208 |

| $\beta$ | FR MAX  | $\alpha$ | FH      |
|---------|---------|----------|---------|
| 60      | 8.4913  | 20       | 9.5961  |
| 70      | 10.0292 | 20       | 7.9752  |
| 90      | 13.7432 | 60       | 20.9113 |
| 95      | 15.4886 | 60       | 19.6443 |
| 100     | 17.1424 | 60       | 18.2191 |
| 105     | 18.6656 | 60       | 16.6550 |
| 110     | 20.0467 | 60       | 14.9641 |
| 115     | 21.2751 | 60       | 13.1593 |
| 120     | 22.3414 | 60       | 11.2542 |
| 130     | 23.9568 | 60       | 7.2019  |
| 140     | 24.8436 | 60       | 2.9307  |
| 150     | 26.6731 | 90       | 13.2592 |
| 160     | 28.5709 | 90       | 8.4240  |
| 180     | 29.7288 | 90       | 1.8600  |

Berdasarkan tabel 4.3 dapat dilihat bahwa pada saat kapal bergerak dengan kecepatan 1 knot maka tahanan kapal yang dihasilkan yaitu sebesar 6.04 N. Jika dibandingkan dengan dengan gaya dorong yang dihasilkan oleh wingsail dengan sirip, model ini dapat memberikan dorongan minimal pada saat kapal berlayar  $50^\circ$  dari arah angin dengan sudut serang foil  $15^\circ$  sebesar 6.89 N.



## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan simulasi, analisa dan pembahasan pada semua model yang direncanakan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Perubahan sudut serang pada wingsail dapat mempengaruhi besarnya nilai *Coefficient Lift*, *Coefficient Drag*, *Coefficient Driving* dan *Coefficient Heeling* pada wingsail.
2. Wingsail tanpa sirip rata-rata mempunyai nilai *Coefficient Lift* yang lebih tinggi daripada wingsail dengan sirip, Namun pada sudut serang  $60^\circ$  dan pada kecepatan 8.23 m/s nilai *Coefficient Lift* dari wingsail dengan sirip nilai *Coefficient Lift* lebih tinggi.
3. *Coefficient Lift* pada wingsail tanpa sirip mempunyai nilai rata-rata lebih tinggi daripada wingsail dengan sirip. Namun pada sudut serang  $60^\circ$  dan pada kecepatan 8.23 m/s nilai *Coefficient Lift* dari wingsail dengan sirip lebih tinggi daripada wingsail tanpa sirip.
4. *Coefficient Drag* pada wingsail tanpa sirip cenderung lebih rendah daripada wingsail dengan sirip. Namun pada sudut serang  $60^\circ$  dan  $90^\circ$  pada kecepatan 2.57 m/s dan kecepatan 5.67 m/s serta pada sudut serang  $20^\circ$  dan  $90^\circ$  pada kecepatan 8.23 m/s *Coefficient Drag* dari wingsail tanpa sirip nilainya lebih tinggi daripada wingsail dengan sirip.
5. *Coefficient Driving Maximum* pada wingsail tanpa sirip mempunyai nilai rata-rata lebih tinggi daripada wingsail dengan sirip. Namun pada sudut serang  $60^\circ$  dan pada sudut gerak kapal  $95^\circ$  sampai dengan  $140^\circ$  kecepatan 8.23 m/s nilai *Coefficient Driving Maximum* dari wingsail dengan sirip lebih tinggi daripada wingsail tanpa sirip.
6. *Coefficient Heeling Minimum* pada wingsail tanpa sirip mempunyai nilai rata-rata lebih tinggi daripada wingsail dengan sirip. Namun pada kecepatan 2.57 m/s pada sudut gerak  $90^\circ$  sampai dengan  $105^\circ$  dan pada kecepatan 5.67 pada sudut gerak  $90^\circ, 100^\circ, 105^\circ, 140^\circ$  serta pada kecepatan 8.23 pada sudut gerak  $90^\circ, 100^\circ, 105^\circ$  *Coefficient Heeling Minimum* pada wingsail dengan sirip lebih tinggi daripada wingsail tanpa sirip.
7. Penggunaan sirip ukuran 10mm x 10mm dengan radius 5mm pada wingsail tidak efektif apabila digunakan pada kecepatan angin yang rendah karena penggunaan sirip ini hanya dapat menambah *Coefficient Lift* dan *Coefficient Driving* hanya pada sudut serang dan kecepatan tertentu.

## 5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan tugas akhir ini, maka penulis merekomendasikan berupa saran-saran sebagai berikut:

1. Menambah variasi sirip, variasi sudut dan variasi kecepatan agar mendapatkan hasil yang lebih optimal.
2. Menggunakan 2 *software* yang berbeda untuk mengetahui hasil simulasi yang lebih akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sumaryanto. 2013. *Konsep Dasar Kapal*. Indonesia: Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.
- [2] Silva, M.F, Dkk. 2019. *Rigid Wing Sailboats: A State of Art Survey*. Portugal: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- [3] Ilhami, O.P. 2016. *Analisa Aplikasi Flettner Rotor pada Offshore Support Vessel Panjang 56 Meter dengan Metode CFD*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [4] Fadhlurrahman, Z.R. 2017. *Analisa Distribusi Aliran Fluida pada Kite Sail untuk Aplikasi pada Kapal*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [5] Marco, A.D, Dkk. 2016. *Flettner Rotor Concept for Marine Applications: A Systematic Study*. Italy: University of Naples Federico II.
- [6] Ionescu, R.D, Dkk. 2014. *Innovative Solution for Portable Wind Turbine: Used on Ships*. Romania: University Transylvania of Brasov.
- [7] Daniel W. Atkins. (1996). *The CFD Assisted design and Experimental Testing of Wingsail with Lift high devices*. Salford: University of Salford.
- [8] Bogataj, Paul. 2007. *How sail work*.
- [9] Elkaim, G.H. 2007. *Experimental Aerodynamic Performance of a Self-Trimming Wing-Sail for Autonomous Surface Vehicles*. Stanford: Stanford University.
- [10] Bertin, John J & Cummings, Russell M. 2009. *Aerodynamics for Engineers*. United States of America: Pearson Prentice-Hall.
- [11] <https://www.aeroengineering.co.id> (diakses pada 19 Oktober 2019).
- [12] <https://web.stanford.edu> (diakses pada 19 Oktober 2019).
- [13] Yoshimura, Yasuo. 2002. *A Prospect of Sail-Assisted Fishing Boat*. Japan: The Japanese Society of Fisheries Science.
- [14] Chapin, Vincent. 2015. *Aerodinamic Study of a Two-Elements Wingsail for High Performance Multihull Yachts*. France: University of Toulouse.
- [15] Johnson, Claes. 2014. *The Secret of Sailing*.
- [16] Fermi, M.I. 2014. *Pemanfaatan Metode Computational Fluid Dynamics (CFD) dalam Perancangan Kompor Biomassa*. Pekanbaru: Universitas Riau.
- [17] Anwar, Sahid. 2019. *Analisa Aliran Fluida pada Buritan Lambung KM. Kelola Mina Makmur 150 GT berdasarkan Engine Propeller and Hull Matching dengan Menggunakan Metode Actuator Disc Propeller*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## LAMPIRAN

**NAMA**

**DATA KAPAL PEMBANDING**

**SUMBER**

<https://www.automarinesys.com/mark7>



### OVERALL

|              |                              |
|--------------|------------------------------|
| Length       | 3.7 m (12.0 ft)              |
| Beam         | 2.0 m (6.6 ft)               |
| Mast Height  | 3.1 m (10.2 ft) above water  |
| Draft        | 0.3 m (1.0 ft)               |
| Displacement | 192 kg (425 lb) fully loaded |

### COMMUNICATIONS

|           |                     |
|-----------|---------------------|
| Acoustic  | ~1 Kbps             |
| Satellite | 2.4 Kb              |
| GSM       | 12 Mb               |
| Wi-Fi     | 35 Mb               |
| AIS       | Class B transceiver |

### PROPULSION

|      |                             |
|------|-----------------------------|
| Wind | Cambered auto-trimming wing |
|------|-----------------------------|

### STATION KEEPING

|         |                          |
|---------|--------------------------|
| Typical | 35 m watch circle radius |
|---------|--------------------------|

### OPERATING WIND RANGE

|     |        |
|-----|--------|
| Min | 3 m/s  |
| Max | 21 m/s |

### ENDURANCE

|         |          |
|---------|----------|
| Typical | 6 months |
|---------|----------|

### HOSTED PAYLOAD

|                 |                               |
|-----------------|-------------------------------|
| Size (per hull) | 1 m X 0.2 m X 0.2 m           |
| Weight          | (40 in X 8 in X 8 in)         |
| Power (typical) | 23 kg (50 lb)                 |
|                 | 20W continuous, 1kW peak      |
| Access          | 24, 12, 5 and 3V available    |
|                 | Through-hull access to water, |
|                 | large field of view and long  |
|                 | LOS from masthead             |
| Data Busses     | RS-232/422/485, CAN, SPI,     |
|                 | I2C, Ethernet                 |

NAMA

DATA KECEPATAN ANGIN

SUMBER

BMKG

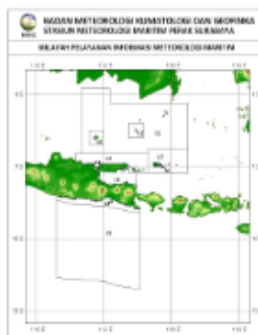


**BADAN METEOROLOGI KLIMATOLOGI DAN GEOFISIKA  
STASIUN METEOROLOGI MARITIM TANJUNG PERAK**

Jl.Kalimas Baru No.97B, Surabaya - Jawa Timur 60165  
Telepon : 031-3291439 | Fax : 031-3287123  
Email : meteomaritimsby@yahoo.co.id

**PRAKIRAAN CUACA WILAYAH PELAYANAN**

Berlaku 21 Oktober 2019 pukul 19:00 - 22 Oktober 2019 pukul 07:00 WIB  
Nomor : ME.301/877/MPrk.II/X/2019



**I. Peringatan**

Waspada tinggi gelombang lebih dari 2.5 m di Perairan Selatan Jatim, S. Hindia selatan Jatim

**II. Kondisi Sinoptik**

Berawan, arah angin dari Timur - Tenggara, kec. angin maksimum di L. Jawa bagian timur 23 knots dan S. Hindia selatan Jatim 27 knots. Tinggi gelombang di L. Jawa bagian timur antara 0.5-2.5 m dan di S. Hindia selatan Jatim antara 1.5-3.0 m.

**III. Prakiraan Wilayah Pelayanan**

| Kode | Nama Wilayah Pelayanan             | Cuaca         | Angin            |          | Gelombang (m) |
|------|------------------------------------|---------------|------------------|----------|---------------|
|      |                                    |               | Arah             | Kec.(kt) |               |
| I.01 | Laut Jawa bagian timur             | Cerah Berawan | Timur - Tenggara | 5 - 23   | 1.25 - 2.5    |
| I.02 | Perairan Kepulauan Masalembu       | Cerah Berawan | Timur - Tenggara | 5 - 22   | 1.25 - 2.5    |
| I.03 | Perairan Pulau Bawean              | Cerah Berawan | Timur - Tenggara | 5 - 18   | 0.75 - 2      |
| I.04 | Perairan utara Jawa Timur          | Cerah Berawan | Timur - Tenggara | 5 - 18   | 0.5 - 1.5     |
| I.05 | Perairan Gresik                    | Cerah Berawan | Timur - Tenggara | 5 - 13   | 0.3 - 1.25    |
| I.06 | Selat Madura                       | Cerah Berawan | Timur - Tenggara | 5 - 14   | 0.3 - 1.25    |
| I.07 | Perairan Kepulauan Kangean         | Cerah Berawan | Timur - Tenggara | 5 - 16   | 0.5 - 1.8     |
| I.08 | Perairan Selatan Jawa Timur        | Cerah Berawan | Timur - Tenggara | 8 - 27   | 1.25 - 3      |
| I.09 | Samudera Hindia selatan Jawa Timur | Cerah Berawan | Timur - Tenggara | 9 - 27   | 1.25 - 3      |

Catatan : Gelombang Maksimum dapat mencapai dua kali tinggi gelombang yang tertera diatas.

Tanjung Perak, 21 Oktober 2019

Prakirawan

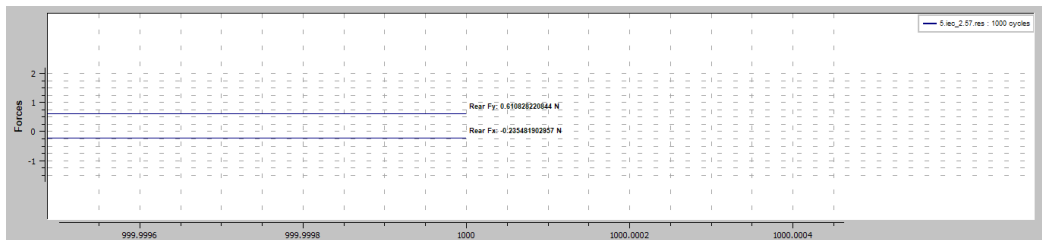
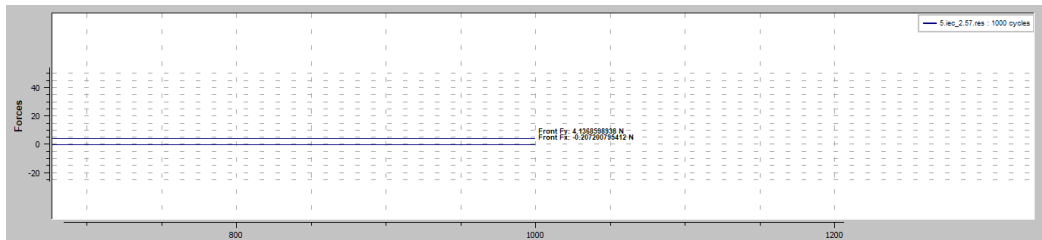
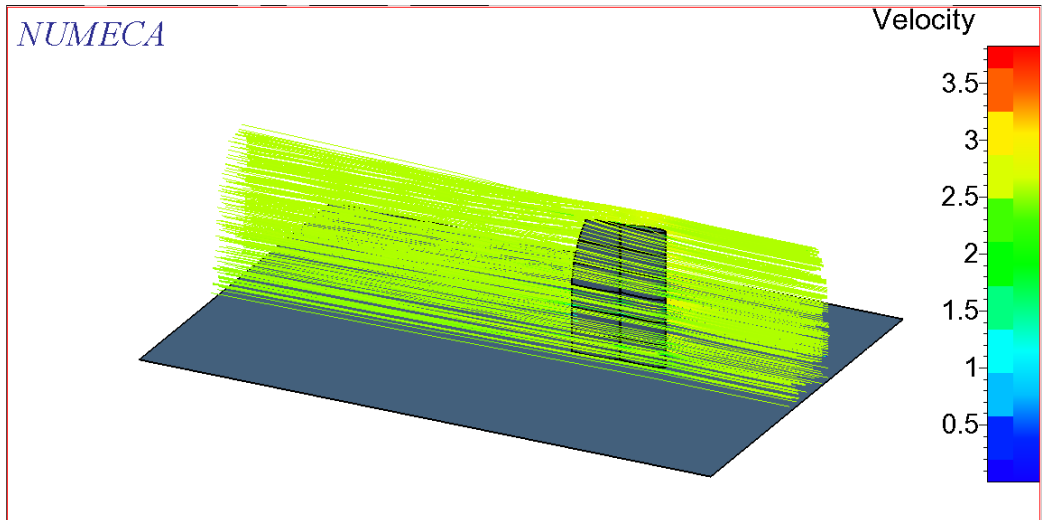
ttd

**M.Arif Wiyono**

NIP. 197704061998031001

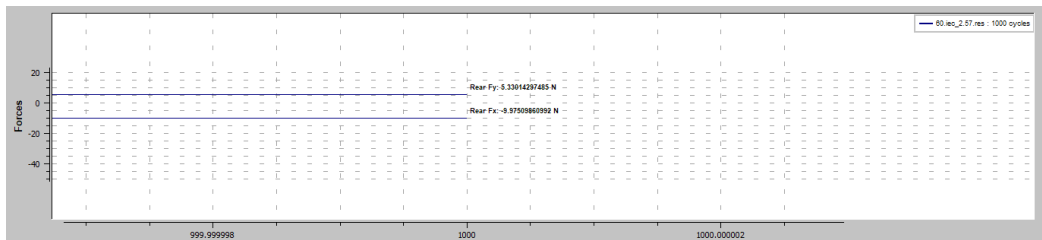
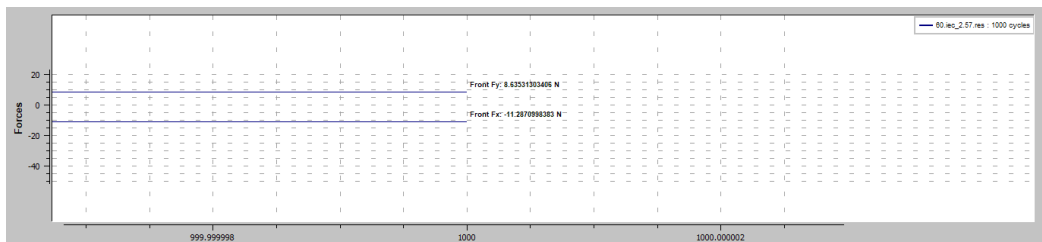
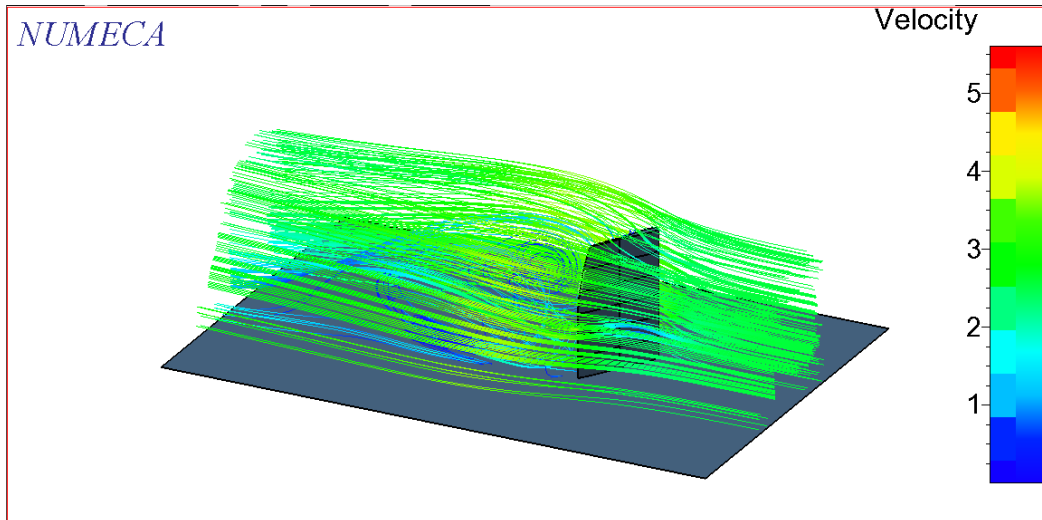
| NAMA   |               | TAHANAN KAPAL      |                    |                        |                          |  |
|--------|---------------|--------------------|--------------------|------------------------|--------------------------|--|
| SUMBER |               | MAXSURF RESISTANCE |                    |                        |                          |  |
|        | Speed<br>(kn) | Froude No.<br>LWL  | Froude No.<br>Vol. | Holtrop<br>Resist. (N) | Holtrop<br>Power<br>(kW) |  |
| 1      | 0,000         | 0,000              | 0,000              | --                     | --                       |  |
| 2      | 0,100         | 0,009              | 0,022              | 0,10                   | 0,000                    |  |
| 3      | 0,200         | 0,017              | 0,043              | 0,33                   | 0,000                    |  |
| 4      | 0,300         | 0,026              | 0,065              | 0,69                   | 0,000                    |  |
| 5      | 0,400         | 0,034              | 0,087              | 1,16                   | 0,000                    |  |
| 6      | 0,500         | 0,043              | 0,109              | 1,73                   | 0,001                    |  |
| 7      | 0,600         | 0,051              | 0,130              | 2,41                   | 0,001                    |  |
| 8      | 0,700         | 0,060              | 0,152              | 3,18                   | 0,001                    |  |
| 9      | 0,800         | 0,068              | 0,174              | 4,04                   | 0,002                    |  |
| 10     | 0,900         | 0,077              | 0,196              | 5,00                   | 0,003                    |  |
| 11     | 1,000         | 0,085              | 0,217              | 6,04                   | 0,004                    |  |
| 12     | 1,100         | 0,094              | 0,239              | 7,16                   | 0,005                    |  |
| 13     | 1,200         | 0,102              | 0,261              | 8,37                   | 0,006                    |  |
| 14     | 1,300         | 0,111              | 0,283              | 9,67                   | 0,008                    |  |
| 15     | 1,400         | 0,120              | 0,304              | 11,03                  | 0,009                    |  |
| 16     | 1,500         | 0,128              | 0,326              | 12,48                  | 0,011                    |  |
| 17     | 1,600         | 0,137              | 0,348              | 14,00                  | 0,014                    |  |
| 18     | 1,700         | 0,145              | 0,370              | 15,59                  | 0,016                    |  |
| 19     | 1,800         | 0,154              | 0,391              | 17,25                  | 0,019                    |  |
| 20     | 1,900         | 0,162              | 0,413              | 18,98                  | 0,022                    |  |
| 21     | 2,000         | 0,171              | 0,435              | 20,77                  | 0,025                    |  |
| 22     | 2,100         | 0,179              | 0,457              | 22,63                  | 0,029                    |  |
| 23     | 2,200         | 0,188              | 0,478              | 24,56                  | 0,033                    |  |
| 24     | 2,300         | 0,196              | 0,500              | 26,54                  | 0,037                    |  |
| 25     | 2,400         | 0,205              | 0,522              | 28,58                  | 0,042                    |  |
| 26     | 2,500         | 0,214              | 0,544              | 30,68                  | 0,046                    |  |
| 27     | 2,600         | 0,222              | 0,565              | 32,84                  | 0,052                    |  |
| 28     | 2,700         | 0,231              | 0,587              | 35,06                  | 0,057                    |  |
| 29     | 2,800         | 0,239              | 0,609              | 37,32                  | 0,063                    |  |
| 30     | 2,900         | 0,248              | 0,631              | 39,64                  | 0,070                    |  |
| 31     | 3,000         | 0,256              | 0,652              | 42,01                  | 0,076                    |  |
| 32     | 3,100         | 0,265              | 0,674              | 44,43                  | 0,083                    |  |
| 33     | 3,200         | 0,273              | 0,696              | 46,91                  | 0,091                    |  |
| 34     | 3,300         | 0,282              | 0,718              | 49,43                  | 0,099                    |  |
| 35     | 3,400         | 0,290              | 0,739              | 52,01                  | 0,107                    |  |
| 36     | 3,500         | 0,299              | 0,761              | 54,64                  | 0,116                    |  |
| 37     | 3,600         | 0,307              | 0,783              | 57,31                  | 0,125                    |  |
| 38     | 3,700         | 0,316              | 0,805              | 60,02                  | 0,134                    |  |
| 39     | 3,800         | 0,325              | 0,826              | 62,78                  | 0,144                    |  |
| 40     | 3,900         | 0,333              | 0,848              | 65,58                  | 0,155                    |  |
| 41     | 4,000         | 0,342              | 0,870              | 68,42                  | 0,166                    |  |

|                     |                             |
|---------------------|-----------------------------|
| <b>MODEL</b>        | <b>WINGSAIL TANPA SIRIP</b> |
| <b>SUDUT SERANG</b> | <b>5°</b>                   |
| <b>KECEPATAN</b>    | <b>2.57 m/s</b>             |

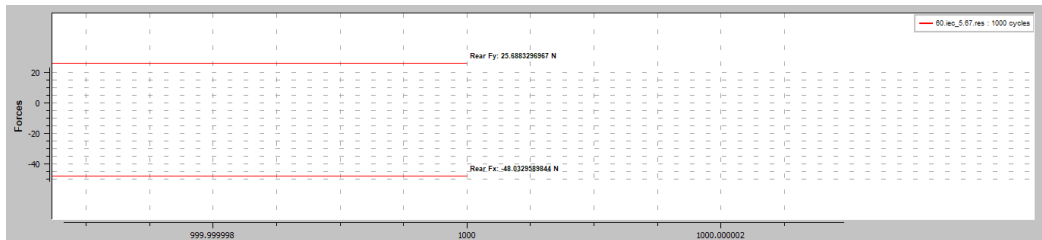
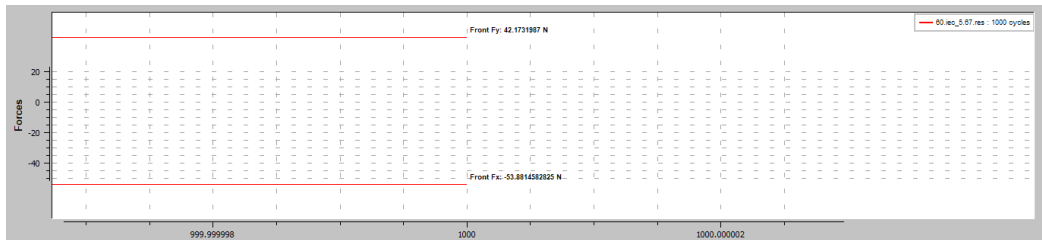
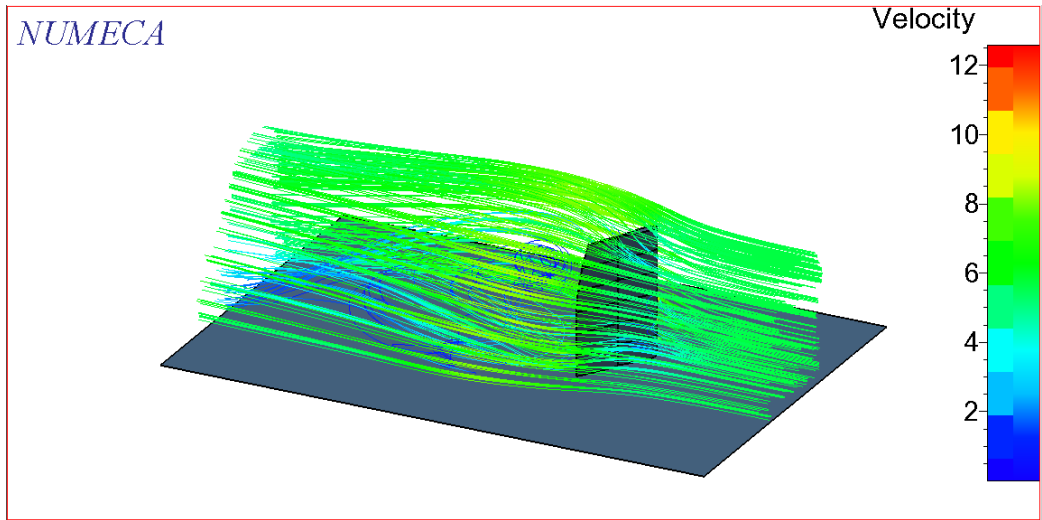




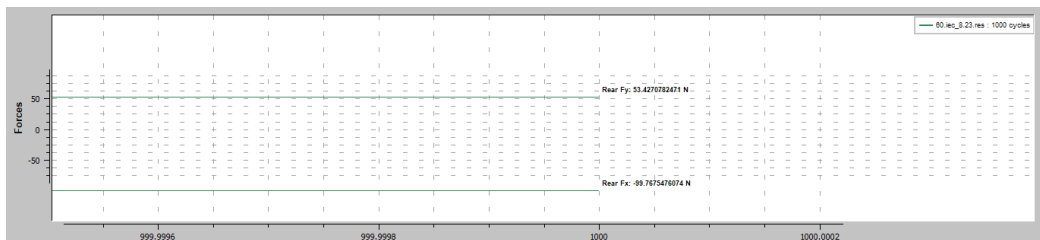
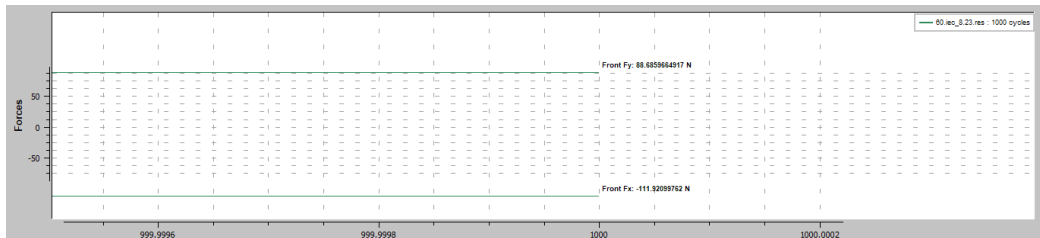
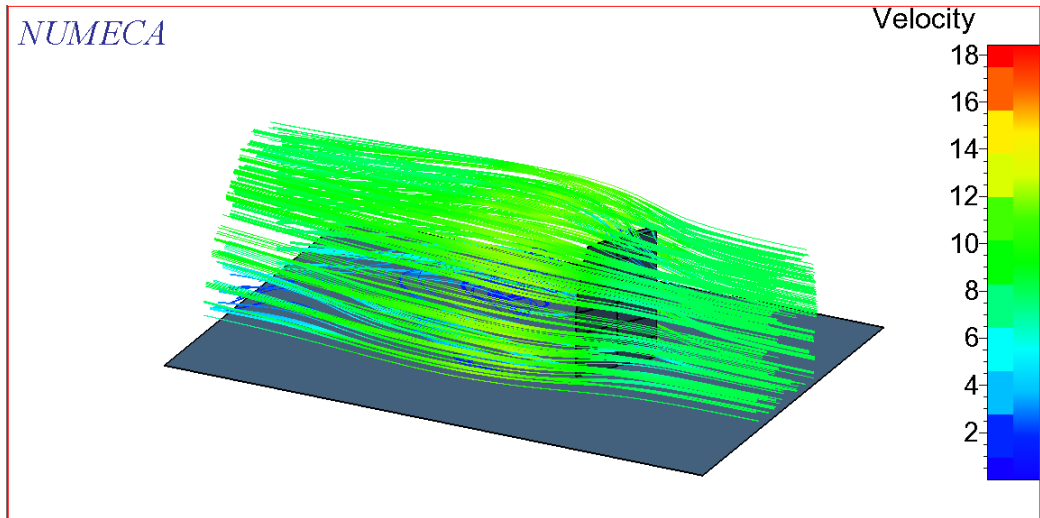
|                     |                             |
|---------------------|-----------------------------|
| <b>MODEL</b>        | <b>WINGSAIL TANPA SIRIP</b> |
| <b>SUDUT SERANG</b> | <b>60°</b>                  |
| <b>KECEPATAN</b>    | <b>2.57 m/s</b>             |



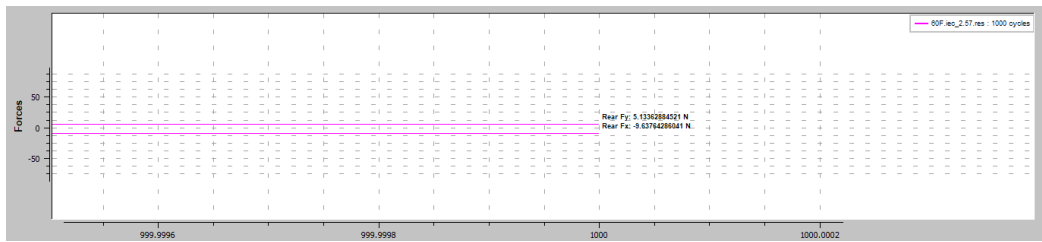
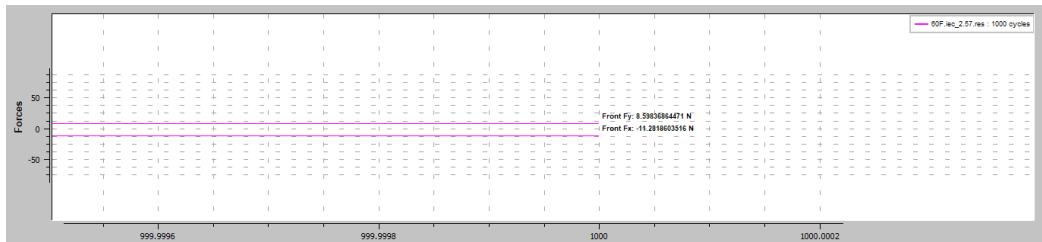
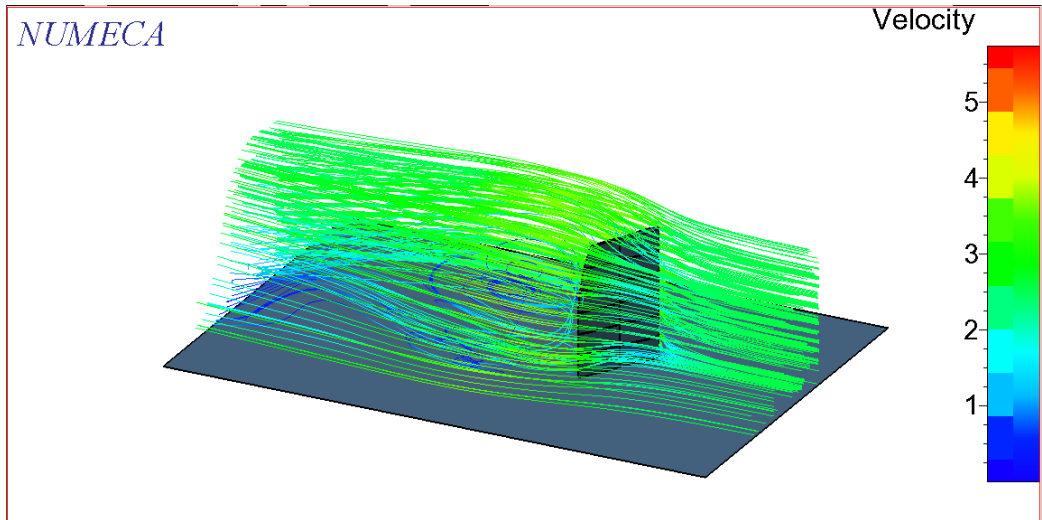
|                     |                             |
|---------------------|-----------------------------|
| <b>MODEL</b>        | <b>WINGSAIL TANPA SIRIP</b> |
| <b>SUDUT SERANG</b> | <b>60°</b>                  |
| <b>KECEPATAN</b>    | <b>5.67 m/s</b>             |



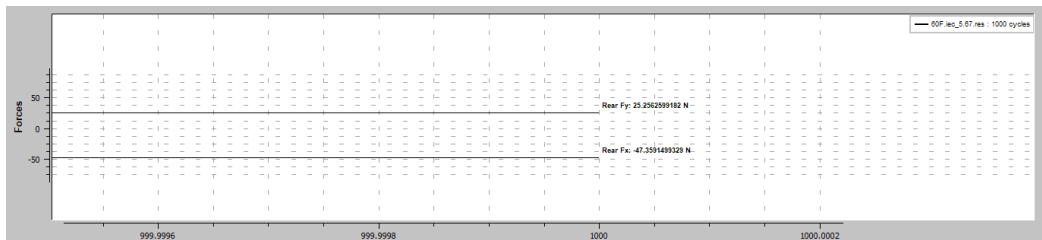
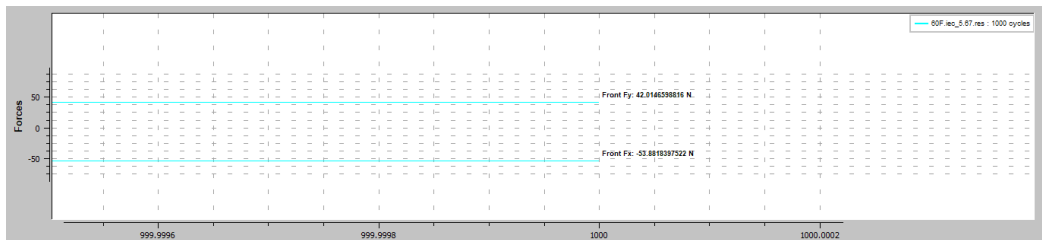
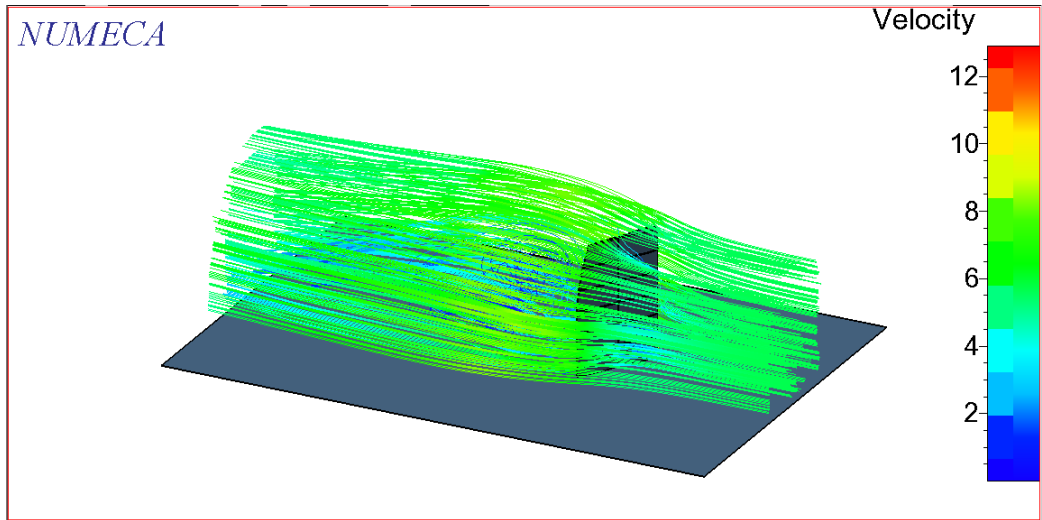
|                     |                              |
|---------------------|------------------------------|
| <b>MODEL</b>        | <b>WINGSAIL DENGAN SIRIP</b> |
| <b>SUDUT SERANG</b> | <b>60°</b>                   |
| <b>KECEPATAN</b>    | <b>8.23 m/s</b>              |



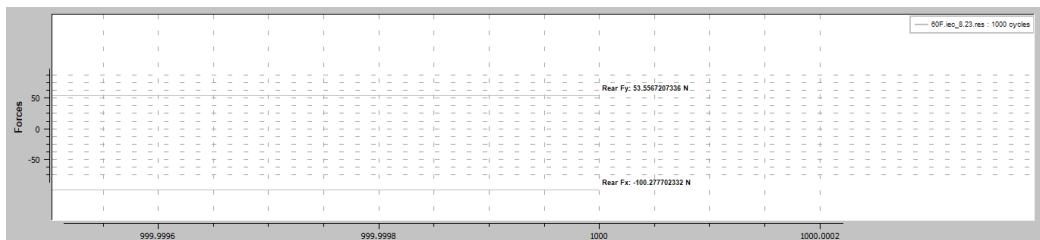
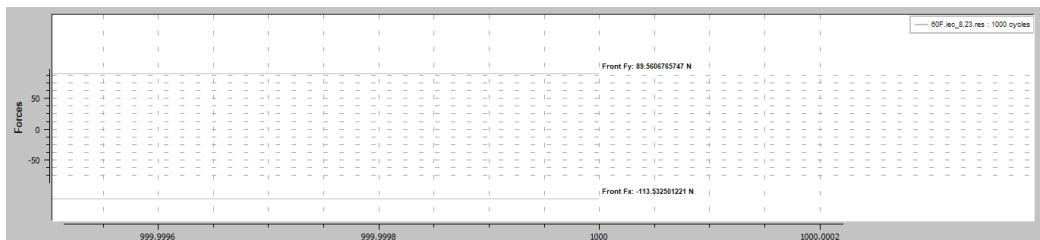
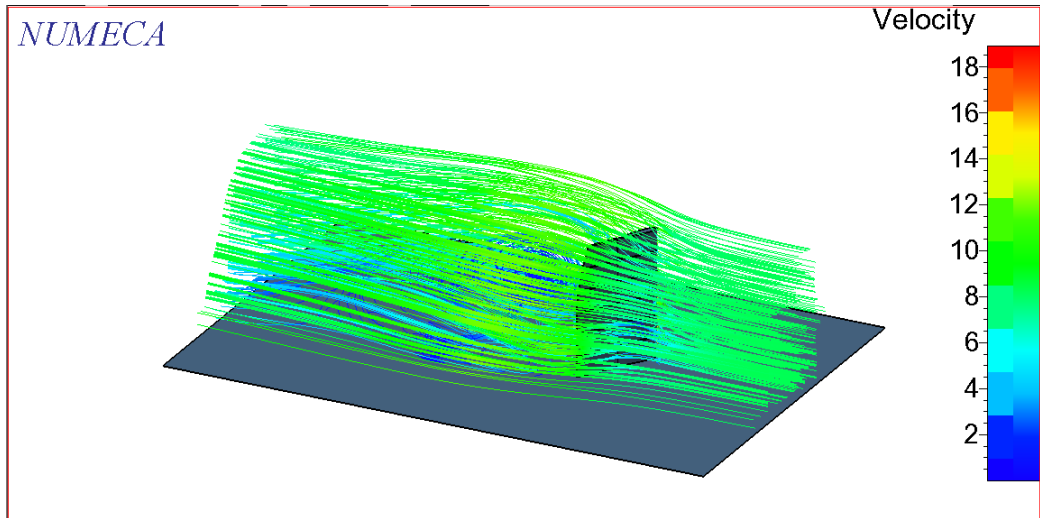
|                     |                              |
|---------------------|------------------------------|
| <b>MODEL</b>        | <b>WINGSAIL DENGAN SIRIP</b> |
| <b>SUDUT SERANG</b> | <b>60°</b>                   |
| <b>KECEPATAN</b>    | <b>2.57 m/s</b>              |



|                     |                              |
|---------------------|------------------------------|
| <b>MODEL</b>        | <b>WINGSAIL DENGAN SIRIP</b> |
| <b>SUDUT SERANG</b> | <b>60°</b>                   |
| <b>KECEPATAN</b>    | <b>5.67 m/s</b>              |



|                     |                              |
|---------------------|------------------------------|
| <b>MODEL</b>        | <b>WINGSAIL DENGAN SIRIP</b> |
| <b>SUDUT SERANG</b> | <b>60°</b>                   |
| <b>KECEPATAN</b>    | <b>8.23 m/s</b>              |



|               |                                   |
|---------------|-----------------------------------|
| <b>NAMA</b>   | <b>Lisensi NUMECA Fine Marine</b> |
| <b>SUMBER</b> | <b>NUMECA Academic Group</b>      |



Dear Erik

Thank you for requesting the [marine package](#) in the free student offer.  
Please follow these instructions to get started.

## 1. Download products

- a) Go to our [Customer Area](#).
- b) **Login** with the credentials that have already been sent to you via email.
- c) **Download**
  - **FINE™/Marine v8.2**
    - Installation archive for the selected OS,
    - Tutorials archive,
    - Democases archive.

## 2. Installation

- a) **Install** FINE™/Marine on the machine: DESKTOP-QDOQSJK ([Windows/Linux](#)).
- b) **Ignore** the message to send machine information to NUMECA during installation.
- c) **Use** the attached licenses in the **Administration Tool** to activate your license ([Windows/Linux](#))

The attached licenses are only valid on the machine with:

|                       |                                  |
|-----------------------|----------------------------------|
| host name             | DESKTOP-QDOQSJK                  |
| hostID                | 28d244d2db9d                     |
| vendor defined hostID | 4aa728432332de07dcf593961669959b |

The licensing is deactivated if the machine configuration is changed (e.g. upgrade OS version, change network card...). Ensure that your hardware address is not generated randomly as this will change the hostID ([Windows](#)).

We are unable to issue a new license-file before the current one expires.

For questions related to the installation and use of the software please use the forum (accessible from the [Customer Area](#)). Do not hesitate to send us information about your work with NUMECA software if you would like to get featured on our website/blog.

We wish you a pleasant CFD experience with this free student version!

Regards  
NUMECA Academic Group

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## BIODATA PENULIS



**Erik Eriyanto** dilahirkan di Pamekasan, 17 Nopember 1995 yang bertempat tinggal di Desa Panaguan RT. 01 RW 08 Kecamatan Larangan Kabupaten Pamekasan. Penulis merupakan anak ketiga dari 3 bersaudara yang berasal dari orang tua **Moh. Sahri** dan **Kristiyah** dan merupakan anak angkat dari **Abd. Aziz** dan **Maisuna**. Riwayat pendidikan penulis adalah lulusan SMPN 1 Larangan pada tahun 2011, lulusan SMAN 5 Pamekasan pada tahun 2014. Selanjutnya penulis memutuskan untuk melanjutkan pendidikan di Politeknik Negeri Madura tepatnya di Jurusan Teknik Bangunan Kapal pada tahun 2014. Dalam menempuh pendidikan ini penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul “Desain Kapal Ferry untuk

Penyeberangan Merak-Bakauheni”. Setelah lulus program diploma penulis melanjutkan kuliah sarjana di Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Kelautan (FTK) Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Pada masa pendidikan di ITS, penulis mengerjakan Tugas Akhir yang berjudul “Modifikasi Layar Foil pada Kapal Tanpa Awak dengan Metode CFD” dibawah bimbingan bapak Edi Jadmiko, S.T., M.T dan Irfan Syarief Arief, S.T., M.T.

### Data Pribadi

Nama : Erik Eriyanto  
Alamat : Panaguan RT 01/Rw 08 Kec. Larangan Kab. Pamekasan  
E-mail : erikeriyanto.17042@mhs.its.ac.id