



**TUGAS AKHIR ME 141501**

**ANALISA PENGARUH SUDUT SERANG HIDROFOIL  
TERHADAP GAYA ANGKAT KAPAL TRIMARAN  
HIDROFOIL**

AJI SURYADI  
NRP 4212 100 047

Dosen Pembimbing  
Irfan Syarif Arief, ST, MT  
Ir. Amiadji, M.Sc

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2016

*"Halaman ini sengaja dikosongkan"*



**FINAL PROJECT ME 141501**

**ANALYSIS ANGLE OF ATTACK EFFECT ON THE  
LIFTING FORCE TRIMARAN HYDROFOIL BOAT**

AJI SURYADI  
NRP 4212 100 047

Supervisor  
Irfan Syarif Arief, ST, MT  
Ir. Amiadji, M.Sc

DEPARTEMENT OF MARINE ENGINEERING  
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUT OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2016

*"Halaman ini sengaja dikosongkan"*

## LEMBAR PENGESAHAN

### ANALISA PENGARUH SUDUT SERANG HIDROFOIL TERHADAP GAYA ANGKAT KAPAL TRIMARAN HIDROFOIL

### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi *Marine Manufacturing and Design* (MMD)  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**AJI SURYADI**  
NRP. 4212 100 047

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

**1. Irfan Svarif Arief, ST. MT**  
NIP. (1969 1225 1997 02 1001)

**2. Ir. Amiadji, M.Sc**  
NIP. (1961 0324 1988 0310 01)

  
()

**SURABAYA,**  
**JULI 2016**

*"Halaman ini sengaja dikosongkan"*

## LEMBAR PENGESAHAN

### ANALISA PENGARUH SUDUT SERANG HIDROFOIL TERHADAP GAYA ANGGAT KAPAL TRIMARAN HIDROFOIL

### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi *Marine Manufacturing and Design* (MMD)  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**AJI SURYADI**  
NRP. 4212 100 047

Disetujui oleh Ketua Jurusan :



**Dr. Eng Muhammad Badrus Zaman, ST., MT.**  
NIP. (1997.0802.2008 0110 07)

*"Halaman ini sengaja dikosongkan"*



# ANALISA PENGARUH SUDUT SERANG HIDROFOIL TERHADAP GAYA ANGKAT KAPAL TRIMARAN HIDROFOIL

Nama Mahasiswa : Aji Suryadi  
NRP : 4212 100 047  
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan  
Dosen Pembimbing : 1. Irfan Syarif Arief ST, MT.  
2. Ir. Amiadji, M.Sc

## Abstrak

Indonesia merupakan negara maritim, namun sebagian besar masyarakat Indonesia masih menggantungkan hidupnya pada sektor agraris. Sektor maritim perlu dikembangkan dan kendaraan laut sangat dibutuhkan sebagai fasilitas untuk mengembangkan sektor maritim. Pengembangan efisiensi kerja kapal bisa dilakukan dengan penambahan komponen hidrofoil yang dipasang pada lambung kapal Trimaran. Prinsip kerja dari hidrofoil yang terpasang pada lambung kapal Trimaran adalah hidrofoil yang memiliki sudut serang akan bergesekan dengan aliran sehingga menghasilkan gaya hambat kapal searah sumbu-X dan gaya angkat kapal searah sumbu-Y. Pada penulisan tugas akhir ini penulis menganalisa mengenai pengaruh sudut serang hidrofoil terhadap gaya angkat kapal Trimaran Hidrofoil. Sudut serang divariasikan sebesar  $10^0$ ,  $20^0$  dan  $30^0$  dengan Analisa menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD). Penelitian menghasilkan kesimpulan bahwa sudut serang terbaik berbeda-beda pada tiap kecepatan. Kecepatan 20 knot memiliki sudut serang hidrofoil terbaik sebesar 30 derajat. Kecepatan 30 knot memiliki sudut serang hidrofoil terbaik sebesar 20 derajat. Kecepatan 40 knot kapal sudah mencapai kondisi *stall* dimana kapal hidrofoil sudah kehilangan gaya angkat.

**Kata kunci : Sudut Serang, Hidrofoil, Trimaran, Gaya Angkat, CFD**

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# **ANALYSIS ANGLE OF ATTACK EFFECT ON THE LIFTING FORCE TRIMARAN HYDROFOIL BOAT**

**Name** : Aji Suryadi  
**NRP** : 4212 100 047  
**Departement** : Marine Engineering  
**Supervisor** : 1. Irfan Syarif Arief ST, MT.  
2. Ir. Amiadji, M.Sc

## **Abstract**

Indonesia is a maritime country, but the majority of Indonesian people are still dependent on agricultural sector. The maritime sector should be developed and sea vehicles is needed as the facility to develop the maritime sector. Development work efficiency can be done with the addition of ship components mounted on the hydrofoil trimaran hull. The working principle of the hydrofoil mounted on ship hulls is a hydrofoil trimaran which has the angle of attack will rub against the flow so as to produce a drag boat in the direction of the X-axis and lift the boat in the direction of Y-axis. In this thesis the author analyzes the influence the angle of attack of the foil Trimaran hydrofoil boat lift. Angle of attack was varied at  $10^0$ ,  $20^0$  and  $30^0$  with analysis using Computational Fluid Dynamics (CFD) method. The study concluded that the best angle of attack is different at each speed. Speed of 20 knots has the best angle of attack hydrofoil by 30 degrees. Speed of 30 knots has the best angle of attack hydrofoil by 20 degrees. Speed of 40 knots the boat has reached the stall condition in which a hydrofoil boat had lost lift.

***Keywords:*** *Angle of Attack, CFD, Force Lift, Hydrofoil, Trimaran*

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis ucapkan yang sebesar – besarnya kepada Allah swt karena atas rahmat, nikmat dan ridho-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Analisa Pengaruh sudut serang Hidrofoil terhadap Gaya Angkat Kapal Trimaran Hidrofoil”.

Tugas akhir ini disusun guna memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana (S1) di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Tugas akhir ini membahas tentang Karakteristik aliran, tekanan, dan gaya angkat kapal ketika terjadi perubahan sudut serang hidrofoil.

Pada saat menyelesaikan tugas akhir ini, penulis telah banyak mendapat motivasi dari berbagai pihak yang sangat membantu dan memberikan semangat pada penulis. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. ALLAH SWT yang telah memberikan kelancaran dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini dan memberi sebuah anugerah yang tak ternilai.
2. Kedua orang tua penulis (ibu tercinta yaitu ibunda Suparni dan ayahanda Supriyanto) segenap keluarga yang selalu memberi dorongan dan doa.
3. Bapak Irfan Syarif Arief, ST, MT dan bapak Ir. Amiadji, M.Sc selaku dosen pembimbing yang selalu menyempatkan waktu untuk memberikan bimbingan dan nasehat selama proses penyusunan tugas akhir.
4. Bapak Dr. Eng Muhammad Badrus Zaman, ST., MT. selaku ketua jurusan Teknik Sistem Perkapalan dan Bapak Ir. Sardono Sarwito, M.Sc. selaku dosen wali yang telah memberikan nasehat selama proses pengerjaan Tugas Akhir.
5. Fandhika Putera Santoso, Rizqi Maulana Khozin, Dhaifina Suci Soraya, Herlan Fadillah Bagaskara, dan teman-teman

seperjuangan di Laboratorium *Marine Manufacturing and Design* yang selalu setia menemani dan bekerja sama.

6. Segenap pengurus laboratorium MMD yang telah memberikan semangat kepada penulis.
7. Teman-teman BISMARCK'12 yang telah memberikan makna belajar dan kebersamaan, semangat dan optimisme, toleransi dan pengertian serta makna sahabat dan keluarga.
8. Pihak-pihak yang terlibat dalam penyusunan Tugas akhir yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa penyusunan Tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, segala saran serta masukan yang membangun sangat penulis harapkan agar bisa menjadi perbaikan bagi diri penulis untuk kedepannya.

Akhir kata semoga Allah SWT melimpahkan berkah dan rahmat-Nya kepada kita semua. Semoga laporan Tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua khususnya yang membaca. Aamiin.

Surabaya, Juni 2016

Penulis

# DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>VII</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>XI</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>XV</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>XVII</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>XIX</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>XXI</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1.    LATAR BELAKANG .....	1
1.2.    PERUMUSAN MASALAH .....	2
1.3.    BATASAN MASALAH .....	2
1.4.    TUJUAN PENULISAN .....	3
1.5.    MANFAAT PENULISAN .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1.    KARAKTERISTIK KAPAL TRIMARAN .....	5
2.2.    KARAKTERISTIK HIDROFOIL NACA .....	6
2.3.    KONSEP GAYA ANGKAT DAN GAYA HAMBAT .....	10
2.4.    METODE COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS.....	14
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>17</b>
<b>BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>23</b>
4.1.    UMUM .....	23
4.1.1. <i>Penggambaran model Trimaran Hydrofoil</i> .....	23
4.1.2. <i>Meshing</i> .....	31
4.1.3. <i>Pengaturan dan Simulasi Model</i> .....	34
4.1.4. <i>Hasil Simulasi Model</i> .....	37
4.2.    PEMBAHASAN .....	44
4.2.1. <i>Turbulensi Aliran</i> .....	47
4.2.2. <i>Perbandingan Kecepatan &gt;&lt; Gaya angkat</i> .....	47
4.2.3. <i>Perbandingan Kecepatan &gt;&lt; Tahanan</i> .....	48
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	<b>51</b>

5.1.	KESIMPULAN.....	51
5.2.	SARAN .....	51
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>.....</b>	<b>53</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....		<b>42</b>
<b>BIODATA PENULIS</b> .....		<b>42</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Konfigurasi Lambung Simetris .....	5
Gambar 2 Konfigurasi Lambung Asimetris Dalam .....	6
Gambar 3 Konfigurasi Lambung Asimetris Luar .....	6
Gambar 4 Parameter Geografis Foil .....	7
Gambar 5 Proses terbentuknya gaya angkat .....	10
Gambar 6 Resultan gaya aerodinamik pada hidrofoil .....	11
Gambar 7 Distribusi Tekanan .....	12
Gambar 8 Gaya Viskos .....	12
Gambar 9 Gaya Resultan Lift dan Drag .....	12
Gambar 10 Gaya tekanan dan gaya geser pada sebuah elemen kecil dari permukaan sebuah benda .....	12
Gambar 11 Definisi luas planform dan luas frontal .....	14
Gambar 12 Kapal Trimaran .....	18
Gambar 13 NACA Hidrofoil .....	19
Gambar 14 Desain Kapal Trimaran .....	23
Gambar 15 Body Plan .....	24
Gambar 16 Pandangan depan .....	24
Gambar 17 Half Breadth Plan .....	24
Gambar 18 Pandangan Atas .....	25
Gambar 19 Sudut 0 derajat .....	26
Gambar 20 Sudut 10 derajat .....	26
Gambar 21 Sudut 20 derajat .....	26
Gambar 22 Sudut 30 derajat .....	27
Gambar 23 Konfigurasi Koordinat Foil .....	30
Gambar 24 Model Foil NACA 23021 .....	31
Gambar 25 Standar Ukuran Boundary Domain .....	32
Gambar 26 Awalan Meshing .....	32
Gambar 27 Adaptasi Geometri .....	32
Gambar 28 Hasil Meshing .....	33
Gambar 29 Parameter Optimasi Meshing .....	33
Gambar 30 Parameter Jenis Fluida .....	34
Gambar 31 Parameter Jenis Aliran .....	35
Gambar 32 Parameter Boundary Condition .....	36
Gambar 33 Parameter Badan Kapal .....	36
Gambar 34 Parameter Gerakan Kapal .....	37

Gambar 35 Grafik Perbandingan Kecepatan Kapal Terhadap Gaya Angkat Kapal.....	48
Gambar 36 Grafik Perbandingan Kecepatan Kapal terhadap Tahanan Kapal.....	49

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 1 Perbandingan Karakteristik Seri Airfoil NACA.....	9
Tabel 2 Koordinat Foil NACA 23021 (Foil) .....	27
Tabel 3 Koordinat NACA 63012 (Strut).....	28
Tabel 4 Gambar Hasil Simulasi tiap Variasi .....	38
Tabel 5 Data Distribusi Tekanan.....	44
Tabel 6 Data Hasil Simulasi.....	45

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Kebutuhan akan kendaraan laut yang nyaman serta memiliki efisiensi waktu terus meningkat di masa mendatang. Seiring pertumbuhan industri perkapalan semakin banyak pula teknologi yang digunakan agar kapal yang dibuat memiliki tingkat kenyamanan tinggi dan dapat memenuhi kebutuhan akan efisiensi waktu perjalanan menggunakan kapal. Selain itu gelombang laut di Indonesia berpengaruh besar pada desain kapal yang dibuat. Desain kapal dibuat sebaik mungkin agar kapal memiliki stabilitas dan tahanan kapal maksimal. Stabilitas dan tahanan kapal sangat berpengaruh pada efisiensi waktu perjalanan kapal dan kenyamanan di kapal. Semakin besar tahanan kapal menyebabkan kapal sulit mencapai kecepatan maksimum sehingga menyebabkan waktu perjalanan kapal semakin lama serta berkurangnya kenyamanan di kapal. Oleh karena itu tahanan kapal harus diperkecil atau dikurangi.

Tahanan kapal dapat dikurangi dengan desain bentuk lambung kapal yang lebih ramping serta penambahan hidrofoil pada lambung kapal agar bagian yang bergesekan dengan air semakin kecil. Penambahan hidrofoil pada lambung kapal sebagai upaya pengurangan tahanan kapal menjadi fokus utama dalam penelitian ini. Penggunaan hidrofoil dimaksudkan agar mendapat tahanan kapal minimum sehingga kecepatan kapal yang diinginkan dapat tercapai.

Pengkajian pada penelitian pertama memberikan informasi mengenai pola aliran maupun gaya yang terjadi pada penambahan maupun modifikasi *foil*. Analisa desain untuk kecepatan dan berat yang tetap, desain maksimal didapatkan dengan kombinasi kecepatan-berat dengan perbandingan  $L/D$  yang maksimum dan bebas kavitasi[1].

Penelitian kedua mengenai analisa posisi sudut serang dari hidrofoil yang paling baik untuk kestabilan hidrofoil. Metode

analisa menggunakan *software* hydromax pro dengan metode pendekatan *free surface area* dengan CFD. Namun konfigurasi ini tidak dapat menstabilkan-sendiri. Kegagalan membuat penyesuaian yang benar akan membuat lambung kapal berbenturan dengan permukaan laut yang akan mempengaruhi kestabilan kapal[2].

Penelitian ketiga meneliti pengaruh gaya gelombang dan arus laut terhadap pembangkitan gaya angkat. Salah satunya adalah penggunaan *foil* NACA untuk meningkatkan gaya angkat kapal. Gaya angkat kapal sebagai konsep utama dirancang sedemikian rupa sehingga *foil* yang digunakan dapat berfungsi maksimal sesuai kebutuhan *displacement*. Kapal yang seperti ini disebut dengan kapal hidrofoil[3].

Penelitian yang saya lakukan ini mengenai modifikasi kapal trimaran dengan penambahan hidrofoil agar memiliki tahanan relatif kecil. Penelitian ini memfokuskan pada pengaruh perubahan sudut serang hidrofoil terhadap gaya angkat kapal pada kecepatan dinas kapal. Keuntungan dari optimasi ini dapat diketahui sudut serang hidrofoil yang paling tepat untuk efisiensi kecepatan dan daya kapal.

## **1.2. Perumusan Masalah**

Permasalahan yang menjadi bahan analisa dalam penelitian ini adalah :

- a. Bagaimana pengaruh perubahan sudut foil terhadap gaya angkat pada kapal Trimaran hidrofoil
- b. Berapa sudut foil yang dibutuhkan agar kapal trimaran hidrofoil memiliki efisiensi gaya angkat maksimal

## **1.3. Batasan Masalah**

Batasan Masalah pada penelitian ini sebagai berikut :

- a. Kapal yang digunakan merupakan kapal hull trimaran
- b. Hidrofoil yang digunakan adalah Foil tipe NACA 23021
- c. Kecepatan kapal ditentukan sebesar 20 knot, 30 knot, & 40 knot

d. Analisa dilakukan pada segi teknis namun tidak menganalisa segi ekonomis

#### **1.4. Tujuan Penulisan**

Penulisan tugas akhir ini bertujuan untuk :

- a. Mengetahui besar gaya angkat kapal setiap perubahan sudut foil pada kapal trimaran hidrofoil
- b. Mengetahui sudut hidrofoil yang akan dipasang pada lambung kapal agar kapal trimaran hidrofoil memiliki efisiensi daya angkat maksimal

#### **1.5. Manfaat Penulisan**

Manfaat yang dapat diperoleh dari penulisan tugas akhir ini adalah :

- a. Dapat mengetahui perbandingan pengaruh sudut hidrofoil terhadap besar perubahan gaya angkat kapal
- b. Dapat mengetahui perubahan besar gaya angkat kapal setelah penambahan hidrofoil pada lambung kapal
- c. Dapat digunakan sebagai referensi penelitian selanjutnya dalam rangka pengembangan bidang teknologi maritim

*halaman ini sengaja dikosongkan*



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

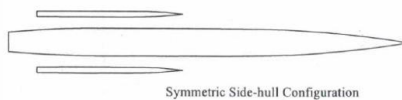
### 2.1. Karakteristik Kapal Trimaran

Kapal Trimaran merupakan kapal yang mempunyai 3 lambung, yaitu satu *main hull* dan dua *side hull* atau disebut juga *outriggers* sehingga mempunyai nilai stabilitas yang tinggi. Secara umum kapal *Trimaran* lebih efisien dan lebih efektif dari kapal yang ada. Beberapa kelebihan yang dimiliki atau diberikan kapal yang memiliki bentuk lambung *Trimaran* adalah :

1. Memiliki geladak yang lebih lebar dan luas sehingga dapat lebih mudah dalam penempatan muatan yang membutuhkan ruangan yang lebar.
2. Bentuk *Trimaran* berperan penting untuk mengurangi WSA(Wetted Surface Area) sehingga hambatan pada kapal semakin berkurang dan mampu menghasilkan kecepatan yang tinggi dan mengurangi konsumsi bahan bakar.
3. Peningkatan kecepatan akan tercapai dengan daya mesin yang rendah dan bahan bakar ekonomis.
4. Kenyamanan dan kestabilan yang dihasilkan lebih baik sehingga apabila digunakan sebagai alat transportasi pun sesuai.

Permodelan untuk penelitian ini menggunakan model yang sudah ada yang berasal dari penelitian sebelumnya yang terkait dengan *Trimaran*. Berikut ini adalah bentuk – bentuk dari lambung Trimaran. Ada 3 model dari lambung Trimaran :

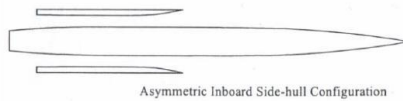
- a. Simetris



**Gambar 1 Konfigurasi Lambung Simetris**

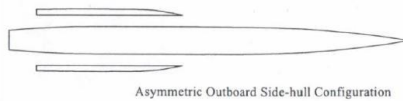
6

b. Asimetris in-board



Gambar 2 Konfigurasi Lambung Asimetris Dalam

c. Asimetris out-board



Gambar 3 Konfigurasi Lambung Asimetris Luar

Trimaran dengan geladak yang lebih besar adalah salah satu contoh konsep rancangan yang berhasil dalam mengatasi gerakan oleng yang merupakan kelemahan umum kapal konvensional.

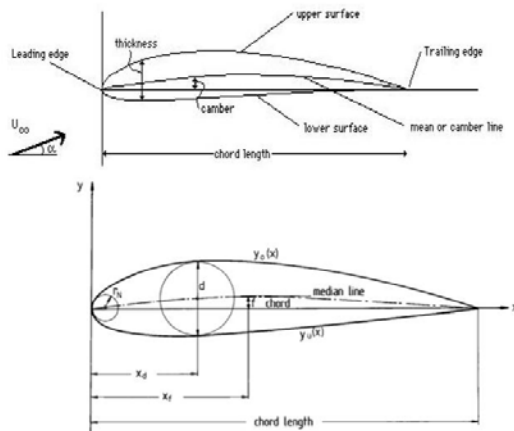
Samuel, Sisworo & Bangun, 2013

## 2.2. Karakteristik Hidrofoil NACA

Hidrofoil merupakan suatu bentuk sayap atau sudu (dari rotor, baling-baling atau turbin) yang memiliki sifat dan tujuan yang menyerupai *airfoil*. Perbedaan antara hidrofoil dan *airfoil* hanyalah media kerjanya. Hidrofoil bekerja pada aliran air sedangkan *airfoil* bekerja pada aliran udara.

NACA (*National Advisory Committee for Aeronautics*) *airfoil* adalah salah satu bentuk hidrodinamika sederhana yang berguna untuk dapat memberikan gaya angkat tertentu terhadap suatu bentuk badan lain dan dengan penyelesaian matematis sangat memungkinkan untuk memprediksi berapa besarnya gaya angkat yang dihasilkan oleh suatu bentuk *airfoil*. Geometri *airfoil* memiliki pengaruh besar terhadap karakteristik hidrodinamika dengan parameter penting berupa CL (Coefficient Lift), dan kemudian akan terkait dengan *lift* (gaya angkat yang dihasilkan).

NACA merupakan salah satu referensi untuk pemilihan *airfoil* yang populer saat ini. Pengujian yang dilakukan NACA lebih sistematis dengan membagi pengaruh efek kelengkungan dan distribusi ketebalan serta pengujiannya dilakukan pada berbagai nilai bilangan Reynold. *Airfoil* NACA mempunyai parameter-parameter dalam bentuknya. Gambar dibawah menunjukkan komponen parameter geometri *airfoil* NACA.



Gambar 4 Parameter Geografis Foil

Dimana :

$C$  : panjang *chord*

$F$  : maksimum *chamber*

$f/c$  : rasio *chamber*

$X_f$  : posisi maksimum *chamber*

$D$  : ketebalan maksimum *airfoil*

$d/c$  : *thickness-chord ratio*

$x_d$  : posisi ketebalan maksimum

$r_N$  : *nose radius*

## **Seri-seri Digit NACA**

### **- Seri empat digit**

Untuk jenis NACA seri empat digit, pengertian angka-angkanya adalah:

1. Digit pertama menyatakan persen maksimum chamber terhadap chord.
2. Digit kedua menyatakan persepuluh posisi maksimum chamber pada chord dari leading edge.
3. Dua digit terakhir menyatakan persen ketebalan airfoil terhadap chord.

Contoh dari penomoran ini adalah airfoil NACA 2412, ini berarti airfoil memiliki maksimum chamber 0.02 terletak pada 0.4c dari leading edge dan memiliki ketebalan maksimum 12% chord atau 0.12c.

### **- Seri 5 digit**

Garis kelengkungan rata-rata (mean chamber line) seri ini berbeda dibanding seri empat digit. Perubahan ini dilakukan dalam rangka menggeser maksimum chamber kedepan sehingga dapat meningkatkan CL max. Untuk jenis NACA seri lima digit ini, pengertian angka-angkanya adalah:

1. Digit pertama dikalikan  $\frac{3}{2}$  kemudian dibagi sepuluh memberikan nilai desain koefisien *lift*.
2. Dua digit berikutnya merupakan persen posisi maksimum chamber terhadap chord.
3. Dua digit terakhir merupakan persen ketebalan/thickness terhadap chord.

Selain seri empat digit dan lima digit NACA masih memiliki klasifikasi seri yang lain, yaitu NACA Seri-1 (Seri 16), NACA Seri 6, NACA Seri 7 dan NACA Seri 8. Beberapa kelebihan dan kekurangan dari masing-masing tipe airfoil antara lain sebagai berikut :

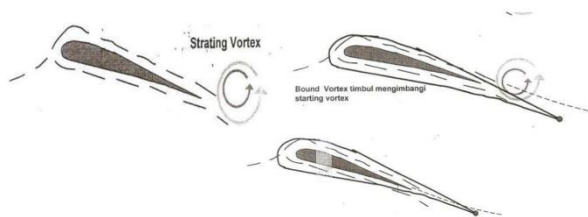
Tabel 1 Perbandingan Karakteristik Seri Airfoil NACA

Seri	Kelebihan	Kekurangan
4-Digit	Memiliki Karakteristik <i>stall</i> yang baik	Kebanyakan mempunyai koefisien <i>lift</i> yang rendah
	Pusat dari pergerakan tekanan kecil	Mempunyai <i>drag</i> yang relatif tinggi
	Tidak terlalu terpengaruh oleh kekasaran	
	Memiliki koefisien maksimum yang tinggi	Momen <i>pitching</i> besar
5-Digit	Maksimum koefisien <i>lift</i> yang tinggi	Kelakuan <i>stall</i> yang buruk
	Momen <i>pitching</i> rendah	Mempunyai gaya <i>lift</i> yang relatif kecil
	Tidak terpengaruh oleh kekasaran	
6-Digit	<i>Drag</i> sangat rendah jika airfoil bekerja pada daerah operasi	<i>Drag</i> sangat besar jika airfoil bekerja di luar daerah operasi
	Maksimum koefisien <i>lift</i> yang tinggi	Momen <i>pitching</i> besar
	Cocok untuk kecepatan angin tinggi	Sangat rentan oleh kekasaran
7-Digit	<i>Drag</i> sangat rendah jika airfoil bekerja pada daerah operasi	Pengurangan koefisien <i>lift</i> maksimum
	Momen <i>pitching</i> rendah	Kelakuan <i>stall</i> yang buruk
16-Digit	Menghindari terjadinya puncak tekanan rendah	Mempunyai gaya <i>lift</i> yang relatif kecil
	Gaya <i>drag</i> rendah pada kecepatan tinggi	

### 2.3. Konsep gaya angkat dan gaya hambat

Gaya angkat pada airfoil bergantung pada koefisien gaya angkat yang dihasilkan oleh airfoil tersebut. Koefisien gaya angkat, Lift Coefficient (CL) dipengaruhi oleh desain bentuk chamber dari airfoil. CL yang dihasilkan oleh suatu airfoil bervariasi secara linear dengan sudut serang ( $\alpha$ ) tertentu. Kemiringan garis ditandai dengan  $a_0$  yang disebut *lift slope*. Pada daerah ini aliran udara bergerak dengan mulus dan masih menempel pada hampir seluruh permukaan airfoil. Semakin bertambah besar  $\alpha$ , aliran udara cenderung untuk separasi dari permukaan atas airfoil, membentuk ulakan besar “*dead air*” di belakang airfoil. Pada aliran separasi ini, aliran udara berputar dan sebagian aliran bergerak ke arah yang berlawanan dengan aliran freestream disebut juga *reversed flow*.

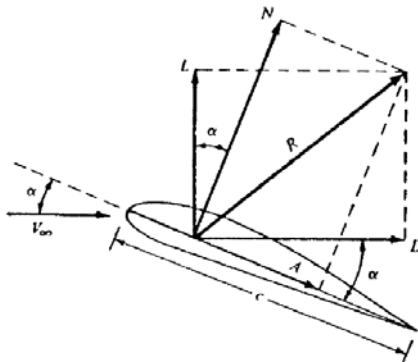
Aliran yang berpisah merupakan efek dari viskositas. Konsekuensi dari perpisahan aliran pada  $\alpha$  tinggi adalah pengurangan gaya angkat dan bertambah besarnya gaya hambat akibat *pressure drag*, kondisi ini disebut kondisi *stall*. Nilai maksimum dari CL berada tepat sebelum kondisi *stall* yang dilambangkan dengan max CL. Max CL merupakan aspek paling penting dari performa airfoil, karena menentukan kecepatan *stall* pesawat udara khususnya saat fasa terbang kritis yaitu terbang, tinggal landas, dan mendarat.



Gambar 5 Proses terbentuknya gaya angkat

Ketika sebuah benda apapun bergerak melalui sebuah fluida akan terjadi interaksi antara benda dengan fluida. Efek ini dapat digambarkan dalam bentuk gaya-gaya pada pertemuan antar-muka fluida benda.

Sudut serang ( $\alpha$ ) juga merupakan sudut antara gaya *lift* ( $L$ ) dan gaya normal ( $N$ ) dan gaya *drag* ( $D$ ) dan gaya aksial ( $A$ ).



**Gambar 6 Resultan gaya aerodinamik pada hidrofoil**

Resultan dari tegangan geser dan distribusi tekanan dapat diperoleh dengan mengintegrasikan pengaruh-pengaruh dari kedua besaran ini pada permukaan benda. Komponen  $x$  dan  $y$  dari gaya fluida pada elemen luas kecil sebesar  $dA$  adalah

$$dF_x = (pdA) \cos \Theta + (\tau_w dA) \sin \Theta \quad (2.1)$$

dan

$$dF_y = -(pdA) \sin \Theta + (\tau_w dA) \cos \Theta \quad (2.2)$$

$F_x$  : Gaya Horizontal (N)

$F_y$  : Gaya Vertikal (N)

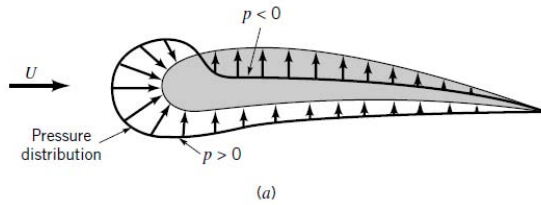
$p$  : Tekanan (Pa)

$A$  : Luas Acuan ( $m^2$ )

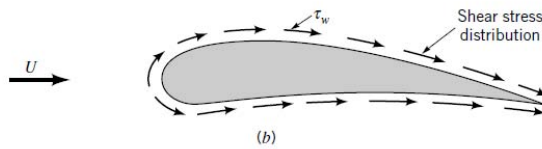
$\Theta$  : Sudut Benda dengan bidang

$\tau_w$  : Tegangan geser dinding (Pa)

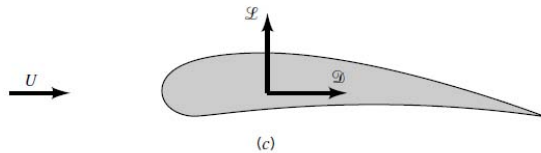
Jadi, komponen  $x$  dan  $y$  netto dari gaya pada benda adalah



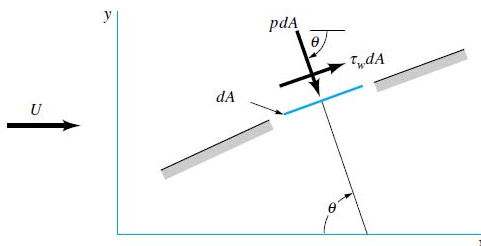
**Gambar 7 Distribusi Tekanan**



**Gambar 8 Gaya Viskos**



**Gambar 9 Gaya Resultan Lift dan Drag**



**Gambar 10 Gaya tekanan dan gaya geser pada sebuah elemen kecil dari permukaan sebuah benda**



$$D = \int dF_x = \int p \cos \Theta \, dA + \int \tau_w \sin \Theta \, dA$$

dan

$$L = \int dF_y = -\int p \sin \Theta \, dA + \int \tau_w \cos \Theta \, dA$$

D : Gaya hambat

L : Gaya Angkat

F<sub>x</sub> : Gaya Horizontal (N)

F<sub>y</sub> : Gaya vertikal (N)

p : Tekanan (Pa)

Θ : Sudut benda dengan Bidang

A : Luas acuan (m<sup>2</sup>)

τ<sub>w</sub> : Tegangan geser (Pa)

Tegangan geser maupun tekanan sama-sama memiliki pengaruh terhadap *lift* dan *drag*, karena untuk sembarang benda dengan sudut, θ tidak nol ataupun 90° pada benda. *Koefisien lift*, C<sub>L</sub> dan *koefisien drag*, C<sub>D</sub>, didefinisikan sebagai :

$$C_L = \frac{L}{\frac{1}{2} \rho v_x^2 A}$$

dan

$$C_D = \frac{D}{\frac{1}{2} \rho v_x^2 A}$$

dimana :

C<sub>D</sub> = koefisien gaya hambat (*drag*)

C<sub>L</sub> = koefisien gaya angkat (*lift*)

p = densitas fluida (kg/m<sup>3</sup>)

A = luasan acuan (m<sup>2</sup>)

c = panjang chord (m)

V<sub>x</sub> = kecepatan fluida relatif terhadap obyek (m/s)

Dua definisi yang sering digunakan adalah *frontal area* (luasan yang tampak jika kita memandang benda dari arah datang aliran) dan *planform area* (luasan benda yang tampak dari atas). Analisa dimensional koefisien tahanan dan koefisien gaya angkat

untuk suatu bentuk benda dalam aliran *incompressible steady* adalah fungsi dari parameter tak berdimensi,

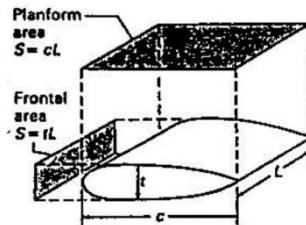
$$C_D = C_D(\alpha, Re)$$

$$C_L = C_L(\alpha, Re)$$

Dimana

$\alpha$  : Sudut serang

$Re$  : bilangan Reynolds



Gambar 11 Definisi luas planform dan luas frontal

Kuncoro, 2012

## 2.4. Metode Computational Fluid Dynamics

*Computational Fluid Dynamics* (CFD) merupakan pemodelan gambar untuk menyelesaikan permasalahan yang berhubungan dengan aliran fluida. CFD digunakan untuk mensimulasikan interaksi fluida dengan permukaan benda (*boundary condition*), memprediksi aliran fluida, perpindahan panas, perubahan fase, reaksi kimia dan tegangan pada permukaan benda padat [6].

Pada proses simulasi terdapat tiga tahap yang harus dilakukan, yaitu : *pre-processing*, *solving* dan *post processing*.

- *Pre-processing* merupakan proses memasukkan data.

Proses ini meliputi :

- a) Pendefinisian kondisi batas-batas (*boundary*) dari geometri
- b) Penentuan *domain*
- c) Pemilihan jenis fluida yang akan dianalisa

- *Solving* merupakan proses menghitung dari data masukan yang telah diberikan dengan metode *numeric solver*. Tahapan ini dibagi menjadi beberapa metode yaitu :
  - *Finite difference method*
  - *Finite elements method*
  - *Finite volume method*
  - *Boundary element method*
- *Post processing* merupakan tahap simulasi untuk menginterpretasikan kondisi – kondisi yang telah dibuat.

Anonim, 2016

*“halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB III METODE PENELITIAN**

Penyelesaian masalah pada penelitian ini maka digunakan metode *Computational Fluid Dynamics*. Desain pengerjaan penelitian dapat dilihat dalam *flow chart* dibawah. Proses pengerjaan penelitian dibagi dalam 3 tahapan utama yaitu Persiapan (Identifikasi masalah, Studi Literatur, Pengumpulan data, Penentuan variabel uji), Analisa (Pembuatan model kapal Trimaran di software, Pembuatan model Hidrofoil, Pengujian dan modifikasi model, Analisa data), dan Kesimpulan.

### **Tahap I. Persiapan**

#### **Identifikasi Permasalahan**

Identifikasi rumusan masalah mencakup keadaan laut yang nantinya akan digunakan untuk menentukan jenis aliran yang berpengaruh terhadap efisiensi kerja dari *hidrofoil* untuk memberikan daya angkat ke kapal *Trimaran hidrofoil*.

#### **Studi Literatur**

Studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan bahan referensi untuk dipelajari sebagai bahan pendukung kegiatan penelitian diantaranya adalah dengan mencari beberapa referensi buku, jurnal, paper ataupun dari internet yang berhubungan dengan karakteristik kapal, sudut serang, kecepatan kapal, tahanan kapal, dan daya angkat pada kapal *Trimaran Hidrofoil*.

#### **Pengumpulan Data**

Pengumpulan data mengenai kondisi laut yang berkaitan dengan pelayaran yang akan dilakukan kapal *Trimaran*

*Hidrofoil*. Daerah pelayaran kapal dianggap pada perairan tenang yang tidak memiliki ombak lebih dari 0,5 meter.

### **Penentuan Variabel Uji**

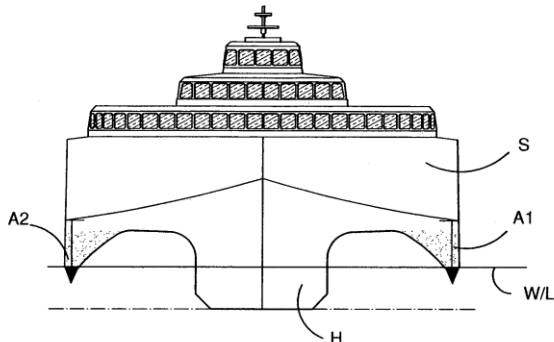
Penentuan parameter uji dalam *Computational Fluid Dynamics* meliputi :

- Variabel kontrol : Sudut serang *Hidrofoil* dan Kecepatan kapal
- Variabel bebas : Tipe aliran air laut
- Variabel tetap : Besar gaya angkat kapal

### **Tahap II. Analisa**

#### **Pembuatan Model Kapal Trimaran di Software**

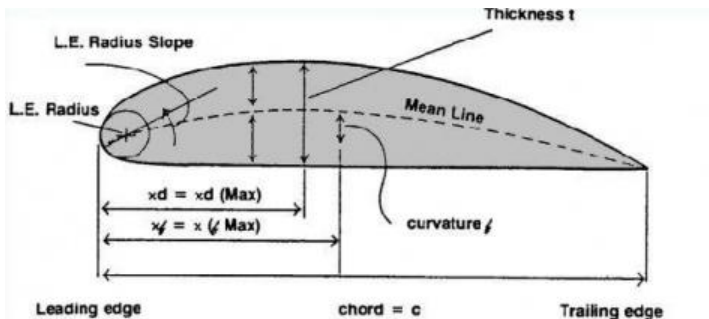
Pembuatan model kapal *Trimaran* dilakukan dengan memakai data kapal *Trimaran* yang telah ada. Ukuran kapal yang dipakai pada penelitian ini menggunakan kapal *Marine Solar Boat Team ITS*.



**Gambar 12 Kapal Trimaran**

### **Pembuatan Model Standar *Hidrofoil***

Pembuatan model standar *Hidrofoil* NACA 23021 yang memiliki kualitas terbaik pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Penelitian sebelumnya telah menghitung beberapa seri NACA dan ditentukan bahwa NACA 23021 memiliki perbandingan L/D lebih baik daripada NACA seri yang lain ketika digunakan untuk hidrofoil.



Gambar 13 NACA Hidrofoil

### **Pengujian dan Modifikasi Model**

Pengujian dan modifikasi model dilakukan dengan mensimulasikan model dengan menggunakan software *Computational Fluid Dynamics*. Pada penelitian ini model Hidrofoil disimulasikan dengan variasi kecepatan dan variasi sudut serang. Hal ini dimaksudkan untuk mencari sudut serang yang memberikan efisiensi L/D terbaik serta mengetahui batas kecepatan sampai kapal mencapai kondisi *stall*.

### **Analisa Data**

Analisa data didapatkan dari pengujian model pada tiap-tiap variable kecepatan kapal dan variasi sudut serang

hidrofoil serta menampilkan data tersebut dalam tabel dan grafik.

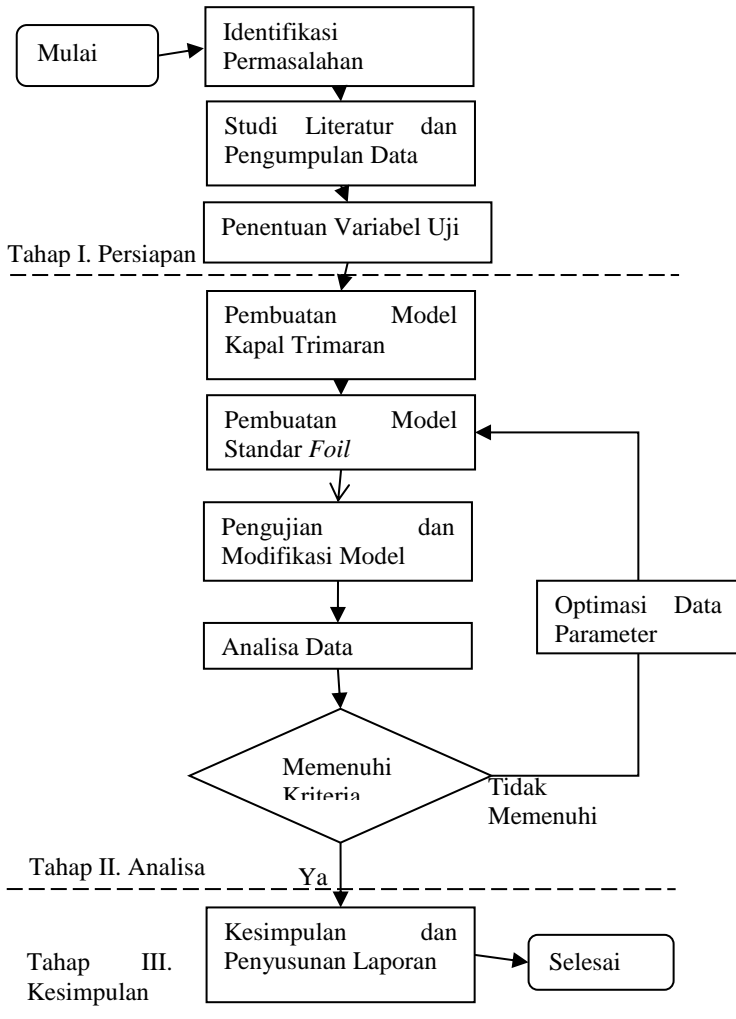
### **Tahap III. Kesimpulan**

#### **Kesimpulan**

Setelah dilakukan simulasi dan dihasilkan data mengenai gaya angkat hidrofoil pada setiap variasi kecepatan kapal dan variasi sudut serang hidrofoil, maka selanjutnya dianalisa besar sudut hidrofoil paling efisien pada kapal *Trimaran Hidrofoil* yang memberikan gaya angkat kapal untuk mengurangi tahanan kapal.



### Flow chart Metodologi Penelitian



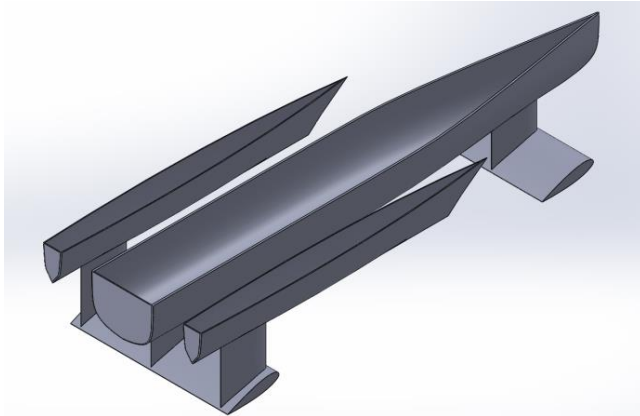
*“halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Umum

Pada bab ini akan menjelaskan mengenai tahap – tahap penyelesaian tugas akhir yang berjudul analisa pengaruh sudut serang terhadap gaya angkat kapal trimaran hidrofoil. Penjelasan dimulai dari tahap pembuatan model trimaran hidrofoil menggunakan software Computational Fluid Dynamics hingga perhitungan tekanan, tahanan dan gaya angkat yang terjadi pada hidrofoil. Pada pengerjaan tugas akhir ini sudut serang foil yang divariasikan adalah  $10^0$ ,  $20^0$ , dan  $30^0$ . Selain sudut serang yang divariasikan, kecepatan kapal juga divariasikan 20, 30, dan 40 knot untuk mengetahui daya angkat kapal di tiap perubahan kecepatan.

#### 4.1.1. Penggambaran model *Trimaran Hydrofoil*



Gambar 14 Desain Kapal Trimaran

Pada tahap ini kapal yang dibuat menggunakan kapal Marine Solar Boat Team ITS. Dibawah ini merupakan gambar *body plan* dan *half breadth plan* kapal trimaran yang akan digunakan pada analisa ini.

### Spesifikasi Ukuran Kapal

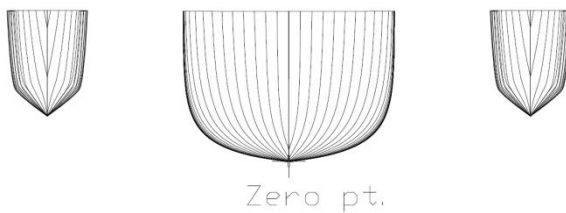
Lpp : 5,50 m

B : 2,75 m

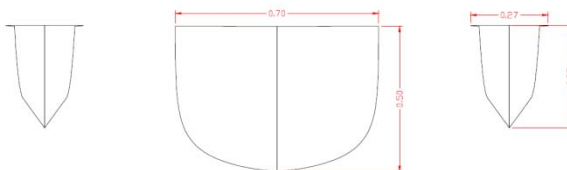
T : 0,2 m

H : 1,0 m

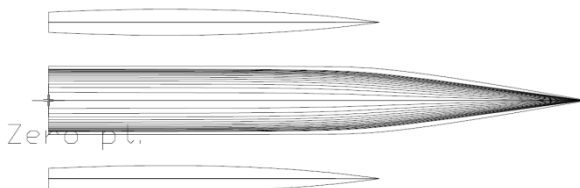
$\Delta$  : 0,1641 ton



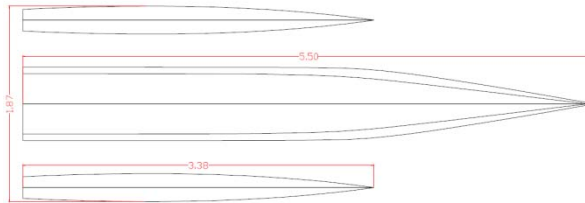
**Gambar 15 Body Plan**



**Gambar 16 Pandangan depan**



**Gambar 17 Half Breadth Plan**



**Gambar 18 Pandangan Atas**

### **Pemilihan Foil**

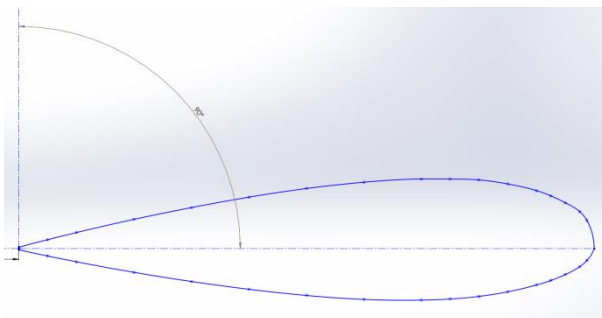
Perhitungan gaya angkat foil bagian depan dan belakang agar dapat mengangkat kapal dengan berat  $9618 \text{ kg} = 94352,58 \text{ N}$ . Perhitungan yang digunakan yaitu menggunakan rumus *coefficient lift*

$$C_L = \frac{L}{\frac{1}{2} \rho v_x^2 A}$$

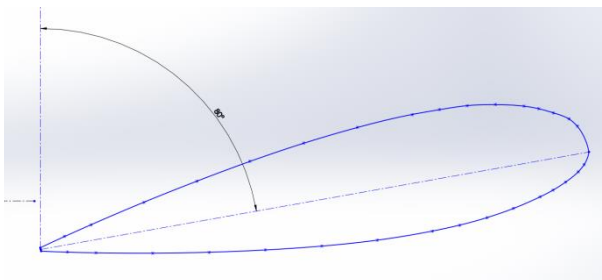
Penelitian kali ini menggunakan NACA seri 23021 dengan mengacu pada penelitian sebelumnya. Ukuran *strut* yang digunakan pada penelitian ini sebesar 60% dari ukuran asli. Ketinggian *strut* didesain agar aliran gelombang fluida dapat mengalir dengan baik sebesar 0,4 m. Ukuran foil didesain sesuai ukuran kapal sebesar 60% dari ukuran asli. Perhitungan gaya angkat dilakukan pada 3 kondisi kecepatan 20 knot, 30 knot, dan 40 knot. Perhitungan dengan menggunakan excel menghasilkan data sebagai berikut :

<b>Kecepatan</b>	<b>20 knot</b>	<b>30 knot</b>	<b>40 knot</b>
<b>Lf</b>	66406,6377	149414,9348	265626,5508
<b>Lb</b>	45735,9441	102905,8742	182943,7764

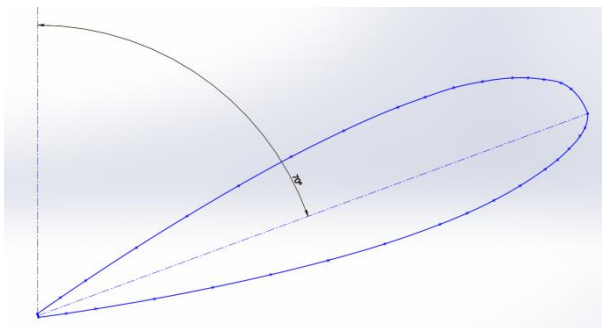
Dengan toleransi yang telah dimasukkan maka dapat disimpulkan foil yang digunakan untuk hidrofoil pada kapal trimaran ini memiliki lebar foil belakang sebesar 1,8 m dan foil depan 1,2 m serta jarak antar foil sebesar 3,9 m.



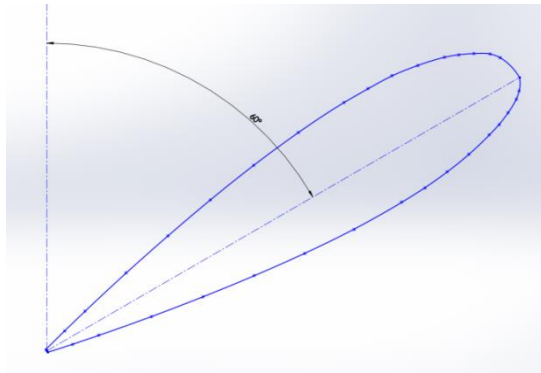
**Gambar 19 Sudut 0 derajat**



**Gambar 20 Sudut 10 derajat**



**Gambar 21 Sudut 20 derajat**



Gambar 22 Sudut 30 derajat

### Geometri *Foil* dan *Strut*

Tabel 2 Koordinat *Foil* NACA 23021 (*Foil*)

#GROUP	POINT	X-CORD	Y-CORD	Z-CORD
1	1	1,0000	0,0022	0
1	2	0,9500	0,0153	0
1	3	0,9000	0,0276	0
1	4	0,8000	0,0505	0
1	5	0,7000	0,0709	0
1	6	0,6000	0,0890	0
1	7	0,5000	0,1040	0
1	8	0,4000	0,1149	0
1	9	0,3000	0,1206	0
1	10	0,2500	0,1205	0
1	11	0,2000	0,1180	0
1	12	0,1500	0,1119	0
1	13	0,1000	0,1003	0
1	14	0,0750	0,0913	0
1	15	0,0500	0,0793	0

1	16	0,0250	0,0641	0
1	17	0,0125	0,0487	0
1	18	0,0000	0,0000	0
1	19	0,0125	-0,0208	0
1	20	0,0250	-0,0314	0
1	21	0,0500	-0,0452	0
1	22	0,0750	-0,0555	0
1	23	0,1000	-0,0632	0
1	24	0,1500	-0,0751	0
1	25	0,2000	-0,0830	0
1	26	0,2500	-0,0876	0
1	27	0,3000	-0,0895	0
1	28	0,4000	-0,0883	0
1	29	0,5000	-0,0814	0
1	30	0,6000	-0,0707	0
1	31	0,7000	-0,0572	0
1	32	0,8000	-0,0413	0
1	33	0,9000	-0,0230	0
1	34	0,9500	-0,0130	0
1	35	1,0000	-0,0022	0

Tabel 3 Koordinat NACA 63012 (Strut)

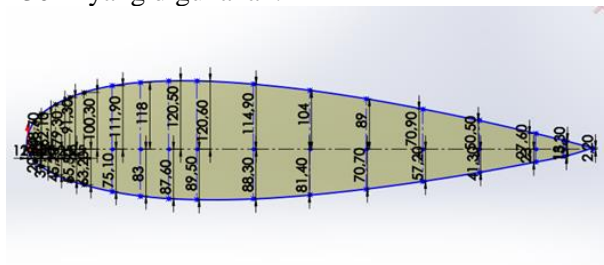
#GROUP	POINT	X-CORD	Y-CORD	Z-CORD
1	1	0,0000	0,00000	0
1	2	0,0050	0,00973	0
1	3	0,0075	0,01173	0
1	4	0,0125	0,01492	0
1	5	0,0250	0,02078	0
1	6	0,0500	0,02895	0
1	7	0,0750	0,03504	0
1	8	0,1000	0,03994	0



1	9	0,1500	0,04747	0
1	10	0,2000	0,05287	0
1	11	0,2500	0,05664	0
1	12	0,3000	0,05901	0
1	13	0,3500	0,05995	0
1	14	0,4000	0,05957	0
1	15	0,4500	0,05792	0
1	16	0,5000	0,05517	0
1	17	0,5500	0,05148	0
1	18	0,6000	0,04700	0
1	19	0,6500	0,04186	0
1	20	0,7000	0,03621	0
1	21	0,7500	0,03026	0
1	22	0,8000	0,02426	0
1	23	0,8500	0,01826	0
1	24	0,9000	0,01225	0
1	25	0,9500	0,00625	0
1	26	1,0000	0,00025	0
1	27	1,0000	-0,00025	0
1	28	0,9500	-0,00625	0
1	29	0,9000	-0,01225	0
1	30	0,8500	-0,01826	0
1	31	0,8000	-0,02426	0
1	32	0,7500	-0,03026	0
1	33	0,7000	-0,03621	0
1	34	0,6500	-0,04186	0
1	35	0,6000	-0,04700	0
1	36	0,5500	-0,05148	0
1	37	0,5000	-0,05517	0
1	38	0,4500	-0,05792	0
1	39	0,4000	-0,05957	0
1	40	0,3500	-0,05995	0
1	41	0,3000	-0,05901	0
1	42	0,2500	-0,05664	0

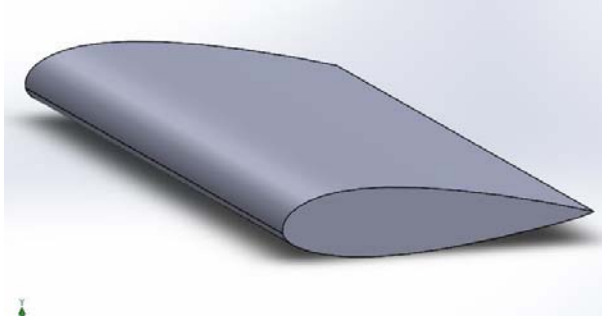
1	43	0,2000	-0,05287	0
1	44	0,1500	-0,04747	0
1	45	0,1000	-0,03994	0
1	46	0,0750	-0,03504	0
1	47	0,0500	-0,02895	0
1	48	0,0250	-0,02078	0
1	49	0,0125	-0,01492	0
1	50	0,0075	-0,01173	0
1	51	0,0050	-0,00973	0
1	52	0,0000	0,00000	0

Pada tahap ini, setiap koordinat foil NACA digambarkan sesuai dengan jenis NACA yang telah ditentukan. Langkah pertama adalah membuat titik – titik koordinat dimensi hidrofoil sesuai dengan NACA yang digunakan, dalam hal ini NACA 23021 yang digunakan.



Gambar 23 Konfigurasi Koordinat Foil

Setelah itu titik koordinat disambungkan dengan kurva, kurva dibagi menjadi bagian atas dan bagian bawah agar langkah analisa selanjutnya menjadi lebih mudah. Selanjutnya bentuk kurva yang sudah jadi dibuat menjadi solid dengan lebar foil sebesar 2 m.



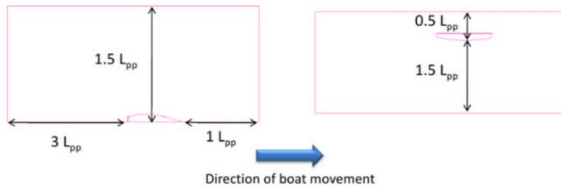
Gambar 24 Model Foil NACA 23021

Langkah selanjutnya menggabungkan desain kapal trimaran dengan *foil* dan *strut*. Ukuran *strut* yang digunakan pada penelitian ini sebesar 60% dari ukuran asli. Ketinggian *strut* didesain agar aliran gelombang fluida dapat mengalir dengan baik sebesar 0,4 m. Ukuran foil didesain sesuai ukuran kapal sebesar 60% dari ukuran asli. Lebar *foil* didesain agar gaya angkat bisa seimbang antara *foil* depan dan *foil* belakang, lebar *foil* belakang sebesar 1,8 m dan *foil* depan sebesar 1,2 m.

#### 4.1.2. Meshing

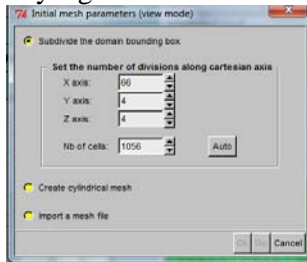
Langkah selanjutnya setelah model geometri kapal trimaran hidrofoil selesai dikerjakan maka dilanjutkan dengan proses *meshing*. Tahap ini merupakan pembagian detail dari geometri agar lebih halus dan spesifik dengan cara optimasi *sizing mesh*.

Sebelum melakukan *meshing*, terlebih dahulu dilakukan proses pembuatan domain. Ukuran domain memiliki standar ukuran boundary agar hasil analisa bisa sesuai dengan keadaan lingkungan sebenarnya.



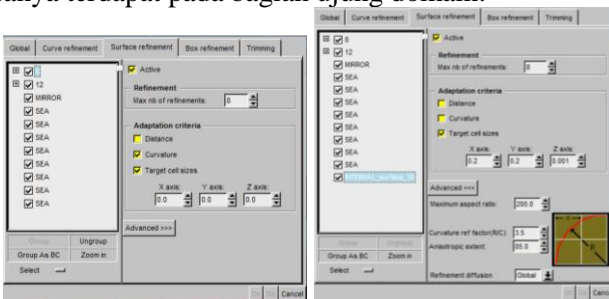
Gambar 25 Standar Ukuran Boundary Domain

Parameter meshing pertama adalah *initial mesh*, dimana pada parameter pertama ini didefinisikan ukuran pembagian geometri seluruh domain. Domain dibagi menjadi kotak-kotak sesuai dengan domain yang telah dibuat



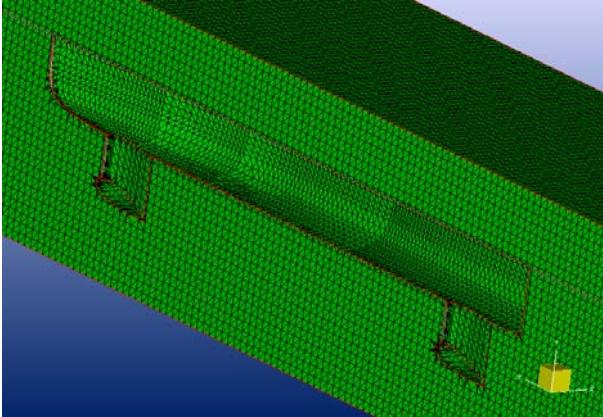
Gambar 26 Awalan Meshing

Parameter kedua mendefinisikan mengenai bagian-bagian yang harus mendapatkan perbaikan lebih dari yang lain, biasanya terdapat pada bagian ujung domain.



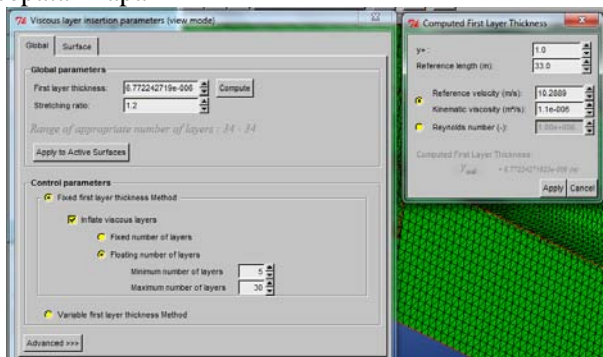
Gambar 27 Adaptasi Geometri

Parameter ketiga mengenai perbaikan dari parameter pertama dan kedua dimana bagian *meshing* akan menjadi lebih halus dan menyentuh setiap bagian geometri domain. Parameter keempat merupakan parameter optimasi agar bagian *meshing* mengikuti bentuk domain.



Gambar 28 Hasil Meshing

Parameter kelima mengenai kondisi *meshing* pada bagian permukaan benda. Pada parameter *meshing* kelima ini memerlukan ukuran dan kecepatan kapal sehingga dihasilkan angka Reynolds dan angka Froude yang dipengaruhi ukuran dan kecepatan kapal



Gambar 29 Parameter Optimasi Meshing

### 4.1.3. Pengaturan dan Simulasi Model

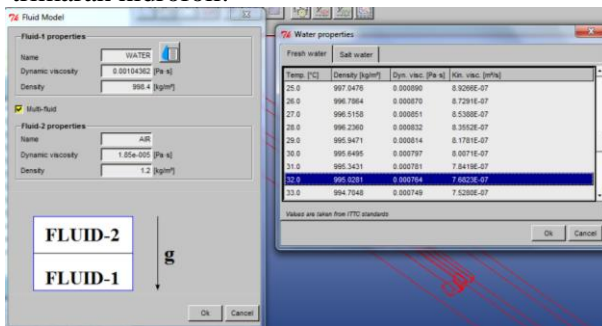
Proses selanjutnya setelah dilakukan *meshing* dan definisi geometri adalah proses pengaturan parameter simulasi aliran. Berikut beberapa parameter yang harus didefinisikan pada tahap ini :

a. Kondisi Aliran

Kondisi aliran terbagi menjadi 2 jenis yaitu aliran *steady* dimana kecepatan aliran tetap dan aliran *unsteady* dimana jenis aliran ini memiliki kecepatan yang berubah-ubah. Dari penjelasan tersebut maka aliran yang dipakai pada penelitian ini adalah aliran *unsteady*.

b. Jenis Fluida

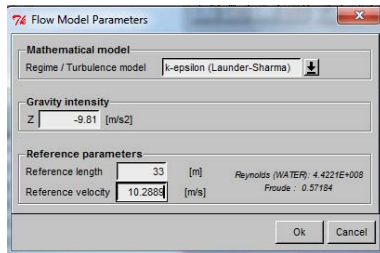
Definisi fluida dibagi menjadi 2 bagian yaitu bagian fluida air laut dan fluida udara. Pada analisa ini bagian fluida dipisahkan oleh *internal surface* yang dibuat pada proses penggambaran geometri kapal trimaran hidrofoil.



Gambar 30 Parameter Jenis Fluida

c. Jenis Aliran

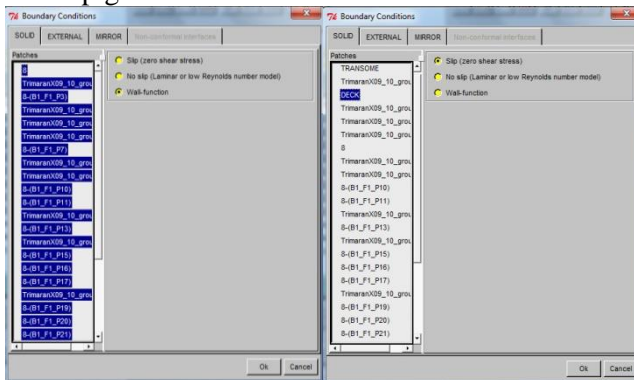
Model turbulensi aliran yang paling umum digunakan pada analisa aliran fluida adalah model k-epsilon (Lauder-Sharma). Parameter ukuran dan kecepatan kapal diperlukan untuk mendapatkan nilai Angka Reynolds dan Angka Froude.

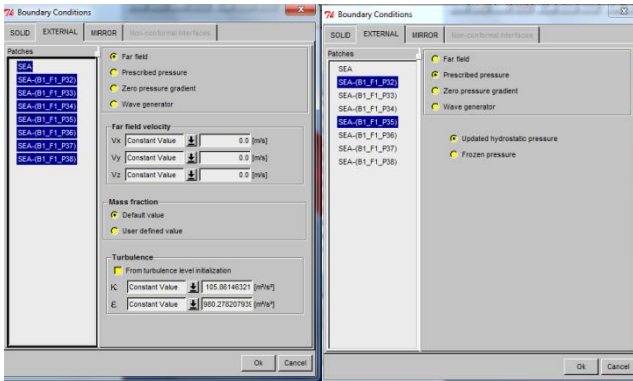


Gambar 31 Parameter Jenis Aliran

d. Kondisi batas geometri

Batas domain perlu didefinisikan untuk membedakan jenis batas. Kondisi batas bisa berupa fungsi dinding yang memiliki definisi nilai gesek atau batas tanpa slip/gesekan.

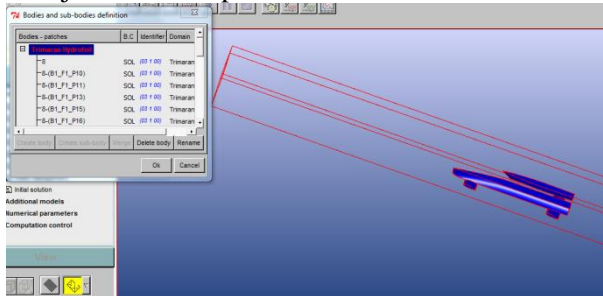




Gambar 32 Parameter Boundary Condition

e. Kondisi kapal

Jenis dinding yang digunakan pada semua bagian geometri kapal. Definisi bagian-bagian domain yang merupakan bagian dari badan kapal dikelompokkan menjadi satu komponen

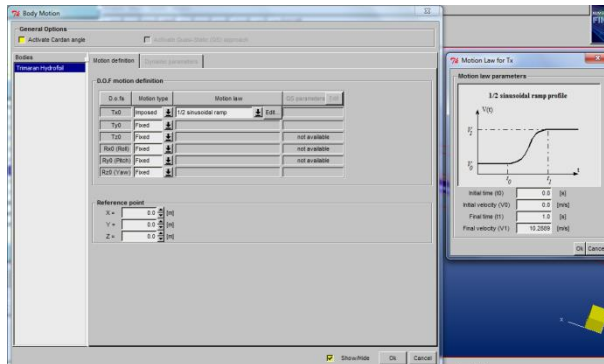


Gambar 33 Parameter Badan Kapal

f. Kondisi gerakan kapal

Titik apung kapal dan jenis gerakan kapal didefinisikan sesuai perhitungan dan kebutuhan analisa. Pada penelitian kali ini jenis gerakan kapal yang digunakan adalah *1/2 sinusoidal ramp*.





Gambar 34 Parameter Gerakan Kapal

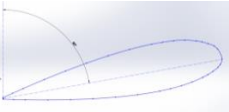
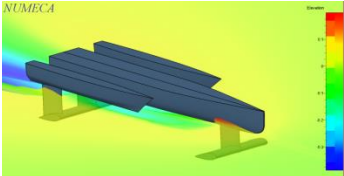
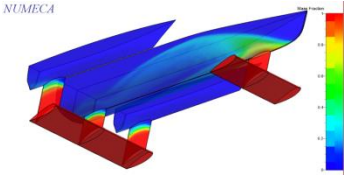
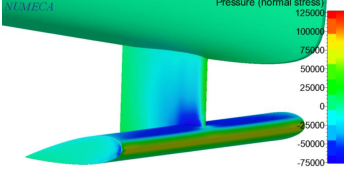
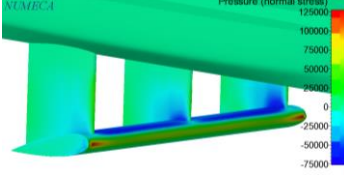
#### g. Parameter Lain

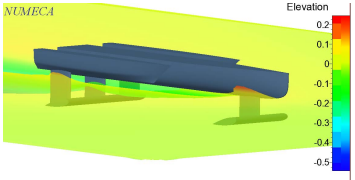
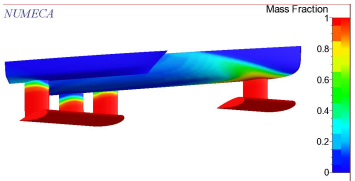
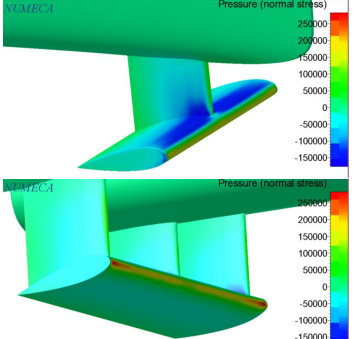
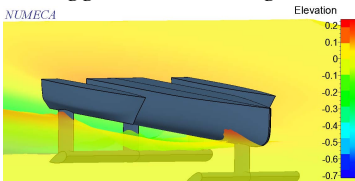
Variabel Kontrol dan Hasil Analisa mendefinisikan mengenai jumlah *Time step* dan periode gerakan kapal yang digunakan. Setelah semua parameter didefinisikan maka dapat dilakukan proses selanjutnya, proses *running* simulasi. Proses *running* simulasi merupakan proses perhitungan data secara komputasi oleh komputer (pada *software* ini memiliki beban yang relatif berat sehingga komputer yang digunakan juga harus memiliki spesifikasi yang memadai agar proses *solver* bisa dijalankan)

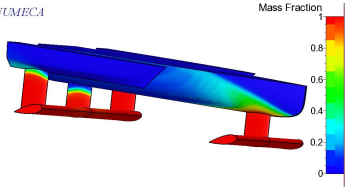
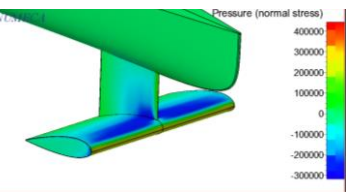
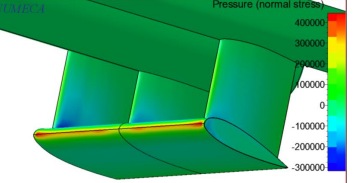
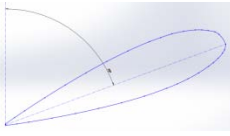
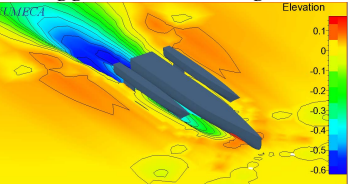
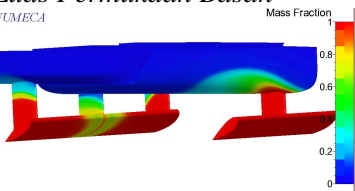
#### 4.1.4. Hasil Simulasi Model

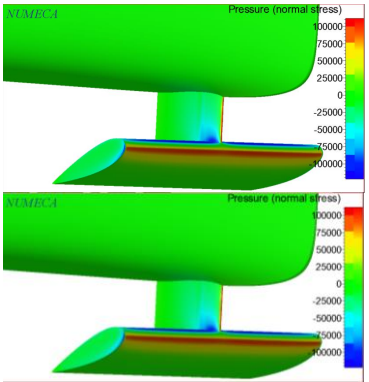
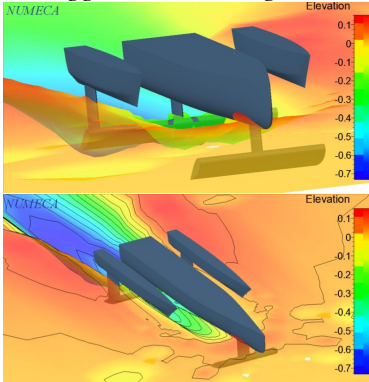
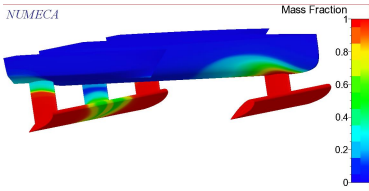
Model yang disimulasikan akan menghasilkan data berupa nilai distribusi tekanan pada lambung kapal, gaya angkat kapal, tahanan kapal, dan momen kapal. Terdapat 3 model sudut hidrofoil dan 3 variasi kecepatan kapal yang dianalisa.

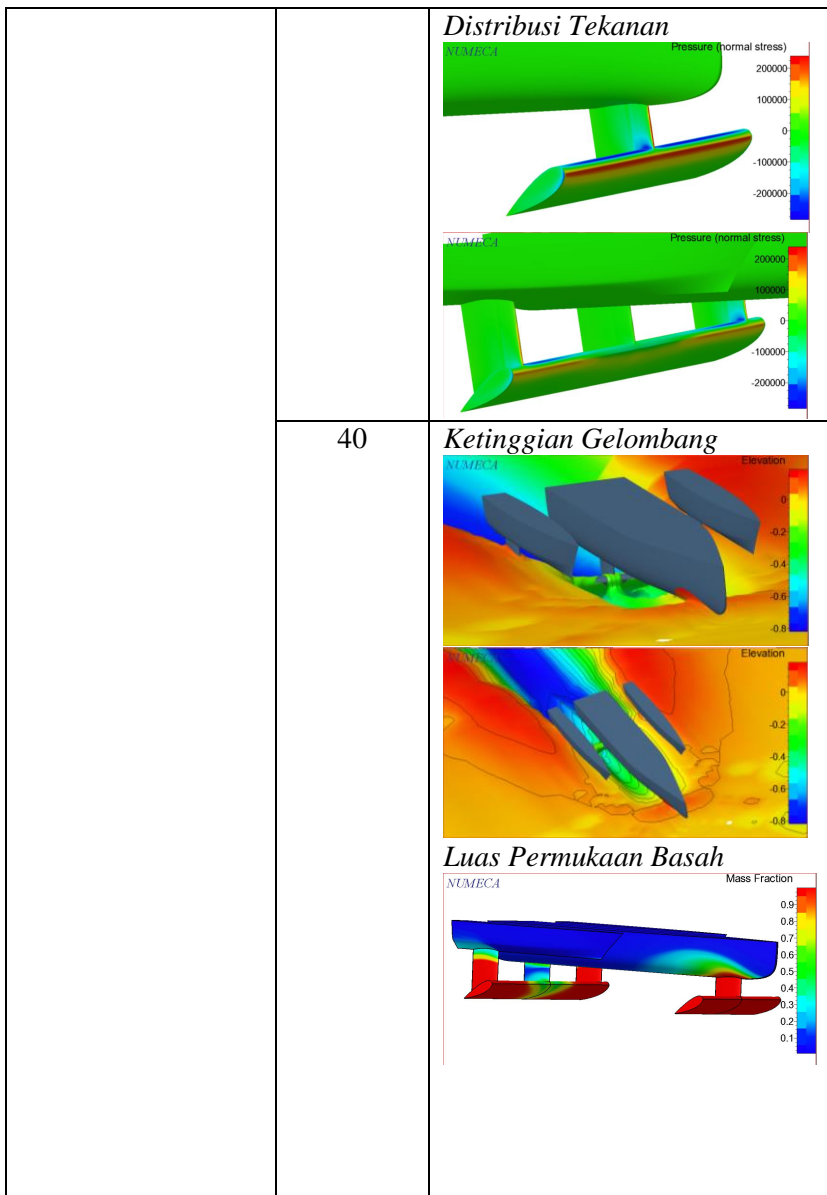
Tabel 4 Gambar Hasil Simulasi tiap Variasi

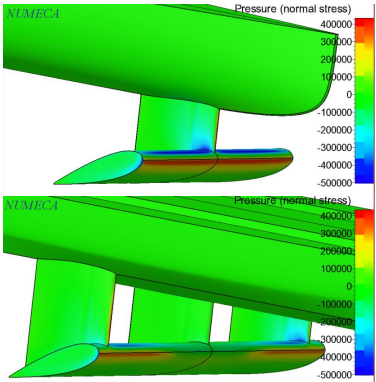
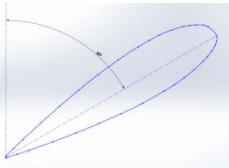
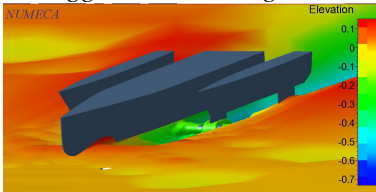
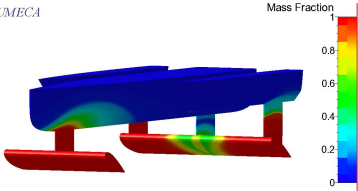
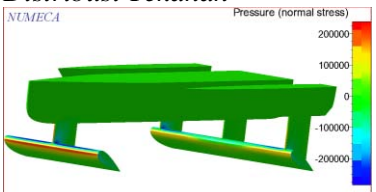
Sudut serang	Kecepatan Kapal (knot)	Gambar Hasil Analisa
<p style="text-align: center;"><math>10^0</math></p> 	<p style="text-align: center;">20</p>	<p><i>Ketinggian Gelombang</i></p>  <p><i>Luas Permukaan Basah</i></p>  <p><i>Distribusi Tekanan</i></p>  

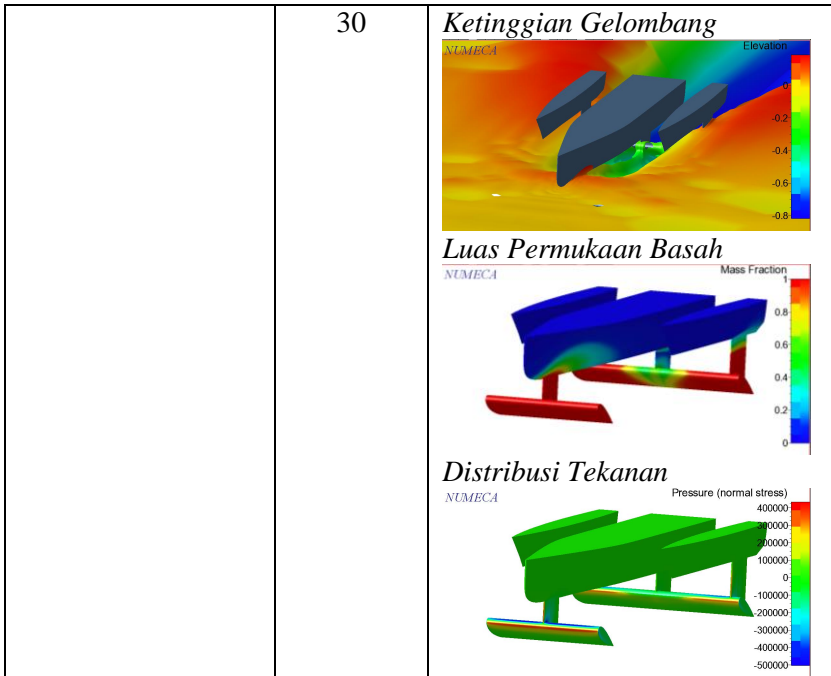
	<p>30</p>	<p><i>Ketinggian Gelombang</i></p>  <p><i>Luas Permukaan Basah</i></p>  <p><i>Distribusi Tekanan</i></p> 
	<p>40</p>	<p><i>Ketinggian Gelombang</i></p> 

		<p><i>Luas Permukaan Basah</i></p> <p>NUMECA</p>  <p>Mass Fraction</p> <p><i>Distribusi Tekanan</i></p> <p>NUMECA</p>  <p>Pressure (normal stress)</p>  <p>Pressure (normal stress)</p>
<p>20<sup>0</sup></p> 	<p>20</p>	<p><i>Ketinggian Gelombang</i></p> <p>NUMECA</p>  <p>Elevation</p> <p><i>Luas Permukaan Basah</i></p> <p>NUMECA</p>  <p>Mass Fraction</p>

		<p><i>Distribusi Tekanan</i></p>  <p>NUMECA Pressure (normal stress)</p> <p>NUMECA Pressure (normal stress)</p>
	30	<p><i>Ketinggian Gelombang</i></p>  <p>NUMECA Elevation</p> <p>NUMECA Elevation</p> <p><i>Luas Permukaan Basah</i></p>  <p>NUMECA Mass Fraction</p>



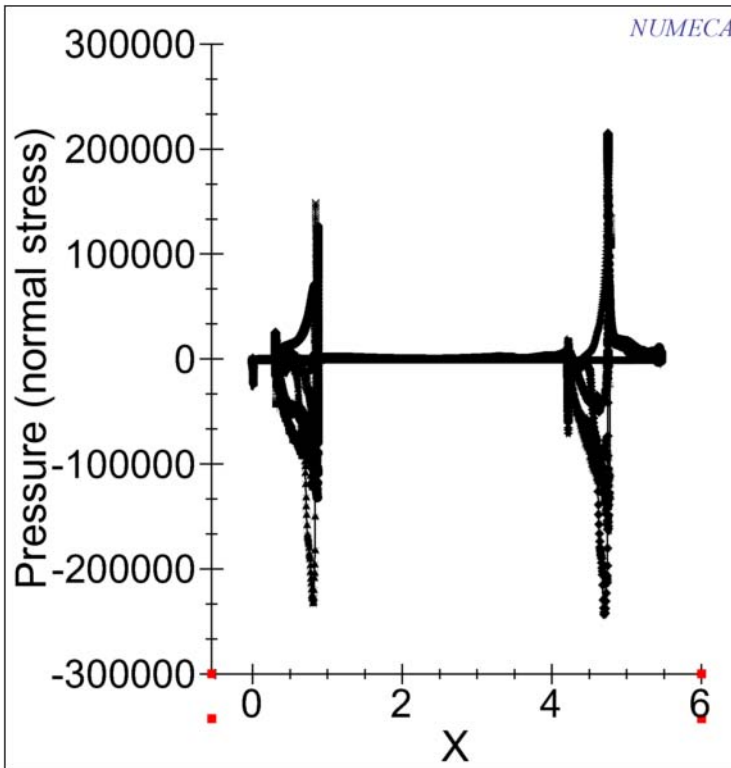
		<p><i>Distribusi Tekanan</i></p> 
<p>30<sup>0</sup></p> 	<p>20</p>	<p><i>Ketinggian Gelombang</i></p>  <p><i>Luas Permukaan Basah</i></p>  <p><i>Distribusi Tekanan</i></p> 



#### 4.2. Pembahasan

Hasil simulasi yang dilakukan dengan 3 variasi sudut dan 3 variasi kecepatan menghasilkan data nilai hasil running analisa geometri kapal. Data-data yang dihasilkan antara lain Distribusi Tekanan dan Gaya angkat. Data-data yang ada didalam tabel 4 kemudian diplotkan kedalam grafik untuk mengetahui karakteristik dari setiap model yang telah dianalisa.





Gambar 35 Grafik Cartesien Tekanan

Setelah didapatkan grafik cartesian tekanan dari semua model maka dilanjutkan dengan perhitungan gaya angkat pada hidrofoil depan dan hidrofoil belakang. Persamaan yang digunakan adalah persamaan Bernoulli

$$P^1 - P^2 = (F^1 - F^2) A$$

Dimana :

- P1 : Tekanan dibawah Foil (Pa)
- P2 : Tekanan diatas Foil (Pa)
- F1 : Gaya angkat dibawah Foil (Newton)
- F2 : Gaya angkat diatas Foil (Newton)
- A : Luas Permukaan Foil (m<sup>2</sup>)

**Tabel 5 Distribusi Tekanan Terhadap Gaya angkat Foil Depan**

No	Sudut	Kecepatan (knot)	Tekanan Foil Depan (Pa)		Luas Permukaan Foil (m <sup>2</sup> )	Gaya Angkat (Newton)
			Bawah	Atas		
1	10	20	35000,00	0,00	4,08	142800,00
2		30	75000,00	10000,00	4,08	265200,00
3		40	140000,00	50000,00	4,08	367200,00
4	20	20	5000,00	-30000,00	4,08	142800,00
5		30	10000,00	-75000,00	4,08	346800,00
6		40	40000,00	-100000,00	4,08	571200,00
7	30	20	-25000,00	-60000,00	4,08	142800,00
8		30	-40000,00	-110000,00	4,08	285600,00

**Tabel 6 Distribusi Tekanan terhadap Gaya Angkat Foil Belakang**

No	Sudut	Kecepatan (knot)	Tekanan Foil Belakang		Luas Permukaan Foil (m <sup>2</sup> )	Gaya Angkat (Newton)
			Bawah	Atas		
1	10	20	50000,00	10000,00	2,81	112400,00
2		30	100000,00	40000,00	2,81	168600,00
3		40	160000,00	100000,00	2,81	168600,00
4	20	20	15000,00	-15000,00	2,81	84300,00
5		30	20000,00	-60000,00	2,81	224800,00
6		40	25000,00	-150000,00	2,81	491750,00
7	30	20	-7500,00	-35000,00	2,81	77275,00
8		30	-15000,00	-75000,00	2,81	168600,00

**Tabel 7 Data Hasil Simulasi**

No	Sudut	Kecepatan (knot)	Hambatan (Newton)	Momen (N.m)		
				Mx	My	Mz
1	10	20	6167,755	-7922,572	-5694,746	-9795,585
2		30	14685,490	-16482,480	-17902,760	-24320,153
3		40	26136,680	-28562,730	-37783,000	-44444,660
4	20	20	10733,000	-12400,290	-12791,230	-14191,220
5		30	20433,480	-25371,490	-35744,941	-30376,039
6		40	37612,359	-44084,770	-61750,941	-58169,719
7	30	20	15353,368	-19823,230	-20675,491	-21436,439
8		30	29775,980	-33712,219	-48123,329	-37578,235

Selanjutnya akan dibahas setiap karakteristik model pada tabel di atas

#### **4.2.1. Turbulensi Aliran**

Hasil analisa menunjukkan kecepatan kapal berpengaruh terhadap turbulensi aliran. Semakin besar kecepatan kapal maka turbulensi aliran semakin besar sehingga menurunkan efisiensi gaya angkat pada hidrofoil belakang.

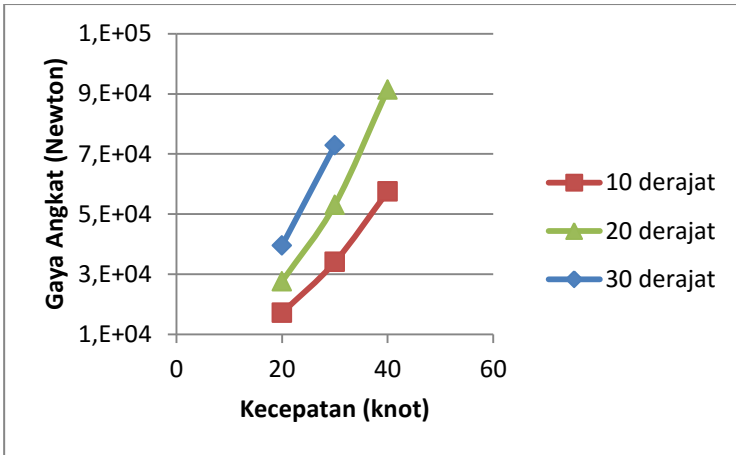
Kecepatan 20 knot kapal memiliki gaya angkat terbaik pada sudut serang hidrofoil sebesar 30 derajat. Gaya angkat pada sudut 10 derajat dan 20 derajat kapal belum mencapai gaya angkat yang diinginkan agar kapal bisa terangkat.

Kecepatan kapal 30 knot memiliki gaya angkat terbaik pada sudut serang hidrofoil sebesar 20 derajat. Gaya angkat pada sudut 10 derajat kapal belum mencapai gaya angkat yang diinginkan, sedangkan pada sudut 30 derajat kapal sudah mencapai kondisi stall. Hal ini disebabkan karena hidrofoil belakang tidak mendapat aliran air yang cukup akibat turbulensi besar yang dihasilkan foil depan menghilangkan gaya angkat foil belakang.

Kecepatan 40 knot kapal sudah mengalami stall pada setiap derajat sudut serang.

#### **4.2.2. Perbandingan Kecepatan >< Gaya angkat**

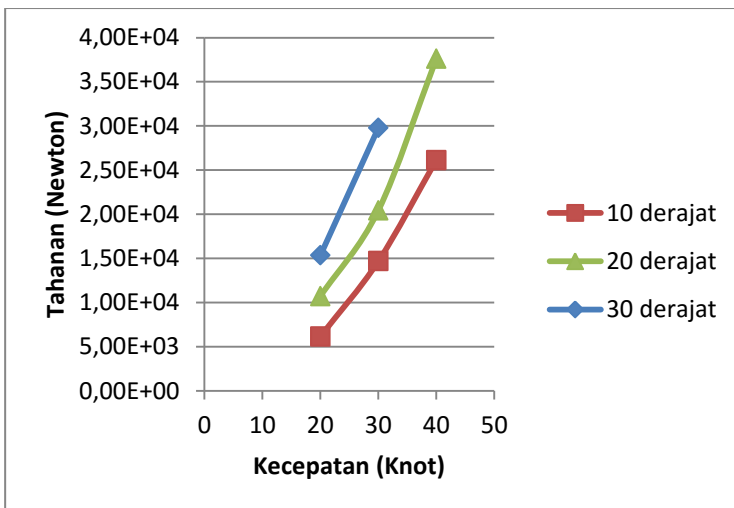
Grafik dibawah ini menunjukkan perbandingan gaya angkat kapal yang diakibatkan oleh perubahan kecepatan kapal pada setiap model variasi. Grafik tersebut menunjukkan semakin besar kecepatan kapal maka gaya angkat pun akan semakin besar. Selain itu perubahan sudut serang dari hidrofoil menyebabkan gaya angkat juga semakin besar pada kecepatan yang sama.



**Gambar 36** Grafik Perbandingan Kecepatan Kapal Terhadap Gaya Angkat Kapal

#### 4.2.3. Perbandingan Kecepatan >< Tahanan

Grafik dibawah ini menunjukkan perbandingan tahanan kapal yang diakibatkan oleh perubahan kecepatan kapal pada setiap model variasi. Grafik tersebut menunjukkan semakin besar kecepatan kapal maka tahanan kapal pun akan semakin besar. Selain itu perubahan sudut serang dari hidrofoil menyebabkan tahanan kapal juga semakin besar pada kecepatan yang sama.



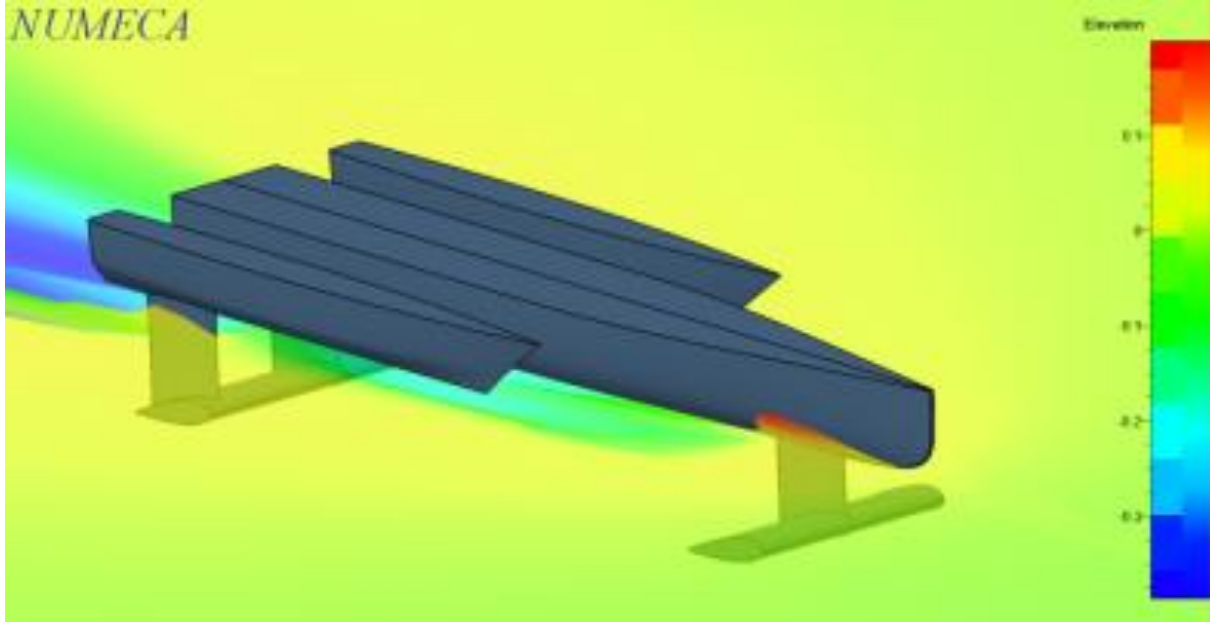
**Gambar 37** Grafik Perbandingan Kecepatan Kapal terhadap Tahanan Kapal

*“halaman ini sengaja dikosongkan”*

**LAMPIRAN**

A10\_V20

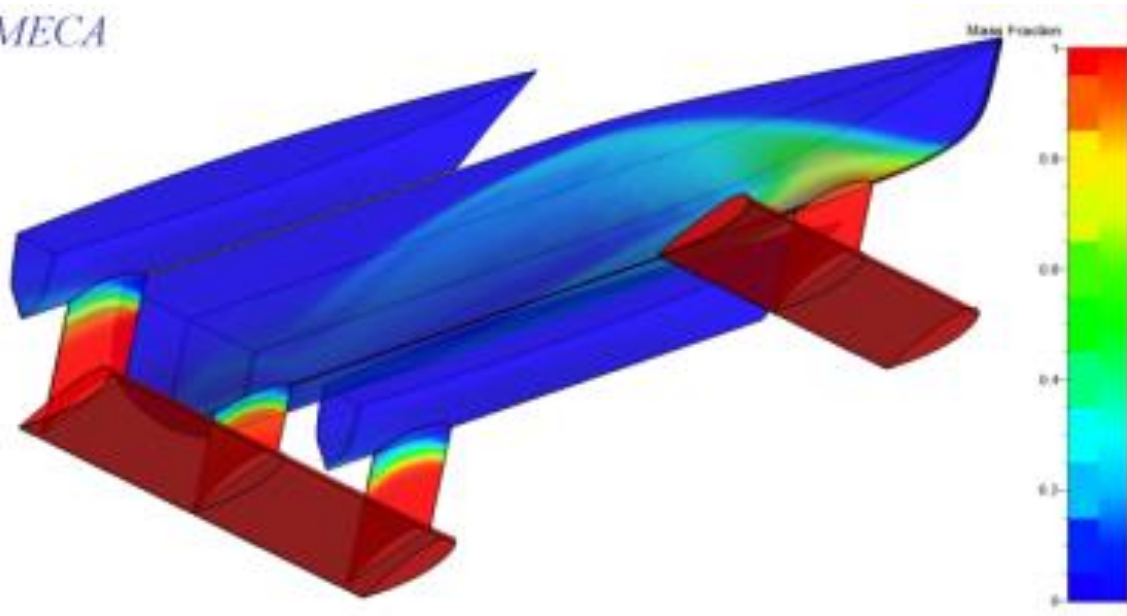
*Ketinggian Gelombang*



A10\_V20

*Luas Permukaan Basah*

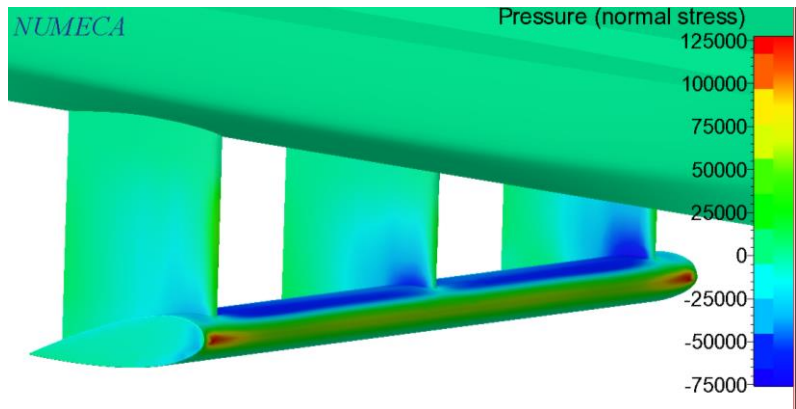
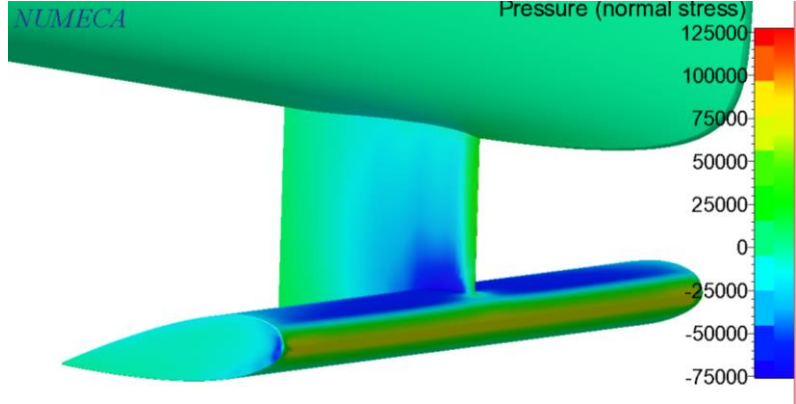
*NUMECA*





A10\_V20

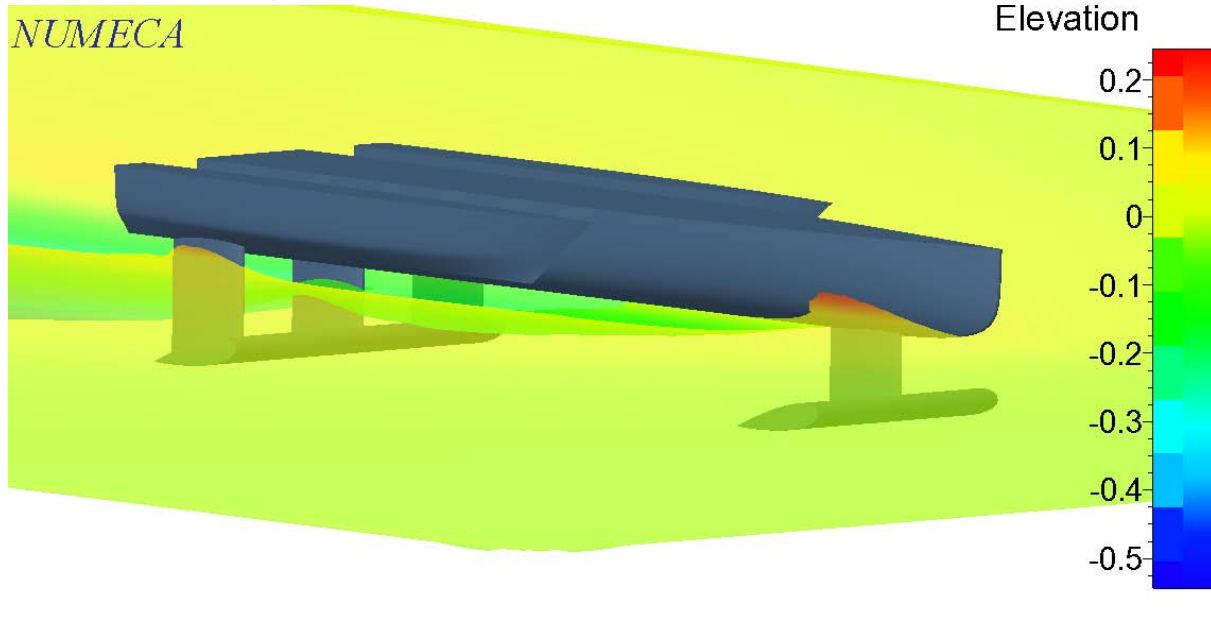
Distribusi Tekanan



A10\_V30

Ketinggian Gelombang

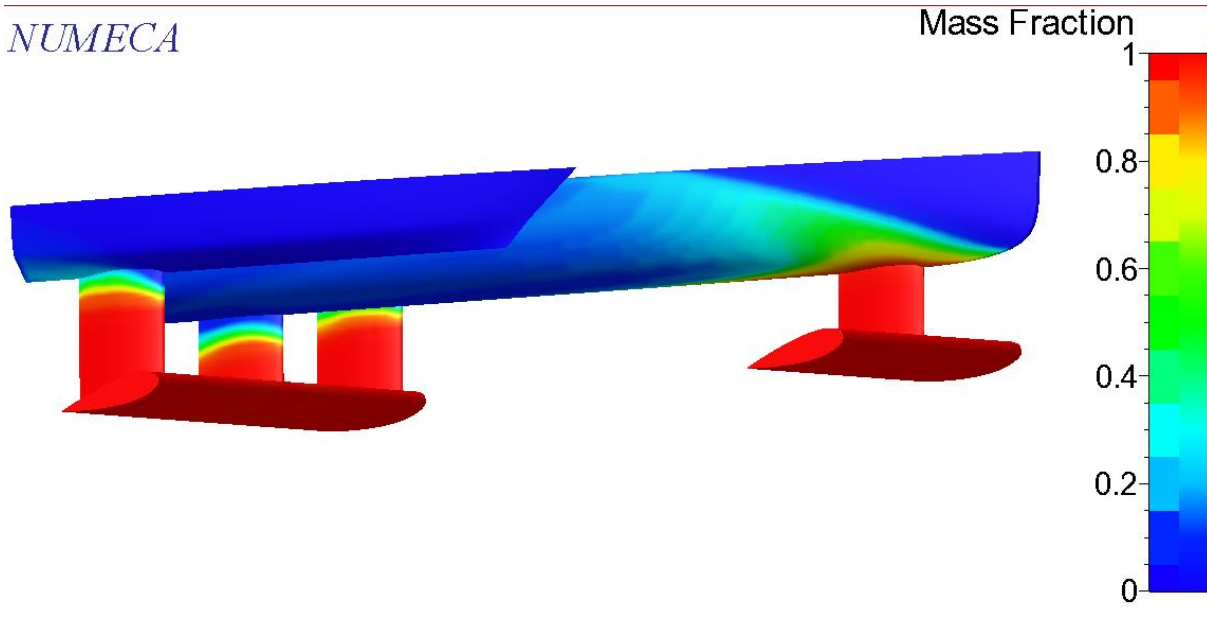
NUMECA



A10\_V30

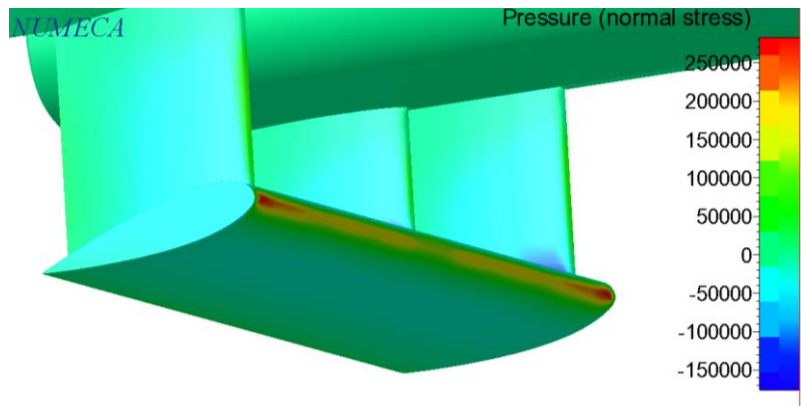
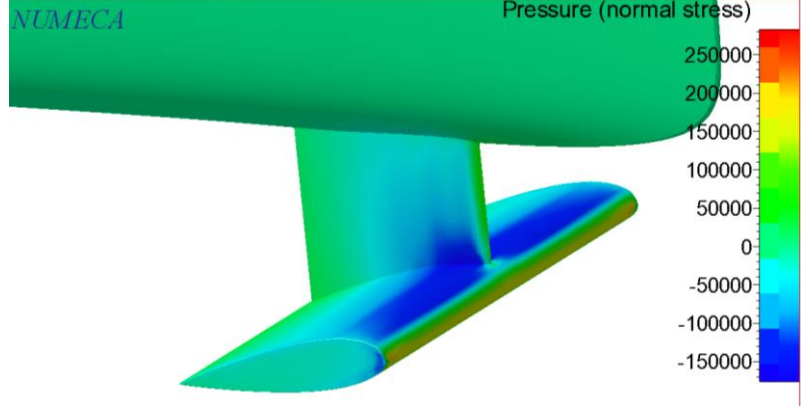
Luas Permukaan Basah

NUMECA



A10\_V30

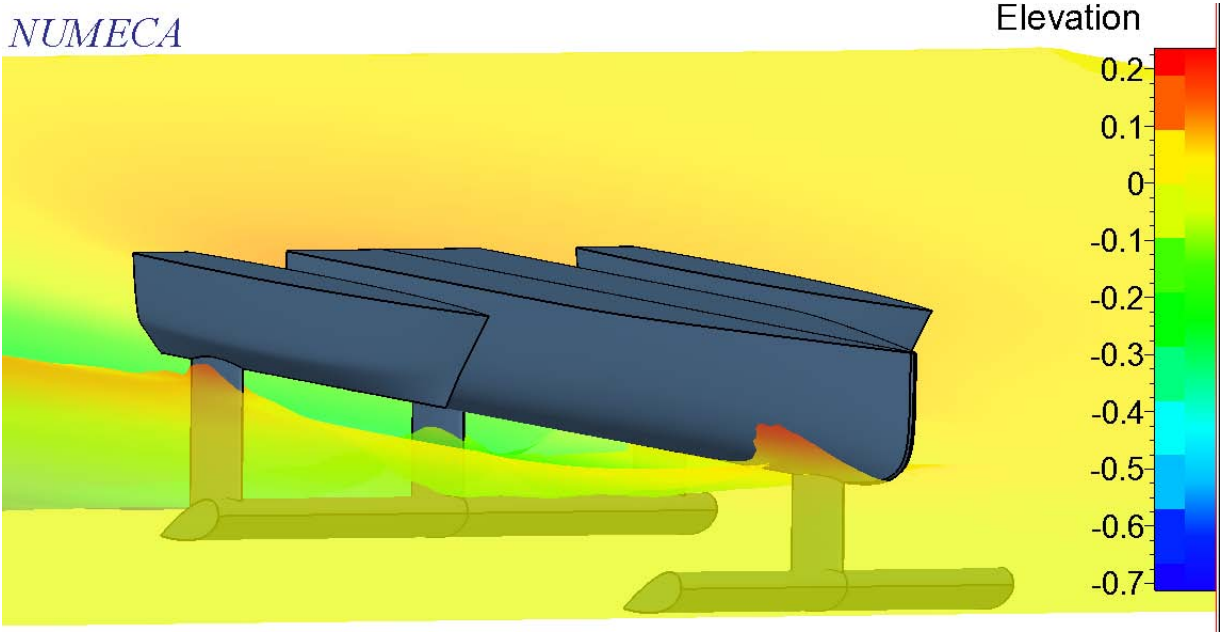
Distribusi Tekanan



A10\_V40

Ketinggian Gelombang

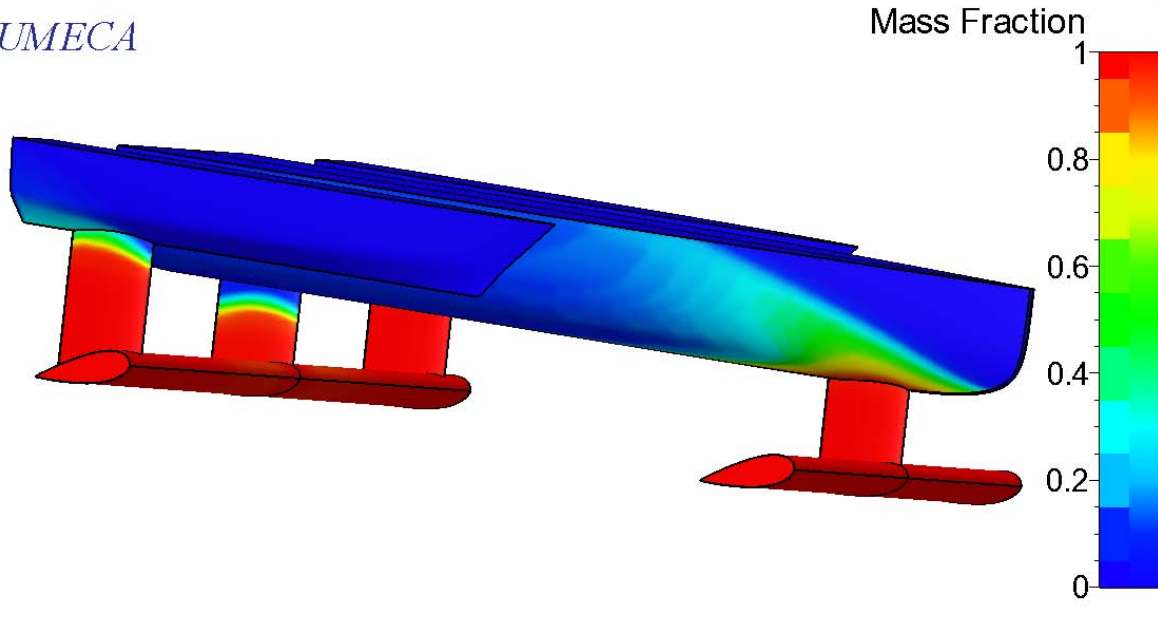
NUMECA



A10\_V40

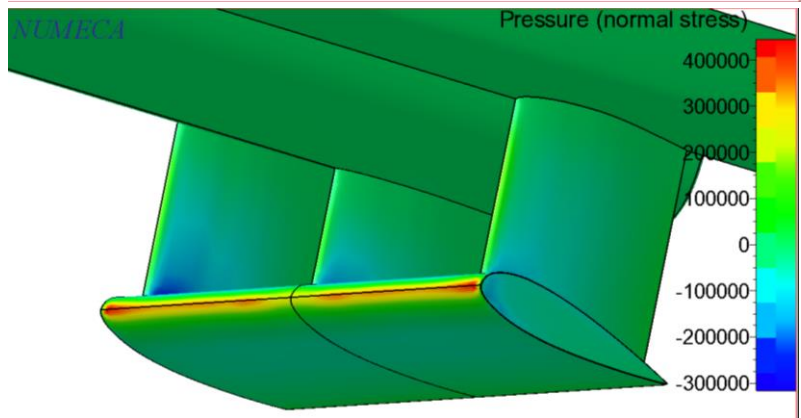
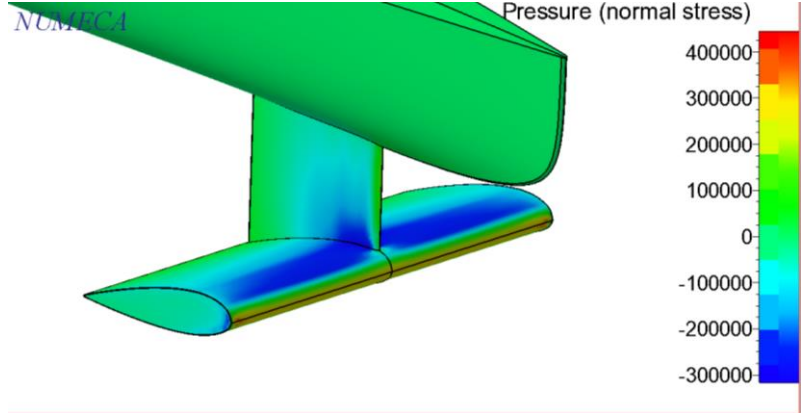
Luas Permukaan Basah

NUMECA



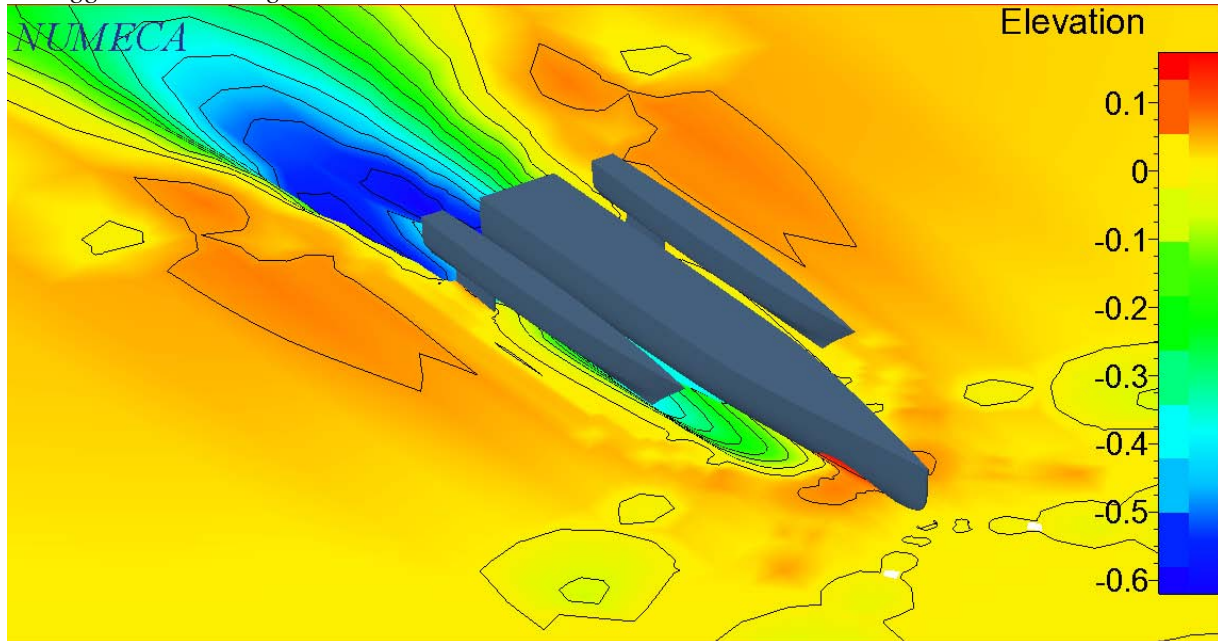
A10\_V40

Distribusi Tekanan



A20\_V20

*Ketinggian Gelombang*

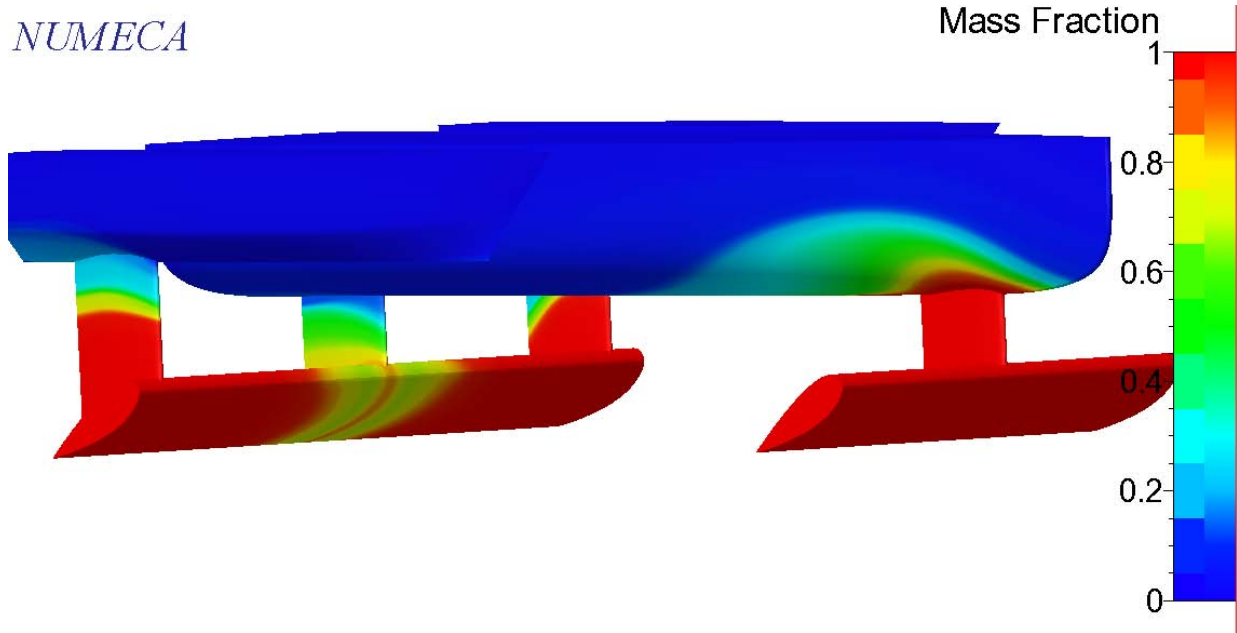




A20\_V20

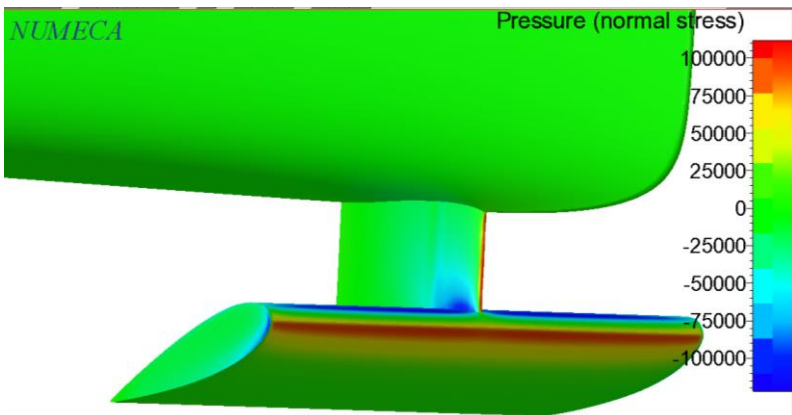
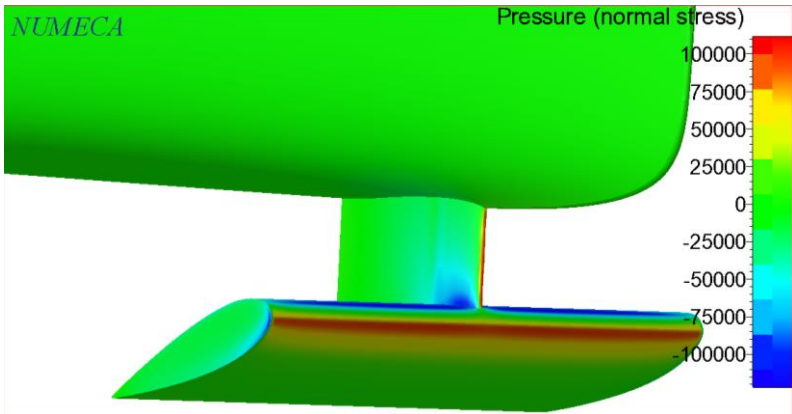
Luas Permukaan Basah

NUMECA



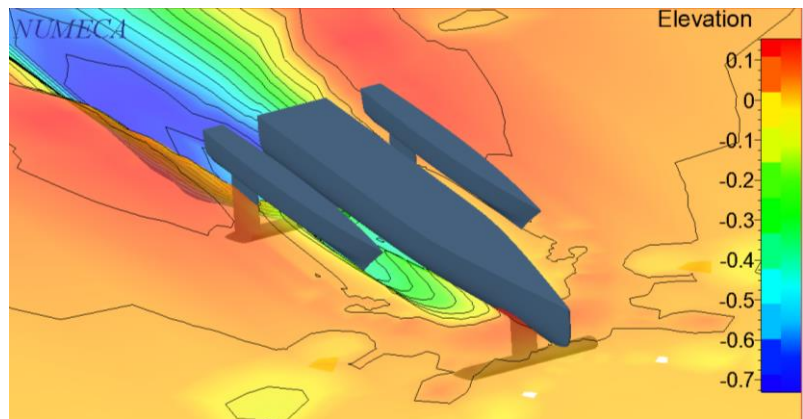
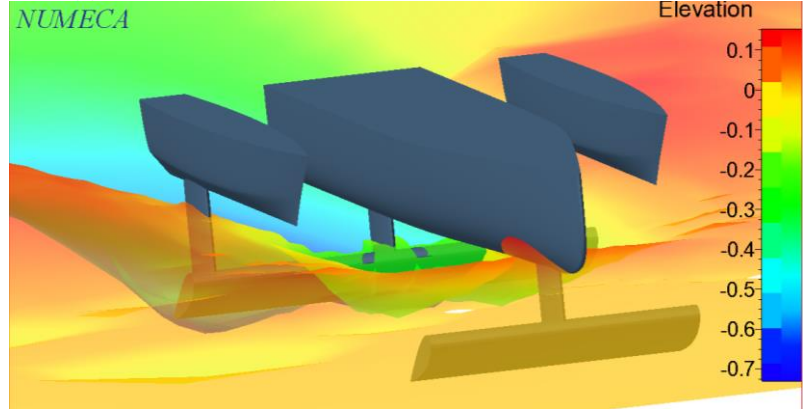
A20\_V20

Distribusi Tekanan



A20\_V30

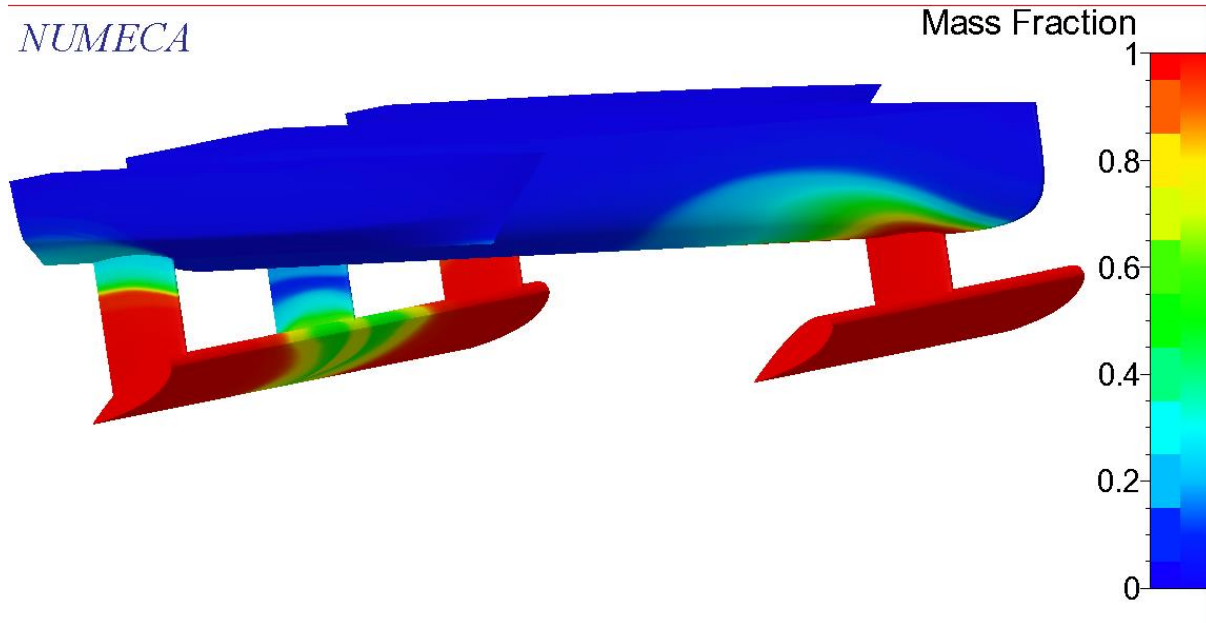
Ketinggian Gelombang



A20\_V30

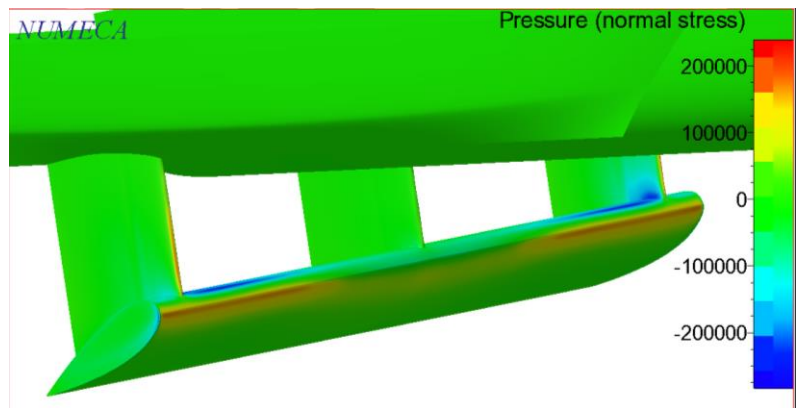
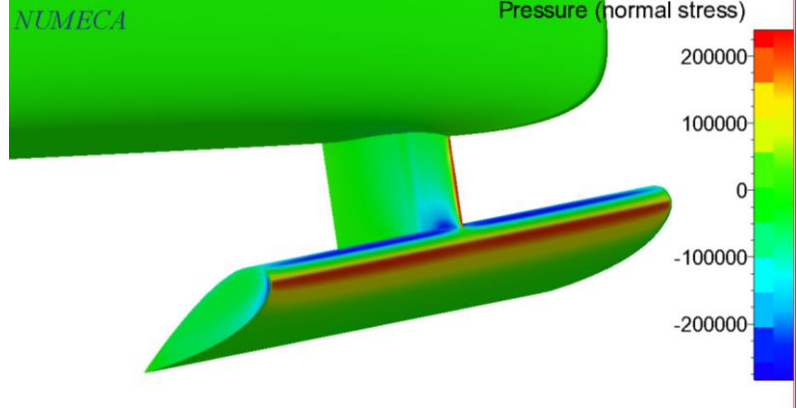
Luas Permukaan Basah

NUMECA



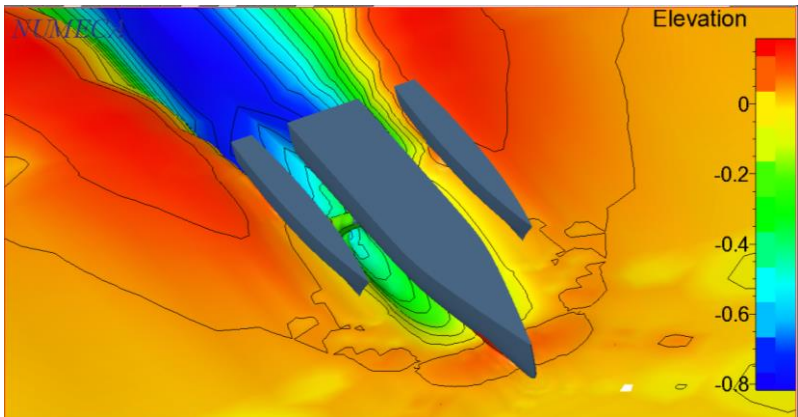
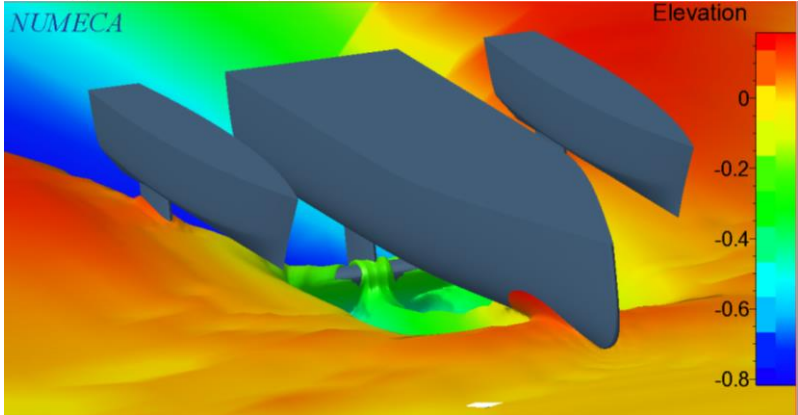
A20\_V30

Distribusi Tekanan



A20\_V40

Ketinggian Gelombang

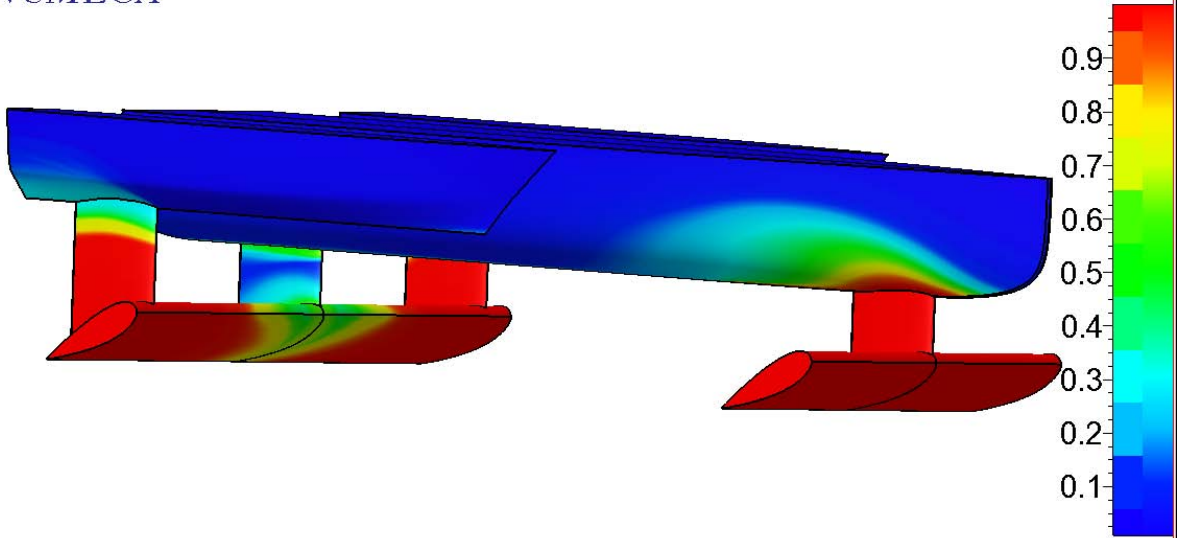


A20\_V40

Luas Permukaan Basah

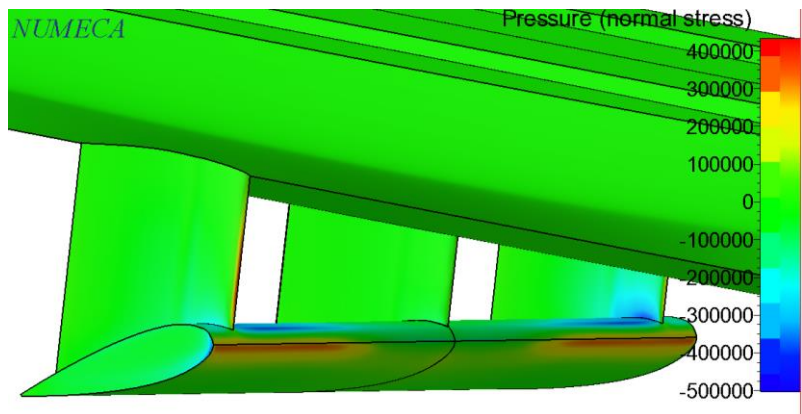
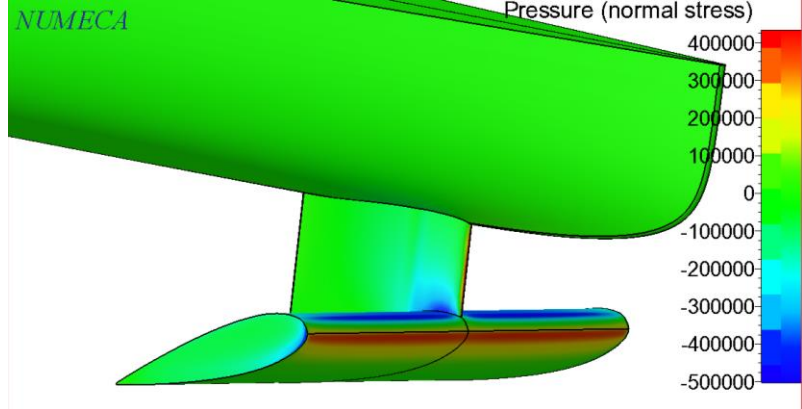
NUMECA

Mass Fraction



A20\_V40

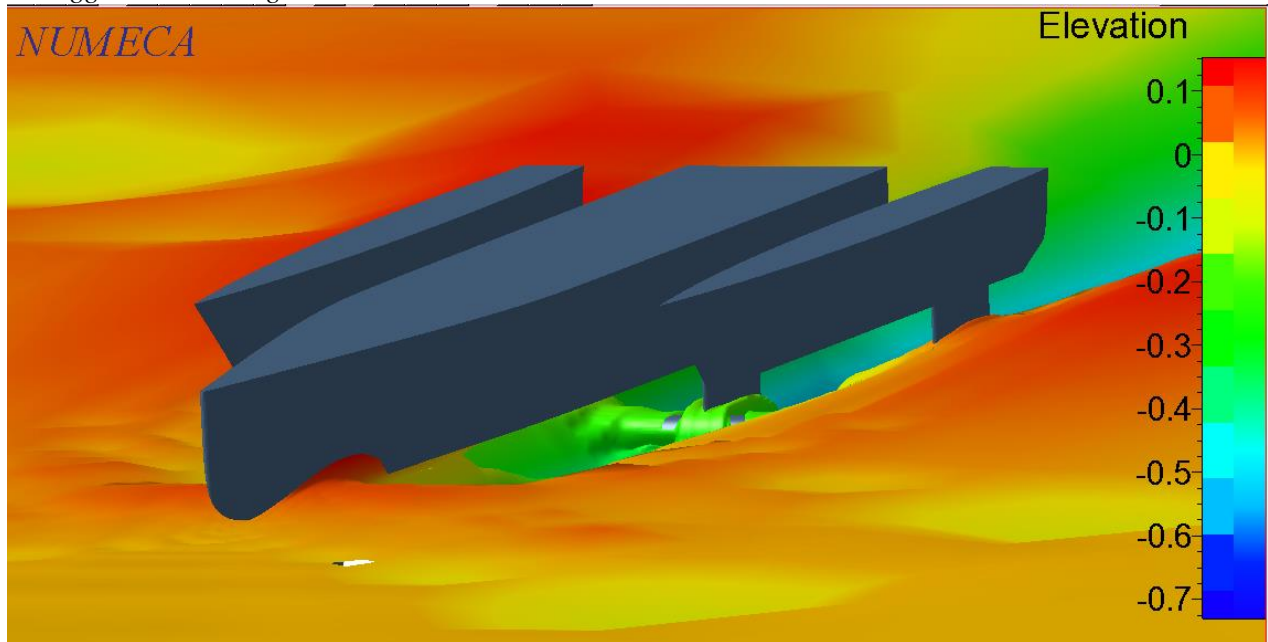
Distribusi Tekanan



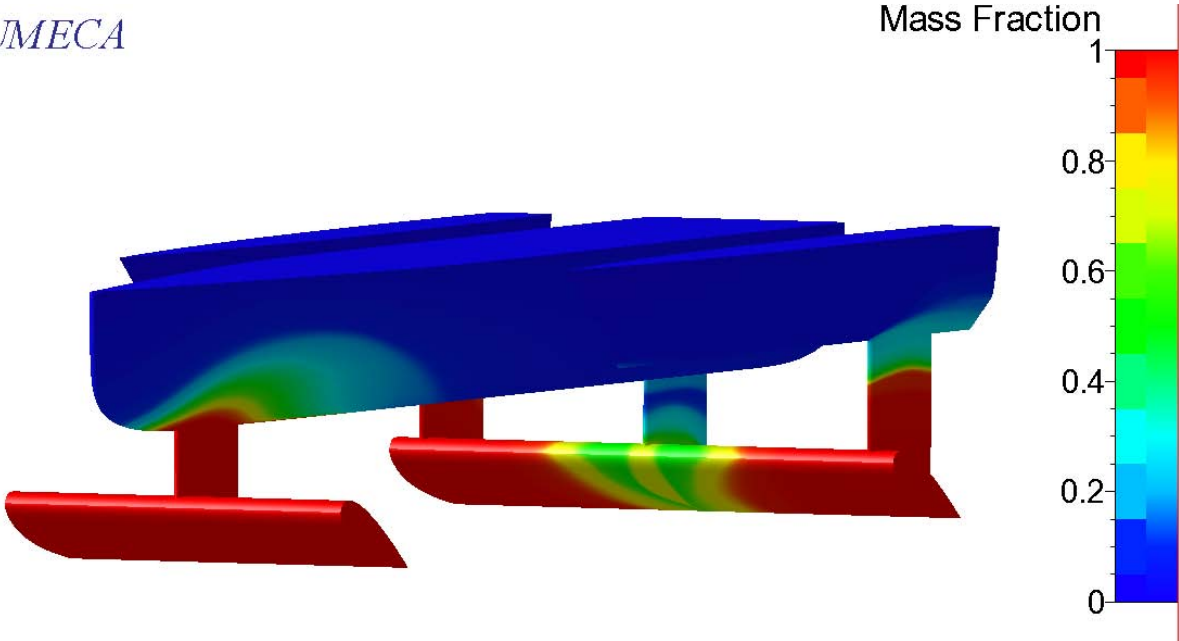


A30\_V20

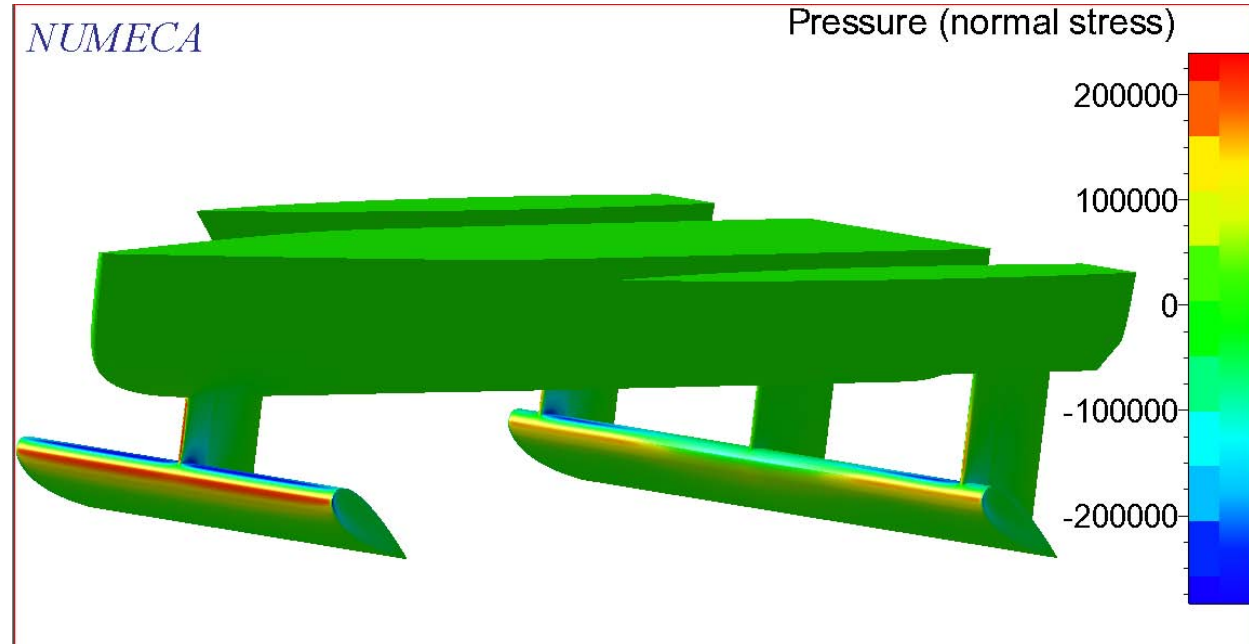
*Ketinggian Gelombang*



A30\_V20  
Luas Permukaan Basah  
NUMECA

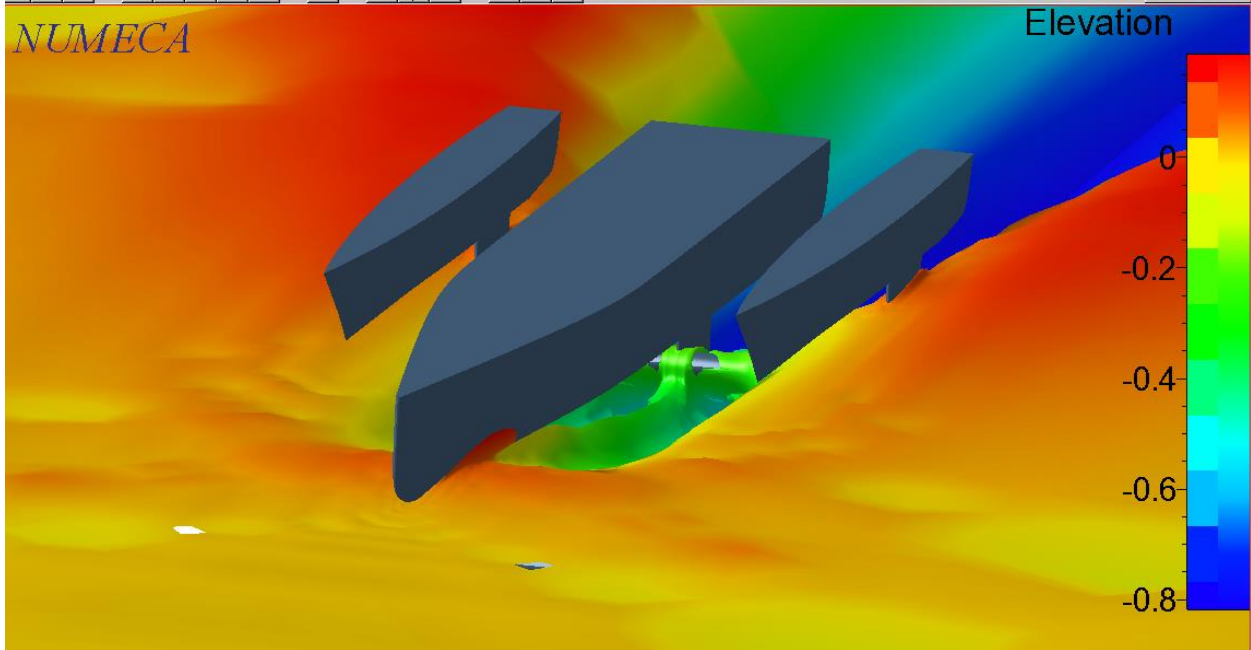


A30\_V20  
Distribusi Tekanan



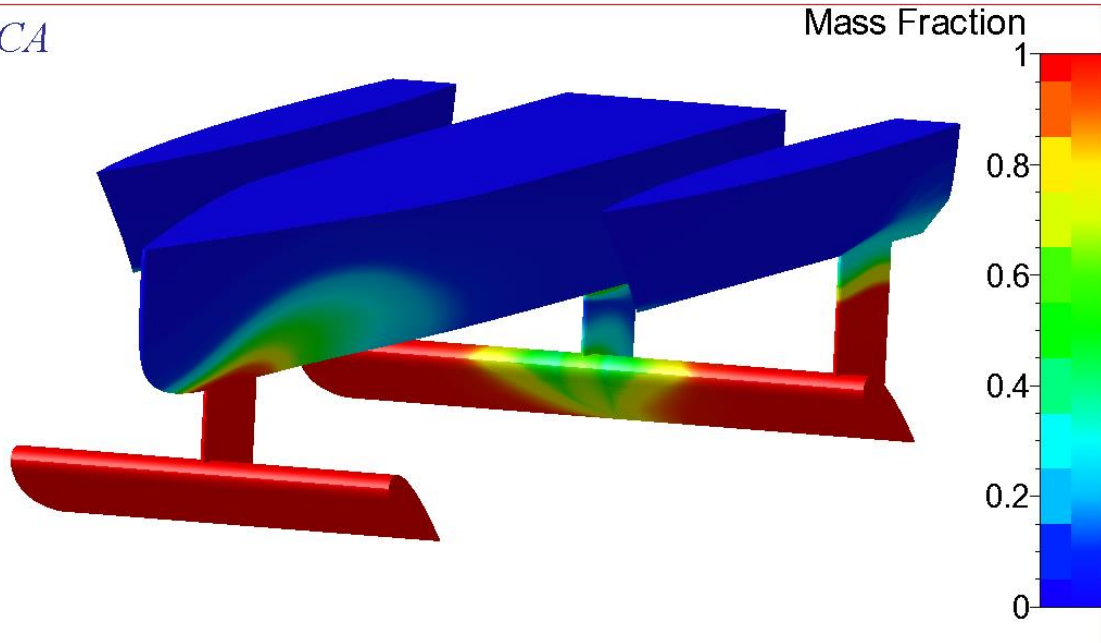
A30\_V30

Ketinggian Gelombang

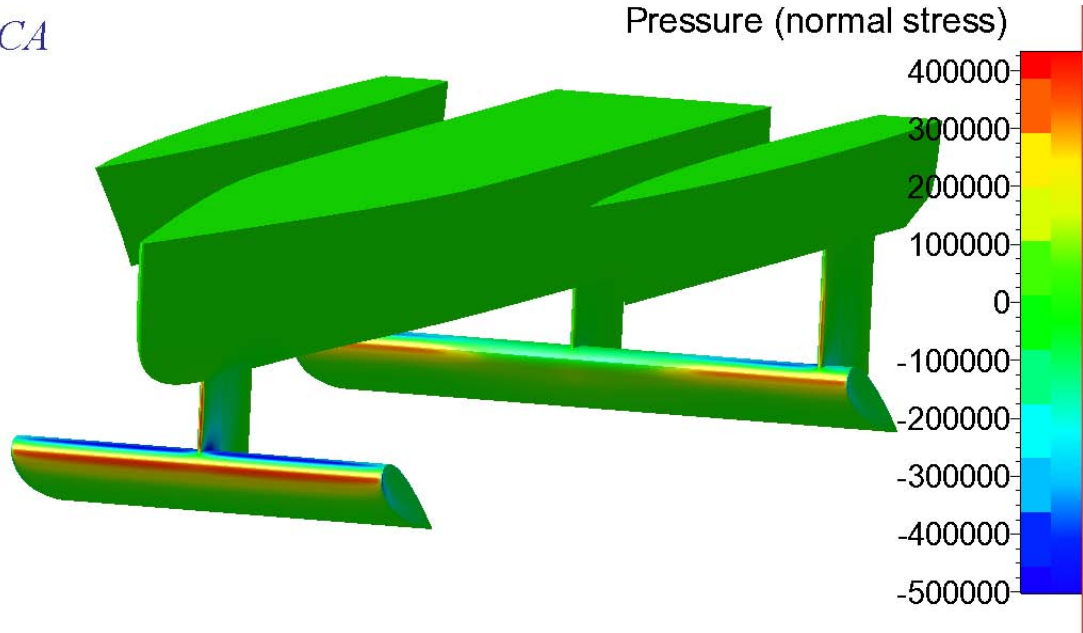


A30\_V30  
Luas Permukaan Basah

NUMECA



A30\_V30  
Distribusi Tekanan  
NUMECA



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. KESIMPULAN**

Dari hasil simulasi dan analisa data pada kapal trimaran hidrofoil dengan kondisi seperti yang dijelaskan pada bagian sebelumnya, maka penulis menarik beberapa kesimpulan yaitu :

1. Sudut serang terbaik pada kecepatan 20 knot sebesar 30 derajat. Gaya angkat yang dihasilkan sebesar 39,546 kN.
2. Sudut serang terbaik pada kecepatan 30 knot sebesar 20 derajat. Gaya angkat yang dihasilkan sebesar 53,119 kN.
3. Sudut serang terbaik pada kecepatan 40 knot sebesar 10 derajat. Gaya angkat yang dihasilkan sebesar 57,501 kN.

#### **5.2. SARAN**

Dari analisa hasil simulasi – simulasi yang telah dilakukan, penulis menyadari masih banyak terdapat kekurangan dalam penulisan tugas akhir ini. Untuk kedepannya penulis menyarankan untuk mempertimbangkan hal – hal sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan *meshing* lebih teratur dan spesifik sesuai panduan dari Numeca agar menghasilkan hasil yang lebih akurat. Namun akan menghasilkan ukuran file yang membutuhkan spesifikasi komputer yang lebih tinggi

2. Salah satu komponen yang mempengaruhi gaya angkat kapal adalah luas permukaan tiap hidrofoil, sehingga disarankan untuk merancang luas permukaan agar koefisien lift sama pada tiap hidrofoil
3. Penambahan analisa sudut serang hidrofoil mencapai sudut 40 derajat



**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Purwanto D, Hantoro R, Utama I. 2010. Kajian Perbaikan Performansi Pada Hydrofoil Kapal Cepat Dengan Penambahan Sirip Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamic (CFD). Surabaya (ID): ITS Library.
- [2] Praseno E. 2010. Analisis Pengaruh Sudut Foil Samping Terhadap Kaki Hydrofoil untuk Stabilitas Kapal dengan Pendekatan Free Surface Area CFD. Surabaya (ID): ITS Library.
- [3] Wonggiawan F, Budiarto U, Rindo G. 2015. Studi Perancangan Hydrofoil Kapal Penumpang Untuk Perairan Kepulauan Seribu. Surabaya (ID): ITS Library.
- [4] Kuncoro DN. 2012. Simulasi Perhitungan Torsi, Daya, dan Efisiensi Turbin Darrieus Pada *hydrofoil* NACA 0012 Dari Karakteristik  $C_L$  dan  $C_D$  Hasil Simulasi Fluent. Semarang (ID): UNDIP.
- [5] Anonim. 2012. Computational Fluid Dynamics. [cfd.online.com](http://cfd.online.com). [diakses pada 29 Mei 2016].
- [6] Samuel, Sisworo SJ, Bangun MA. 2013. Studi Konfigurasi Lambung Kapal Trimaran dengan Bantuan *Computational Fluid Dynamic* (CFD). Semarang (ID): UNDIP.

*"Halaman ini sengaja dikosongkan"*

## BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Musi Banyuasin, 15 Juni 1994. Penulis merupakan anak ketiga dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal sekolah antara lain yaitu SDN 2 Panca Tunggal, SMP Negeri 2 Sungai Lilin dan SMAN 2 Sekayu. Setelah lulus dari SMAN 2 Sekayu pada tahun 2012, penulis

melanjutkan ke jenjang Strata-1 dan diterima di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS melalui jalur SNMPTN Undangan Bidik Misi. Terdaftar dengan Nomor Registrasi Mahasiswa 4212100047. Penulis mengambil bidang studi marine *manufacturing and design* (MMD) di jurusan Teknik Sistem Perkapalan. Penulis menguasai dasar-dasar dari beberapa software desain 3D, antara lain Solidworks, Ansys, Numeca, Maxsurf, dan AutoCAD. Di laboratorium MMD penulis menjabat sebagai kepala Divisi Technical Maintenance.