**TUGAS AKHIR – ME184834**

# OPTIMASI PEMILIHAN DIMENSI INTERCEPTOR UNTUK KAPAL CEPAT

KINANTHI INTEN PERTIWI
04211640000082

DOSEN PEMBIMBING
Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD., M.MT
Irfan Syarief Arief, S.T., M.T.

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

BACHELOR THESIS – ME184834

# OPTIMIZATION OF INTERCEPTOR DIMENSION FOR FAST MOVING VESSEL

KINANTHI INTEN PERTIWI
04211640000082

SUPERVISOR
Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD., M.MT
Irfan Syarief Arief, S.T., M.T.

DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
FACULTY OF MARITIME TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020

# LEMBAR PENGESAHAN

**OPTIMASI PEMILIHAN DIMENSI *INTERCEPTOR* UNTUK KAPAL CEPAT**

**Tugas Akhir**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana 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 :

**Kinanthi Inten Pertiwi**
**04211640000082**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD., M.MT ( )
   NIP. 1959 0410 1987 01 1001

2. Irfan Syarief Arief, S.T., M.T. ( )
   NIP. 1969 1225 1997 02 1001

**SURABAYA**
**JULI 2020**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# LEMBAR PENGESAHAN

# OPTIMASI PEMILIHAN *INTERCEPTOR* UNTUK KAPAL CEPAT

## TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Bidang Studi *Marine Manufacturing and Design (MMD)*

Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember


Penulis:

**Kinanthi Inten Pertiwi**

NRP. 04211640000082


Disetujui Oleh,

Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan

Beny Cahyono, S.T., M.T., Ph.D

NIP. 197903192008011008

**SURABAYA**

**AGUSTUS, 2020**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# OPTIMASI PEMILIHAN DIMENSI *INTERCEPTOR* UNTUK KAPAL CEPAT


| | |
|---|---|
| Nama mahasiswa | : Kinanthi Inten Pertiwi |
| NRP | : 04211640000082 |
| Pembimbing | : 1. Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD., M.MT<br>2. Irfan Syarief Arief, S.T., M.T. |


## ABSTRAK


Hambatan kapal merupakan faktor yang berpengaruh dalam penggunaan daya yang akan digunakan oleh kapal. Pengaturan hambatan kapal dapat dicapai dengan memodifikasi bentuk kapal, baik bagian lambung, buritan atau bagian depan kapal. Penambahan *interceptor* adalah salah satu metode modifikasi buritan yang banyak diteliti pada beberapa tahun ini. *Interceptor* adalah plat datar yang dipasang secara vertikal pada bagian bawah buritan kapal. Alat ini memiliki ketinggian yang dapat diatur sesuai dengan kondisi kapal. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan simulasi CFD menggunakan *Software* NUMECA FINE MARINE. *Interceptor* yang digunakan pada simulasi ini memiliki ketinggian sebesar 40% dari ketebalan *boundary layer* yang dihasilkan kapal. Rasio lebar *span* dengan tinggi *interceptor* yang digunakan antara lain S/D 7, S/D 11 dan S/D 14. Simulasi dilakukan dengan 2 macam penurunan yakni, penurunan 50% dan 100%. Melalui hasil simulasi, *interceptor* yang efektif dalam mereduksi nilai hambatan adalah *interceptor* dengan S/D 7 dengan reduksi hambatan hingga mencapai 6.66 kN. Pada kecepatan tinggi (Fn > 0.6), penurunan *interceptor* yang menunjukkan performa terbaik adalah interceptor dengan penurunan 50%.



Kata kunci: *Resistance*, *Trim*, *Interceptor*, CFD

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# OPTIMIZATION OF INTERCEPTOR DIMENSION FOR FAST MOVING VESSEL

Student Name : Kinanthi Inten Pertiwi
NRP : 04211640000082
Supervisor : 1. Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD., M.MT
2. Irfan Syarief Arief, S.T., M.T.

## ABSTRACT

Ship Resistance is one of the main considerations for determining the ship's power. Ship Resistance can be controlled by modifying the shape of the hull by modifying its bow, its body, or its stern. Installing interceptor is one of the methods for modifying ship's stern which lately researched by naval architect and marine engineer. Interceptor is a flat plate that vertically mounted on the ship's stern. It's an adjustable device, so its deployment can be controlled corresponding with the ship's condition. This research is done by CFD simulation using NUMECA FINE MARINE. For this simulation, the depth of the interceptor is 40% of the ship's boundary layer thickness. Span to depth ratio which used is S/D 7, S/D 11, and S/D 14. Simulation is done with 50% and 100% interceptor deployment. Based on the results, the effective interceptor has span to depth (S/D) ratio 7 with resistance reduction up to 6.66 kN. At higher speed (Fn > 0.6), interceptors with 50% deployment show a good performance.

Keywords: Resistance, Trim, Interceptor, CFD

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul "Optimasi Pemilihan Dimensi *Interceptor* untuk Kapal Cepat". 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 kasis khususnya kepada:

1. Kedua orang tua, serta kakak-kakak saya 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 Departemaen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan ITS Surabaya.
3. Bapak Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD., M.MT dan Irfan Syarief Arief, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak masukan dan ilmu bagi penulis.
4. Bapak A.A.B. Dinariyana Dwi P., S.T., MES., Ph.D. selaku dosen wali, yang selama ini mendukung dan memberikan ilmu yang bermanfaat.
5. Semua rekan-rekan P-56 dan VOYAGE 2016, yang telah memberikan semangat, saran-saran, dan motivasi bagi penulis.
6. Semua pengurus dan anggota Laboratorium "*Marine Manufacture and Design* (MMD)" yang telah memberikan semangat dan transfer ilmu selama pengerjaan Skripsi ini.
7. Serta semua teman, sahabat dan pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu dalam membantu menyelesaikan skripsi 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 penulis.

Surabaya, Juli 2020

Penulis

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN ..... iii
LEMBAR PENGESAHAN ..... v
ABSTRAK ..... vii
ABSTRACT ..... ix
KATA PENGANTAR ..... xi
DAFTAR GAMBAR ..... xv
DAFTAR TABEL ..... xvii
BAB 1 PENDAHULUAN ..... 1
1.1 Latar Belakang ..... 1
1.2 Rumusan Masalah ..... 2
1.3 Tujuan ..... 2
1.4 Batasan Masalah ..... 2
1.5 Konstribusi ..... 2
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA ..... 3
2.1 Kajian Penelitian Terkait ..... 3
2.1.1 Rasio dimensi *Interceptor* untuk Optimasi Pengaturan *Trim* dan Meminimalkan Hambatan pada *Planing Boat*. ..... 3
2.1.2 Pengaruh Pemasangan *Interceptor* dengan Variasi Posisi Pemasangan dan Variasi Penurunan *Interceptor* pada Kapal Cepat. ..... 4
2.2 Teori Dasar ..... 5
2.2.1 Hambatan Kapal (*Resistance*) ..... 5
2.2.2 *Planing Craft* ..... 7
2.2.3 Sifat Fluida ..... 8
2.2.4 Aliran Fluida ..... 10
2.2.5 Lapisan Batas (*Boundary Layer*) ..... 11
2.2.6 *Interceptor* ..... 12
2.2.7 *Computational Fluid Dynamic* (CFD) ..... 14
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN ..... 15

3.1 Perumusan Masalah ..... 16
3.2 Pengumpulan Data ..... 16
3.3 Pemodelan Geometri Lambung Kapal ..... 17
3.4 Validasi Hasil Mesh ..... 18
3.5 Penambahan Interceptor pada Model Kapal ..... 19
3.6 Simulasi dengan CFD ..... 20
3.6.1 *Meshing* ..... 21
3.6.2 *Solver* ..... 25
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN ..... 29
4.1 Berdasarkan Nilai Hambatan dari Simulasi CFD ..... 29
4.2 Berdasarkan Pola Aliran dari Simulasi CFD ..... 31
4.3 Berdasarkan Nilai *Trim* dari hasil Simulasi ..... 33
4.4 Berdasarkan *Hydrodynamic Pressure* dari Hasil Simulasi ..... 34
4.5 Berdasarkan Pola Aliran dari Hasil Simulasi ..... 36
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN ..... 39
5.1 Kesimpulan ..... 39
5.2 Saran ..... 40
DAFTAR PUSTAKA ..... 43
LAMPIRAN ..... 45
LAMPIRAN 1 ..... 45
BIODATA PENULIS ..... 103

# DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Perbandingan d/h dan s/d Optimal (Mansoori, et al., 2017)..... 3
Gambar 2.2 Gelombang pada kapal ..... 7
Gambar 2.3 Gaya yang bekerja pada *Planning Craft* (Molland, et al., 2011) ..... 7
Gambar 2.4 Plat yg bergerak dengan kecepatan konstan V (m/s) ..... 9
Gambar 2.5 Aliran air pada kapal (United States of Naval Academy, n.d.) ..... 10
Gambar 2.6 Transisi aliran laminar menjadi aliran turbulen (Cengel & Cimbala, 2014)..... 11
Gambar 2.7 Hubungan antara δ(x) dengan Re (Cengel & Cimbala, 2014). ..... 12
Gambar 2.8 Daerah resirkulasi pada *interceptor* (Mansoori, et al., 2017)..... 13
Gambar 2.9 Tekanan pada lambung kapal dengan dan tanpa *interceptor* (Mansoori, et al., 2017) ..... 13
Gambar 3.1 *Linesplan* KCR 60 ..... 16
Gambar 3.2 Model Kapal dalam *Software* Rhinoceros..... 17
Gambar 3.3 Fluktuasi Nilai Hasil Simulasi..... 18
Gambar 3.4 Dimensi *Interceptor* ..... 20
Gambar 3.5 *Create Project Management* ..... 21
Gambar 3.6 *Body Configuration* ..... 22
Gambar 3.7 *Flow Definition*..... 22
Gambar 3.8 *Initial Condition* ..... 23
Gambar 3.9 *Global Refinement* dan *Curve Refinement* ..... 23
Gambar 3.10 *Snapping Parameter*..... 24
Gambar 3.11 *Optimization Parameters* ..... 24
Gambar 3.12 *Viscous Layer* ..... 25
Gambar 3.13 *General Parameter*..... 25
Gambar 3.14 *Fluid Model* ..... 26
Gambar 3.15 *Flow Model Parameter* ..... 26
Gambar 3.16 *Solid Boundary Condition & External Boundary Condition* ..... 27
Gambar 3.17 *Body Motion* ..... 27
Gambar 3.18 *Initial Solution*..... 28
Gambar 3.19 *Control Variables* dan *Output Parameter* ..... 28
Gambar 4.1 Grafik Nilai Hambatan pada Penurunan 50% ..... 30
Gambar 4.2 Grafik Nilai Hambatan pada Penurunan 100% ..... 31
Gambar 4.3 *Interceptor* 1 100% (kiri) dan 3 50% (kanan) pada Kecepatan 20 knot..... 31
Gambar 4.4 *Interceptor* 1 100% (kiri) dan 3 50% (kanan) pada Kecepatan 24 knot..... 32

Gambar 4.5 *Interceptor* 3 50% (kiri) dan 1 50% (kanan)Kecepatan 28 Knot ....32
Gambar 4.6 Grafik *Trim* pada Penurunan 50%.....33
Gambar 4.7 Grafik Nilai *Trim* pada Penurunan 100%.....33
Gambar 4.8 Grafik Perbandingan *Trim* dan *Sinkage* .....36
Gambar 4.9 Pola Aliran Tampak Samping .....37

# DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Rincian Posisi *Interceptor*. (Avci & Barlas, 2019) ..... 4
Tabel 3.1 Principal Dimension KCR 60 ..... 17
Tabel 3.2 Perbandingan Displasemen Model ..... 17
Tabel 3.3 Jumlah Grid pada Model KCR 60 ..... 18
Tabel 3.4 Variasi Dimensi *Interceptor* ..... 20
Tabel 3.5 Dimensi Domain Standar ..... 21
Tabel 4.1 Kode Variasi *Interceptor* ..... 29
Tabel 4.2 Konversi Satuan Kecepatan Menjadi Fn ..... 29
Tabel 4.3 Reduksi Hambatan pada Penurunan 50% ..... 29
Tabel 4.4 Reduksi Nilai Hambatan saat Penurunan 100% ..... 30
Tabel 4.5 Tekanan pada Kecepatan 20 knot ..... 34
Tabel 4.6 Tekanan pada Kecepatan 24 knot ..... 35
Tabel 4.7 Tekanan pada Kecepatan 28 knot ..... 36

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# BAB 1
# PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Salah satu permasalahan yang dihadapi dalam perancangan kapal cepat adalah hambatan kapal. Hambatan kapal merupakan faktor yang berpengaruh dalam penggunaan daya yang akan digunakan oleh kapal. Pengaturan hambatan kapal dapat dicapai dengan memodifikasi bentuk kapal, baik bagian lambung, buritan atau bagian depan kapal.

Modifikasi bagian buritan kapal sangatlah populer karena dinilai praktis dan murah karena mampu mengatur hambatan kapal tanpa harus memodifikasi sebagian besar bentuk kapal. Penambahan *interceptor* adalah salah satu metode modifikasi buritan yang banyak diteliti pada beberapa tahun ini. *Interceptor* adalah plat datar yang dipasang secara vertikal pada bagian bawah buritan kapal. Alat ini memiliki ketinggian yang dapat diatur sesuai dengan kondisi kapal. Penelitian yang dilakukan oleh Song et al., membuktikan bahwa *Interceptor* memiliki performa yang efektif saat kondisi kapal berada diatas Fn 0.5 dibandingkan dengan *Stern Flaps* yang lebih unggul pada Fn 0.334 - 0.5 (Song, et al., 2018). Avci dan Barlas, menemukan bahwa penambahan Interceptor mampu mereduksi *Drag* sebesar 1.50% - 11.30% dan mereduksi *Trim* sebesar $1.60^{o}$ dan $4.70^{o}$ pada Fn 0.58 hingga 1.19 (Avci & Barlas, 2019). Mansoori dan Fernandes, menyatakan bahwa Interceptor mampu mengatur fenomena *porpoising* (melompat-lompat) pada kapal cepat saat melaju di kondisi Fn yang tinggi (Mansoori & Fernandes, 2016). Mansoori et al., juga menemukan rasio tinggi *interceptor* yang ideal yakni untuk *interceptor* berukuran kecil sebesar 0.2 tebal *boundary layer*, ukuran sedang sebesar 0.4 tebal *boundary layer* dan ukuran besar sebesar 0.6 tebal *boundary layer* (Mansoori, et al., 2017).

Berdasarkan penelitian – penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya, optimasi *interceptor* dipilih untuk menjadi topik tugas akhir ini karena pemasangan *interceptor* dinilai mampu memberikan performa terbaik untuk jumlah *Froude Number* (Fn) yang tinggi. Penelitian ini akan menggunakan simulasi CFD dengan model kapal KCR 60. Kapal ini adalah jenis kapal perang yang diproduksi oleh PT. PAL Indonesia. Kapal ini dipilih karena kapal ini dirancang untuk berlayar hingga kecepatan 28 knot. Dengan pemasangan *interceptor* berukuran sesuai, diharapkan mampu mengurangi *resistance* (hambatan) serta mereduksi *trim* saat kapal berlayar.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berikut rumusan masalah yang akan dibahas dalam penulisan laporan tugas akhir ini:

1. Bagaimana pengaruh hambatan kapal terhadap pemasangan *interceptor*?
2. Bagaimana pengaruh *trim* kapal terhadap pemasangan *interceptor*?
3. Berapakah lebar *interceptor* yang sesuai untuk KCR 60?

## 1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh hambatan kapal terhadap pemasangan *interceptor*
2. Mengetahui pengaruh *trim* kapal terhadap pemasangan *interceptor*.
3. Dimensi *interceptor* yang sesuai untuk KCR 60.

## 1.4 Batasan Masalah

Berikut adalah poin-poin yang membatasi penelitian ini:

1. Pemodelan dilakukan pada kapal KCR 60.
2. Pemodelan dilakukan dengan *software Rhinoceros.*
3. Simulasi dilakukan dengan *software NUMECA FINE MARINE.*
4. Simulasi dilakukan dengan kecepatan 20, 24 dan 28 knot.
5. Tidak mempertimbangkan analisa ekonomi dan material *interceptor*.
6. Pemodelan dilakukan dengan *interceptor* berketebalan 70 mm untuk menyesuaikan dengan *interceptor* yang dijual secara pasaran.
7. Simulasi dilakukan pada kondisi *interceptor* dengan penurunan 100% dan 50%.

## 1.5 Konstribusi

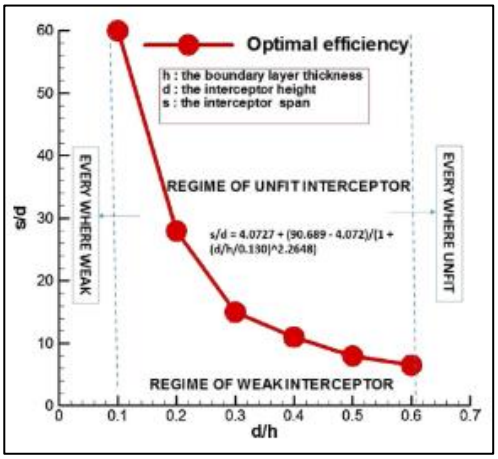
Tugas akhir ini diharapkan mampu mempermudah dalam modifikasi buritan kapal dengan metode penambahan *interceptor*. Terutama pada permasalahan pemilihan dimensi *interceptor* yang optimal pada kapal cepat. Tugas ini diharapkan pula dapat menjadi acuan bagi pengembangan *interceptor* untuk kedepannya.

# BAB 2
# KAJIAN PUSTAKA

## 2.1 Kajian Penelitian Terkait

### 2.1.1 Rasio dimensi *Interceptor* untuk Optimasi Pengaturan *Trim* dan Meminimalkan Hambatan pada *Planing Boat*.

Penelitian ini membahas tentang parameter apa saja yang berpengaruh pada perancangan Interceptor. Pada penelitian ini parameter yang berpengaruh antara lain tebal boundary layer yang dihasilkan saat kapal berlayar (h), rasio lebar (s) dan tinggi interceptor (d), serta perbandingan tebal boundary layer dengan tinggi interceptor (d/h). Percobaan dilakukan dengan mensimulasikan dimensi interceptor yang telah dikomersialkan. Hasilnya dapat dilihat dalam Gambar 2.1.




Gambar 2.1 Perbandingan d/h dan s/d Optimal (Mansoori, et al., 2017)

Pada Gambar 2.1 dapat disimpulkan apabila rasio yang digunakan dalam perancangan *interceptor* lebih besar maupun lebih kecil dari rasio yang disarankan, dapat menghasilkan desain *interceptor* yang kurang efektif dan justru merugikan performa kapal.

Penelitian ini juga membuktikan bahwa rasio d/h yang digunakan haruslah tidak boleh lebih dari 0.6 d/h. Baik *interceptor* dengan tinggi 0.2 d/h dan 0.4 d/h memberikan performa yang baik untuk semua model kapal. Namun, tidak demikian dengan *interceptor* dengan d/h 0.6.

Untuk tebal *boundary layer* (h), dapat menggunakan hasil simulasi CFD. Dapat pula dilakukan dengan perhitungan dengan menggunakan rumus. Namun

penelitian ini menyatakan bahwasanya perhitungan dengan rumus dan simulasi CFD tidak menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan. Rumus yang

$$\boldsymbol{h} = \mathbf{0.382} \times {\boldsymbol{LWL}}/{(\boldsymbol{Re_{LWL}})^{\mathbf{0.2}}} \tag{2.1}$$

digunakan untuk mengukur ketebalan lapisan batas adalah:

Dimana, h = Tebal lapisan batas

$Re_{LWL}$ = Bilangan Reynold pada panjang LWL kapal

### 2.1.2 Pengaruh Pemasangan *Interceptor* dengan Variasi Posisi Pemasangan dan Variasi Penurunan *Interceptor* pada Kapal Cepat.

Penelitian ini adalah hasil eksperimen *towing test* model kapal dengan LWL sebesar 1.934 m pada *towing tank* dengan panjang 160 m, lebar 6 m dan tinggi 4 m. Model diuji dengan variasi penurunan interceptor pada kecepatan 5 knot hingga 30 knot. Variasi penurunan *interceptor* yang digunakan dirincikan dengan perbandingan dari lebar *interceptor* yang digunakan dibandingkan dengan LWL kapal (d/L). Interceptor juga dipasang dengan posisi yang berbeda-beda yaitu di bagian *keel* kapal, tengah kapal dan *chine* kapal. Pembagian ini dapat dirincikan di Tabel 2.1.

| Posisi | x/B[1] |
|---|---|
| Keel | 9.87% |
| Tengah | 23.32% |
| Chine | 36.76% |

Tabel 2.1 Rincian Posisi *Interceptor*. (Avci & Barlas, 2019)

Dari hasil eksperimen, dapat diketahui bahwa *interceptor* dengan penurunan minimal saat berada pada Fn > 1.05. Sedangkan untuk posisi interceptor yang optimal berada pada bagian *keel*. Hal ini dikarenakan akibat kecepatan kapal berkurang dari *keel* ke *chine*, sehingga pada bagian *chine* akan menghasilkan tebal *boundary layer* yang lebih besar. Maka dari itu, memperkecil nilai x/B dinilai mampu meningkatkan efisiensi *interceptor*.

[1] x/B = jarak titik tengah *interceptor* dengan bagian *centerline* kapal per lebar kapal.

## 2.2 Teori Dasar

### 2.2.1 Hambatan Kapal (*Resistance*)

Hambatan kapal terjadi akibat interaksi badan kapal dengan air yang mengalir saat kapal sedang beroperasi. Gesekan antara badan kapal yang tercelup dengan air yang mengalir menghasilkan gaya yang berlawanan dengan arah gerak kapal. Gaya yang berlawanan tersebut yang kemudian menghambat kapal bergerak ke arah yang ia tuju.

Faktor-faktor yang mempengaruhi besar hambatan kapal antara lain gaya gesek antara kapal dengan air, efek viskositas air, energi yang diperlukan untuk membentuk dan mempertahankan gelombang yang dihasilkan oleh kapal dan hambatan akibat gesekan bagian kapal yang tidak tercelup dengan udara. Secara matematis, hambatan dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\boldsymbol{R_T = R_V + R_W + R_{AA}}$$

Dimana: $R_T$ = Hambatan total kapal
$R_V$ = Hambatan akibat viskositas air
$R_W$ = Hambatan akibat gelombang yang terbentuk
$R_{AA}$ = Hambatan akibat udara

Dalam penelitian, penggunaan koefisien tanpa dimensi sangatlah penting untuk membandingkan desain dan performa kapal.. Koefien hambatan total dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\boldsymbol{C_T = C_V + C_W + C_{AA}}$$

Dimana: $C_T$ = Koefisien hambatan total
$C_V$ = Koefisien hambatan akibat viskositas air
$C_W$=Koefisien hambatan akibat gelombang yang terbentuk
$C_{AA}$= Koefisien hambatan akibat udara

Dengan menggabungkan perhitungan hambatan total kapal (RT), kecepatan kapal (V), karakteristik air (ρ) serta luas bagian kapal yang tercelup (S), ITTC merumuskan perhitungan koefisien hambatan (ITTC, 2002) sebagai berikut:

$$\boldsymbol{C_T = \frac{R_T}{1/_2\, \rho S V^2}} \qquad (2.2)$$

Dimana: $R_T$ = Hambatan total kapal
ρ = Massa jenis air
S = Luas badan kapal yang tercelup (luasan basah)
V = Kecepatan kapal saat berlayar

Parameter kecepatan yang dipakai adalah koefisien tak berdimensi yang dikenal sebagai *Froude Number* (Molland, et al., 2011) sebagai berikut:

$$\boldsymbol{F_N = \frac{V}{\sqrt{gL}}} \tag{2.3}$$

Dimana: V = Kecepatan kapal saat berlayar
g = Percepatan gravitasi
L = Panjang badan kapal yang tercelup (LWL)

**2.2.1.1 Koefisien Hambatan Viskos (Cv)**

Faktor-faktor yang mempengaruhi hambatan akibat viskositas antara lain bentuk lambung kapal, kecepatan kapal dan sifat air. ITTC, merumuskan koefisien hambatan viskos sebagai berikut:

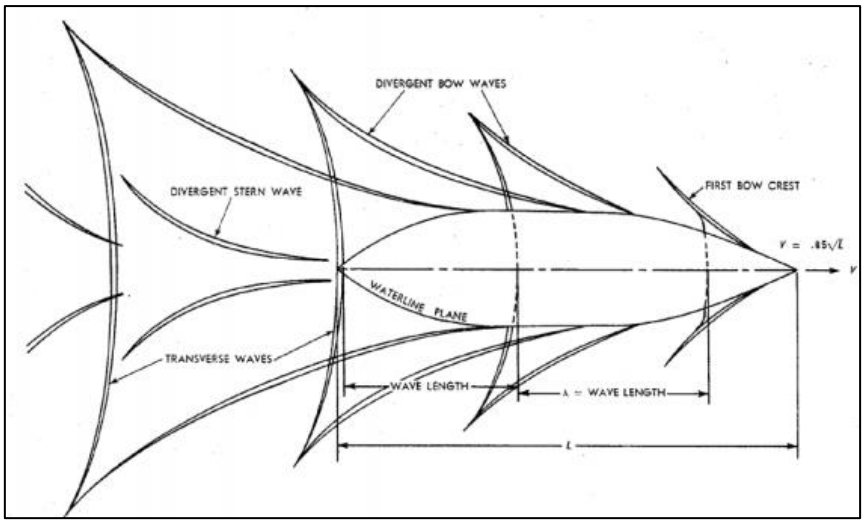
$$C_V = C_F + K.C_F$$

Dimana, Cv = Koefisien hambatan akibat viskositas
Cf = Koefisien gaya gesek akibat viskositas
K.Cf = Hambatan tekanan akibat viskositas

Koefisien gaya gesek dibuat berdasarkan asumsi apabila lambung kapal adalah plat datar yang bergerak di air. Koefisien gaya gesek merupakan fungsi dari bilangan Reynold. *Form factor* (K) diasumsikan sebagai efek bentuk lambung pada hambatan gesek. Kedua koefisien tersebut didapatkan melalui hasil eksperimen yang sudah ada.

**2.2.1.2 Hambatan Akibat Gelombang**

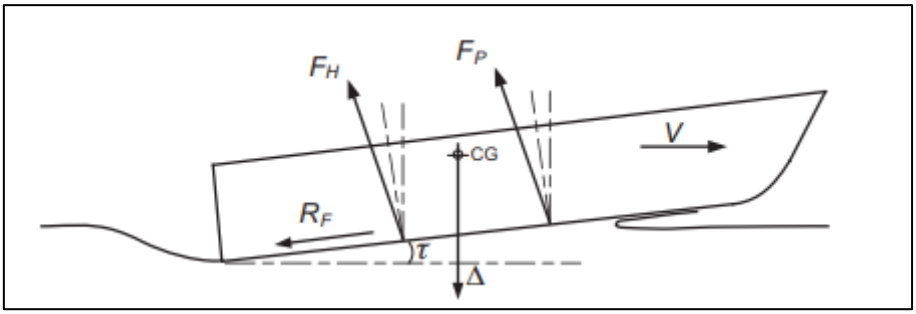
Saat kapal berlayar terbentuk hambatan akibat terbentuknya gelombang. Saat kecepatan kapal bertambah, ketinggian gelombang akan ikut bertambah sehingga menambah energi yang dibutuhkan untuk membuat gelombang. Energi terbuang yang berubah menjadi gelombang ini disebut sebagai hambatan gelombang.




Gambar 2.2 Gelombang pada kapal

Saat kapal berlayar, terbentuklah berbagai jenis gelombang seperti pada Gambar 2.2. Gelombang ini dapat saling berinteraksi satu sama lain. Gelombang ini dapat saling menghentikan satu sama lain sehingga nilai hambatan gelombang berkurang, maupun menambah gelombang yang terbentuk sehingga nilai hambatan gelombang meningkat.

### 2.2.2 *Planing Craft*




Gambar 2.3 Gaya yang bekerja pada *Planning Craft* (Molland, et al., 2011)

Pada Gambar 2.3 diilustrasikan bahwa pada sudut sebesar τ, $F_P$ adalah gaya yang bekerja akibat tekanan di sepanjang luasan basah kapal, $F_H$ adalah gaya hidrostatis yang bekerja pada pusat tekanan lambung kapal dan $R_F$ adalah hambatan akibat gesekan antara badan kapal dengan air. Saat kecepatan kapal bertambah luasan basah kapal akan berkurang, gaya angkat (*lift*) menjadi semakin

dominan dan $F_P$ akan lebih berpengaruh daripada $F_H$. Untuk performa kapal yang baik, diperlukan sudut τ yang kecil (Molland, et al., 2011).

### 2.2.3 Sifat Fluida

Fluida adalah sebuah benda yang mudah berdeformasi bila dikenai oleh gaya. Fluida dapat memiliki resistensi yang tidak permanen sehingga menyebabkan fluida dapat merubah bentuknya. Fluida dibagi menjadi dua yaitu cairan dan gas. Cairan memiliki volume, sedangkan gas akan berekspansi untuk memenuhi ruangan yang ia tempati.

#### *2.2.3.1 Densitas*

Densitas atau massa jenis cairan adalah rasio dari massa dengan volume benda ($\rho = \frac{m}{v}$). Densitas fluida sangat bergantung kepada temperatur dan sedikit bergantung kepada tekanan (Al-Shemmeri, n.d.).

*Specific gravity* atau dikenal pula sebagai Densitas Relatif adalah rasio densitas fluida dengan densitas standar suatu fluida pada temperatur dan tekanan yang sama.

Untuk gas: $RD_{gas} = \frac{\rho_{gas}}{\rho_{udara}} = \frac{\rho_{gas}}{1.205\ kg/m^3}$

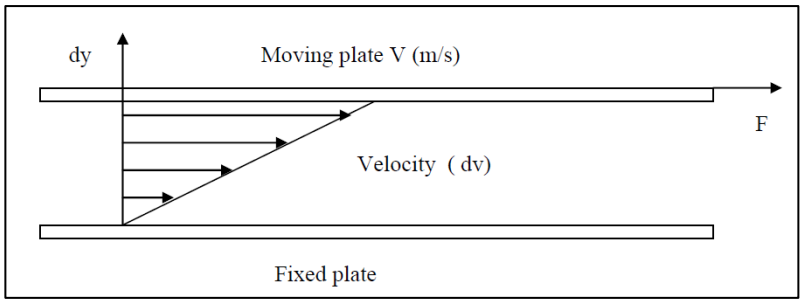
Untuk cairan: $RD_{liquid} = \frac{\rho_{liquid}}{\rho_{air}} = \frac{\rho_{gas}}{1000\ kg/m^3}$

#### *2.2.3.2 Viskositas*

Viskositas adalah resistensi fluida untuk mengalir. Viskositas cairan menandakan kemudahan molekul untuk bergerak antar satu sama lain. Viskositas bergantung kepada:

- Besar gaya tarik-menarik antar molekul, hal ini bergantung kepada komposisi, ukuran dan bentuk molekul.
- Energi kinetik antar molekul, hal ini bergantung kepada temperatur.

Viskositas sangatlah bergantung kepada temperatur namun tidak terlalu bergantung kepada tekanan. Untuk cairan, viskositas akan menurun ketika temperatur meninggi. Pada gas, viskositas akan meninggi ketika temperatur menurun. Untuk memahami konsep viskositas, perhatikan illustrasi berikut.




Gambar 2.4 Plat yang bergerak dengan kecepatan konstan V (m/s)

Diketahui bahwa tegangan geser adalah:

$$\tau = F/A$$

Kecepatan (dv) akan semakin besar ketika jarak antar plat semakin jauh (dy), sehingga untuk menghasilkan tegangan geser perbandingan antara kedua komponen itu harus dikalikan konstanta lain yang kita kenal sebagai viskositas. Secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\tau = \mu \times (dv/dy)$$

Viskositas dinamis (*Dynamic Viscosity*) dinotasikan sebagai μ.. Sehingga apabila pada Gambar 2.4 yang bergerak diantara kedua plat adalah fluida, maka:

$$\tau = \mu \times (V/y)$$

Dimana V adalah kecepatan pergerakan plat yang bergerak, dan y adalah jarak antara kedua plat.

Selain viskositas dinamis, terdapat pula viskositas kinematis (Kinematic *Viscosity*). Viskositas kinematis (ν) adalah rasio viskositas dinamis (μ) dengan densitas (ρ). Atau bisa dinotasikan menjadi:

$$v = {}^{\mu}/_{\rho}$$

Viskositas kinematis digunakan untuk memperkirakan karakteristik fluida apabila fluida tidak dikenai gaya eksternal atau dengan kata lain ketika fluida hanya dipengaruhi oleh gaya gravitasi saja (Ranowsky, 2015).

***2.2.3.3 Tekanan***

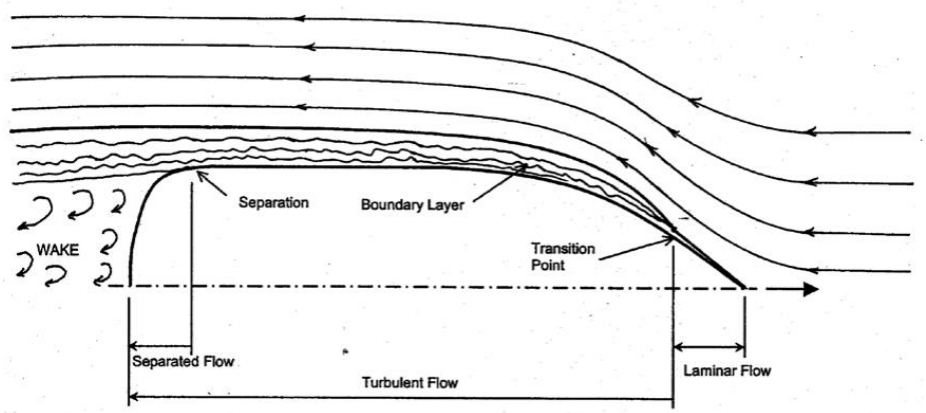
Tekanan fluida adalah gaya yang dihasilkan oleh fluida per luasan area. Tekanan fluida ditransmisikan ke segala arah dan bekerja secara normal terhadap setiap bidang. Pada bidang datar yang sama, intensitas tekanan pada cairan adalah sama. Tekanan dinotasikan sebagai berikut:

$$P = F/A$$

Berdasarkan rumus diatas, dapat diartikan bahwa tekanan adalah tegangan geser yang bekerja secara normal (bekerja apabila terdapat kontak antara objek satu dengan yang lain). Sedangkan viskositas adalah tegangan geser yang bekerja secara tangensial (bekerja sesuai dengan arah gerak objek).

### 2.2.4 Aliran Fluida

Aliran fluida dapat dibagi menjadi dua yaitu, aliran laminar dan turbulen. Berikut adalah illustrasi aliran air pada kapal:




Gambar 2.5 Aliran air pada kapal (United States of Naval Academy, n.d.)

Aliran laminar memiliki karakteristik aliran yang teratur dengan nilai hambatan gesek yang kecil. Umumnya aliran laminar pada kapal hanya berlaku pada beberapa bagian kapal terutama pada bagian depan kapal. Ketika air yang mengalir telah mencapai lambung kapal, aliran laminar mulai menjadi tidak teratur. Aliran yang tidak teratur ini kita kenal sebagai aliran turbulen. Transisi dari aliran laminar dan turbulen digambarkan oleh Gambar 2.5.

Untuk mengetahui jenis aliran pada fluida digunakanlah *Reynold Number* (Re). Re dirumuskan sebagai berikut:

$$\boldsymbol{Re = \frac{LV}{v} = \frac{\rho VL}{\mu}} \tag{2.4}$$

Dimana: L = panjang objek (m)
V = kecepatan objek (m/s)
$v$ = viskositas kinematis
ρ = massa jenis fluida (kg/m$^3$)

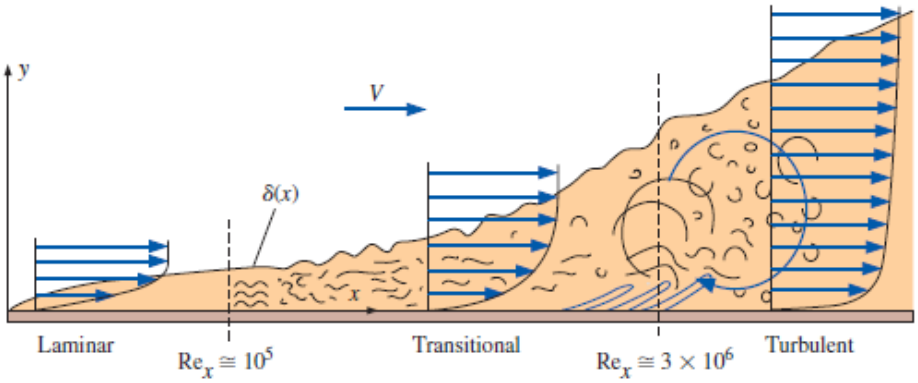
μ = viskositas dinamis

Apabila nilai Re kurang dari $10^5$, maka fluida memiliki aliran laminar. Bila Re memiliki nilai diantara $10^5$ hingga 3 x $10^6$, maka fluida berada dalam daerah transisi aliran laminar ke turbulen. Maka, aliran turbulen akan memiliki nilai Re diatas 3 x $10^6$ (Cengel & Cimbala, 2014).

### 2.2.5 Lapisan Batas (*Boundary Layer*)

Konsep lapisan batas pertama kali dikenalkan oleh Prandtl. Menurutnya saat fluida mengaliri suatu material pada nilai bilangan reynold yang tinggi, akan terbentuk dua daerah, yaitu:

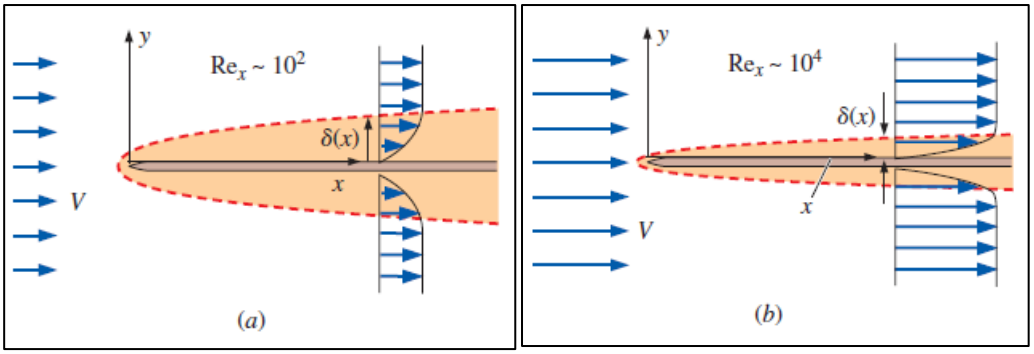
i. Lapisan tipis yang terletak di sepanjang permukaan benda, dimana efek viskositas tidak dapat diabaikan.
ii. Daerah terluar yang berada jauh dari permukaan benda dimana efek viskositas dapat diabaikan.




Gambar 2.6 Transisi aliran laminar menjadi aliran turbulen (Cengel & Cimbala, 2014)

Pada lapisan tipis yang terbentuk di sepanjang permukaan benda terjadi perbedaan kecepatan fluida yang signifikan dibandingkan dengan kecepatan fluida pada daerah di luar lapisan tipis. Perbedaan kecepatan ini dikarenakan karena adanya gaya geser pada lapisan batas. Lapisan tipis fluida yang terkena efek gaya geser inilah yang kita kenal sebagai lapisan batas. Pada Gambar 2.6 dapat kita perhatikan transisi fluida dari aliran laminar ke aliran turbulen. Pada aliran laminar terbentuk lapisan batas laminar, sedangkan pada aliran turbulen terbentuk lapisan batas turbulen.

δ(x) digambarkan sebagai ketebalan lapisan batas. Ketebalan lapisan batas δ pada setiap posisi x didefinisikan sebagai jarak dari permukaan benda hingga daerah aliran fluida yang paralel dengan permukaan benda memiliki kecepatan sebesar 99% kecepatan fluida pada daerah aliran fluida bebas (Cengel & Cimbala, 2014). Semakin tinggi nilai Re maka semakin tipis pula lapisan batas yang terbentuk.




Gambar 2.7 Hubungan antara δ(x) dengan Re (Cengel & Cimbala, 2014).

Hal ini sesuai dengan rumus yang ditemukan Blasius dimana ketebalan lapisan batas δ untuk aliran laminar (aliran fluida memiliki Re < $10^5$) adalah:

$$\frac{\delta}{x} = \frac{5}{\sqrt{Re_x}}$$

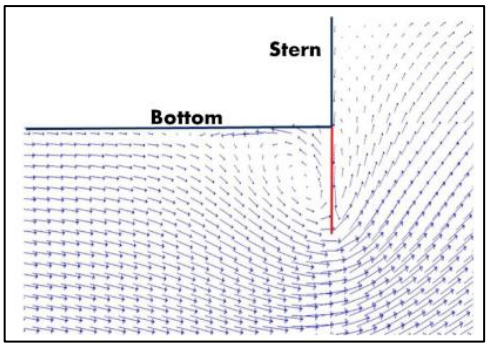
Dimana: δ = Ketebalan lapisan batas
x = Panjang objek
$Re_x$ = *Reynold number* pada panjang objek x

Jika objek memiliki aliran turbulen (Re > 3 x $10^6$) maka digunakan rumus berikut (Cengel & Cimbala, 2014) :

$$\boldsymbol{\frac{\delta}{x} = \frac{0.38}{\sqrt[5]{Re_x}}} \tag{2.5}$$

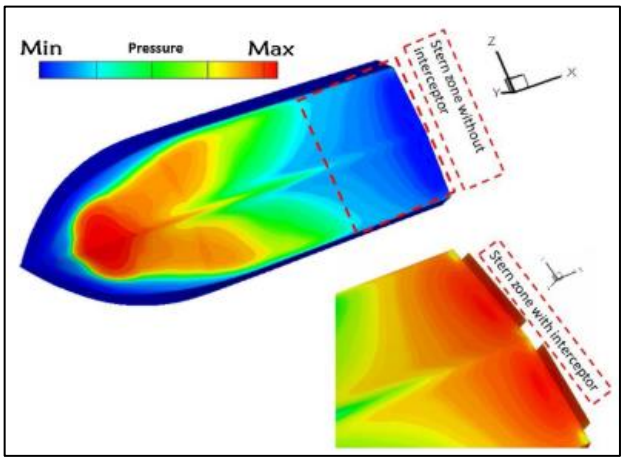
### 2.2.6 *Interceptor*

Interceptor adalah plat datar yang dipasang secara vertikal pada bagian buritan kapal. Alat ini dapat diatur penurunannya untuk disesuaikan pada kondisi kapal saat berlayar. *Interceptor* bekerja dengan membentuk daerah resirkulasi pada buritan kapal seperti yang dijelaskan oleh Gambar 2.8.




Gambar 2.8 Daerah resirkulasi pada *interceptor* (Mansoori, et al., 2017)

Daerah resirkulasi ini mengakibatkan peningkatan tekanan hidrodinamik pada bagian buritan kapal, kondisi ini memungkinkan buritan kapal mengalami *lift* akibat *interceptor*. Pada kapal yang tidak dilengkapi dengan *interceptor*, bagian belakang kapal akan memiliki tekanan yang lebih rendah daripada bagian haluan kapal. Fenomena ini yang akan menghasilkan *trim* (Mansoori, et al., 2017).




Gambar 2.9 Tekanan pada lambung kapal dengan dan tanpa *interceptor* (Mansoori, et al., 2017)

Adanya penambahan tekanan hidrodinamik ini memungkinkan kapal mengalami tambahan *drag* (hambatan) pada bagian buritan kapal serta tambahan momen. Maka dari itu, interceptor yang baik haruslah mampu mengurangi hambatan kapal dan membuat kapal memilki nilai momen *lift* yang sama dengan momen *trim*.

### 2.2.7 *Computational Fluid Dynamic* (CFD)

Pada dasarnya, CFD adalah *software* yang mengkomputasi persamaan Navier-Stokes. Persamaan Navier-Stokes pada dasarnya adalah total konservasi massa, momentum dan energi pada sumbu x, y dan z yang bekerja pada fluida. Kombinasi hasil eksperimen dengan hasil simulasi CFD sangatlah krusial dalam penelitian yang dilakukan dalam bidang *engineering*. Penggunaan CFD mampu menekan biaya dan waktu yang dibutuhkan oleh penelitian. CFD juga dapat menampilkan fenomena yang sulit diamati saat eksperimen berlangsung, misalkan dalam menampilkan aliran berbentuk pusaran.

Ada tiga tahapan dalam melakukan proses CFD, yaitu:

#### *2.2.7.1 Pre-Processing*

Langkah awal dalam melakukan simulasi CFD adalah dengan menentukan *boundary condition*. *Boundary condition* digunakan untuk menentukan variabel input pada simulasi, seperti kecepatan, laju aliran, serta bagaimana fluida masuk dan keluar dari model. Tahap ini juga menentukan berapa jumlah *grid / mesh* yang akan digunakan saat simulasi. Makin banyak jumlah *grid*, makin akurat pula hasil simulasi.

#### *2.2.7.2 Processing*

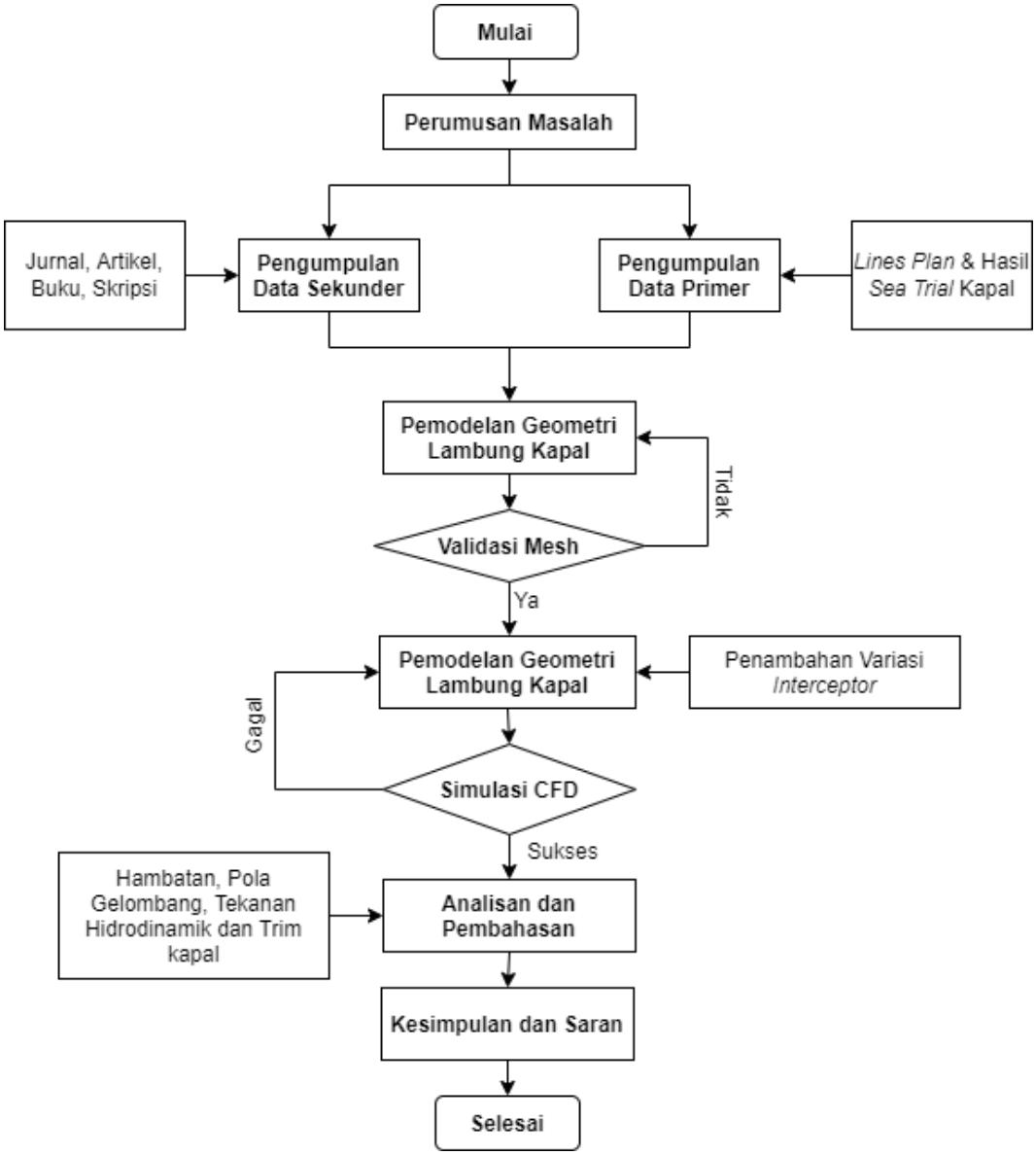
Selanjutnya dilakukan proses perhitungan data input dengan persamaan-persamaan yang berkaitan secara iteratif. Perhitungan akan dilakukan hingga menuju *error* terkecil atau sampai menunjukkan hasil yang konvergen.

#### *2.2.7.3 Post-Processing*

Data yang didapat dari langkah sebelumnya, akan diinterpretasikan menjadi bentuk grafik, kontur warna ataupun dalam bentuk animasi.

# BAB 3
# METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi Penelitian adalah langkah - langkah pengerjaan penelitian secara sistematis. Untuk mempermudah pemahaman, langkah-langkah pengerjaan penelitian dituangkan dalam diagram alur berikut:



## 3.1 Perumusan Masalah

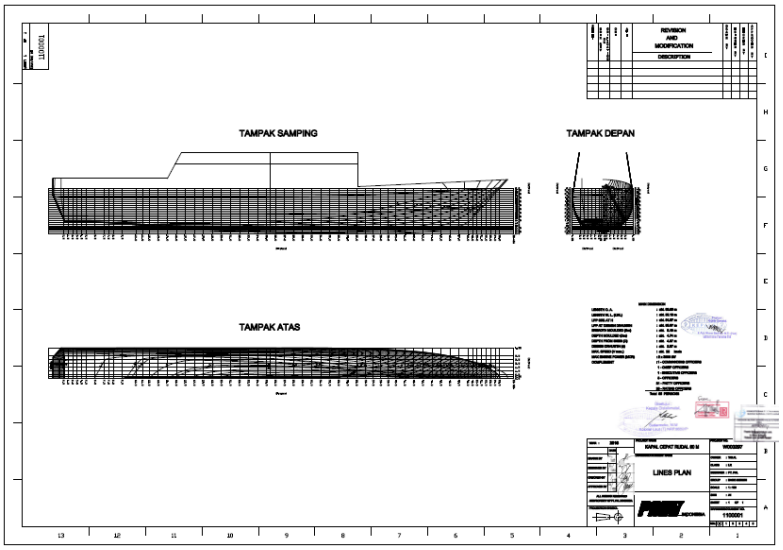
Melakukan penyusunan latar belakang, masalah yang akan diangkat dalam penelitian ini, tujuan penelitian, batasan masalah serta kontribusi penelitian. Topik yang diangkat pada penelitian ini adalah optimasi pemilihan dimensi *interceptor* untuk kapal cepat. Metode yang akan digunakan berupa simulasi CFD dengan model kapal KCR 60.

## 3.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dalam dua langkah yang berbeda yaitu dengan pengumpulan data primer dan data sekunder.

Data sekunder didapatkan dengan mengkaji buku, jurnal, skripsi dan artikel terkait untuk mendapatkan landasan dalam pengerjaan penelitian ini. Dari data sekunder yang didapatkan, diketahui bahwa tinggi optimal *interceptor* tidak melebihi 60% dari tebal lapisan batas. Didapatkan pula posisi interceptor yang baik, yaitu pada bagian *keel* kapal.

Data primer didapatkan dengan merujuk pada narasumber asli. Dalam penelitian ini, data primer yang digunakan adalah data linesplan kapal KCR 60 beserta hasil *sea trial*, serta *inclining test* kapal KCR 60.




Gambar 3.1 *Linesplan* KCR 60

*Principal Dimension* KCR 60 dituangkan dalam tabel berikut:

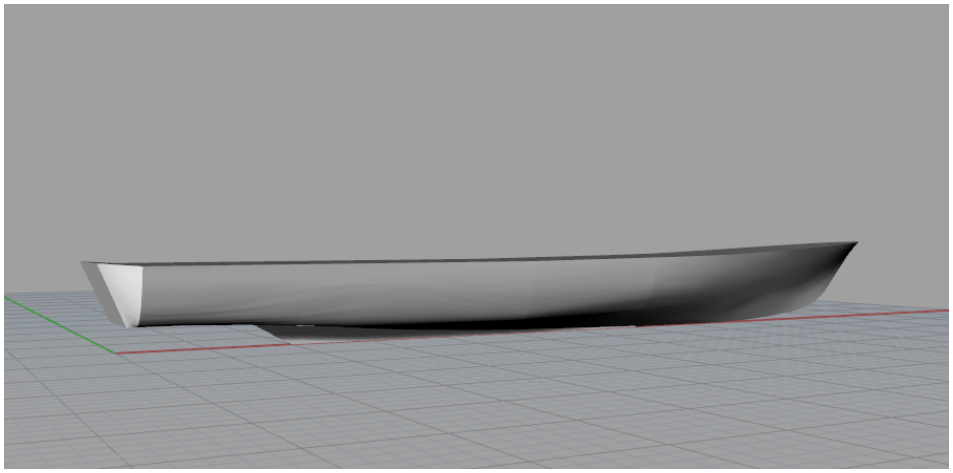
| | | |
|---|---|---|
| Length O.A. | 60.00 | m |
| Length W.L. | 55.19 | m |
| LPP at designed draught | 53.67 | m |

| | | |
|---|---|---|
| Breath Moulded (Bm) | 8.10 | m |
| Depth Moulded (Dm) | 4.74 | m |
| Design Draught (d) | 2.57 | m |
| Max. Speed | 28.00 | knot |

Tabel 3.1 Principal Dimension KCR 60

### 3.3 Pemodelan Geometri Lambung Kapal

Linesplan yang telah didapat, kemudian diolah menjadi bentuk 3-dimensi dalam *software* Rhinoceros. *Software* ini dipilih karena penggunaannya yang mudah serta dapat menyimpan dalam berbagai format model 3-dimensi lainnya seperti parasolid dan iges.



Gambar 3.2 Model Kapal dalam *Software* Rhinoceros

Selanjutnya, model disimpan dalam bentuk iges (.igs) untuk dilakukan simulasi mencocokkan nilai displasemen model dengan kapal aslinya pada *software* maxsurf. Data nilai displasemen asli kapal didapatkan melalui hasil *inclining test* kapal. Perbandingan error model dengan kapal asli dapat tertuang dalam tabel berikut:

| Displasemen Model | Displasemen Asli | Selisih | Error |
|---|---|---|---|
| 350.5 ton | 344.849 ton | 8.049 ton | 1.6% |

Tabel 3.2 Perbandingan Displasemen Model

Karena error yang dihasilkan $\pm$ 1.6%, maka model kapal dapat digunakan untuk penelitian ini. Selanjutnya, model akan di simpan menjadi bentuk parasolid.

## 3.4 Validasi Hasil Mesh

Akurasi sangatlah dibutuhkan dalam melakukan simulasi untuk menyelaraskan data yang didapatkan dari hasil simulasi mendekati nilai asli model pada dunia nyata. Untuk menghitung konvergensi hasil antara jumlah grid, diperlukan tiga jenis grid yaitu *coarse*, *medium* dan *fine* (Stern, et al., 2001). Berikut hasil simulasi model KCR 60 dengan tiga jumlah grid yang berbeda pada kecepatan 23 knot:

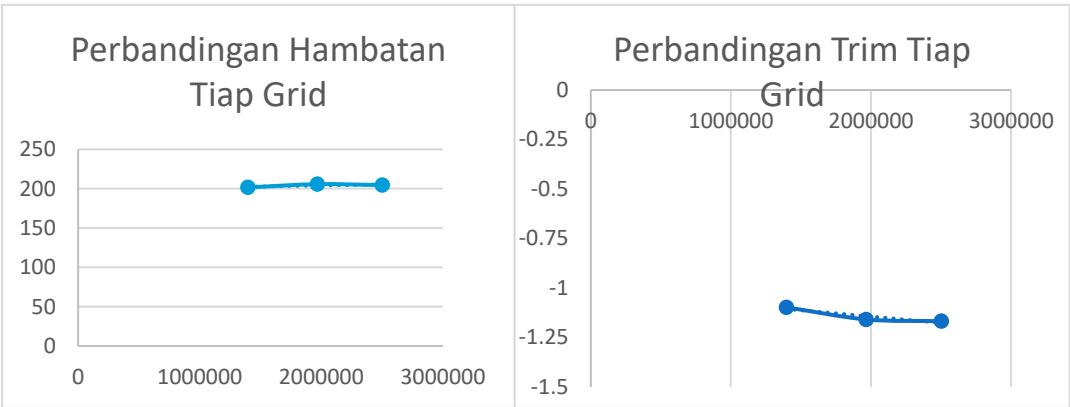
| Jenis | Jumlah Cell | Nilai Hambatan | Error | Nilai Trim | Error |
|---|---|---|---|---|---|
| *Coarse* | 1395805 | 201.62 kN | - | -1.098 deg | - |
| *Medium* | 1966599 | 205.714 kN | 2.03 % | -1.159 deg | 5.56 % |
| *Fine* | 2501588 | 204.522 kN | 0.58 % | -1.168 deg | 0.78 % |

Tabel 3.3 Jumlah Grid pada Model KCR 60

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa error antar jenis grid berkisar antara 0.58% hingga 5.56%. Selanjutnya dilakukan perhitungan error untuk melihat konvergensi antara ketiga grid tersebut. Perhitungan dilakukan dengan rumus berikut:

$$\text{Error} = \left|\frac{S\,fine - S\,medium}{S\,medium - S\,coarse}\right| \qquad (2.6)$$

Berdasarkan rumus diatas, error yang didapatkan untuk nilai hambatan adalah sebesar 0.2912 dan untuk nilai trim sebesar 0.1475. Karena kedua nilai error < 1 maka, dapat dikatakan bahwa nilai tersebut konvergen (Stern, et al., 2001). Untuk memperjelas tren fluktuasi dari nilai hambatan dan trim, perhatikan grafik berikut.




Gambar 3.3 Fluktuasi Nilai Hasil Simulasi

Grafik yang dihasilkan cenderung lurus sehingga menjelaskan bahwa variasi grid konvergen. Pada simulasi ini akan digunakan jenis grid *medium-fine* karena error yang dihasilkan sangatlah kecil.

### 3.5 Penambahan Interceptor pada Model Kapal

Diketahui bahwa semakin panjang sebuah objek, maka semakin besar pula nilai Re-nya. Hal itu dibuktikan dengan persamaan (2.4). Nilai Re pada model adalah 9.04 x $10^8$, yang berarti aliran pada bagian buritan kapal turbulen karena nilai Re berada diatas 3 x $10^6$.

Langkah pertama dalam penentuan dimensi interceptor adalah menghitung tebal *boundary layer* (h). Karena bilangan Re model mengindikasikan aliran turbulen, maka digunakanlah perhitungan (2.5). Namun, atas rekomendasi dari penelitian sebelumnya digunakan persamaan (2.1) (Mansoori, et al., 2017). Dari kedua persamaan tersebut, diketahui bahwa semakin cepat kecepatan kapal, maka semakin tipis tebal lapisan batasnya. Oleh karena itu, perhitungan lapisan batas dilakukan saat kecepatan 28 knot. Berikut perhitungan tinggi *interceptor* yang digunakan:

$$\boldsymbol{Re_{LWL} = \frac{L_{WL}V}{v}}$$

$$\boldsymbol{Re_{LWL} = \frac{55.143\ m\ \times\ 14.4044\ m/s}{8.78\ E-07}}$$

$$\boldsymbol{Re_{LWL} = 9.04E+08}$$

$$\boldsymbol{h\ =\ 0.382\ \times\ {}^{LWL}/_{(Re_{LWL})^{0.2}}}$$

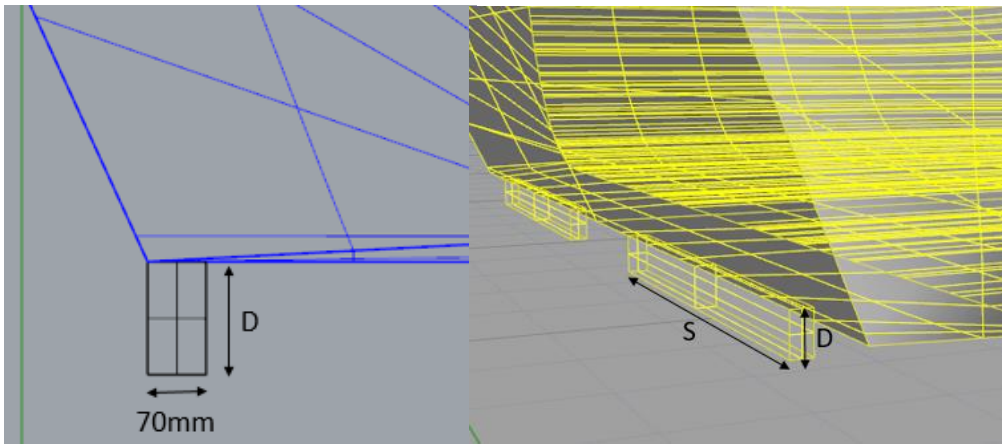
$$\boldsymbol{h\ =\ 0.382\ \times\ {}^{55.143\ m}/_{(9.04E+08)^{0.2}}}$$

$$\boldsymbol{h\ =\ 0.35\ m}$$

$$\boldsymbol{D\ =\ 0.4\ h}$$

$$\boldsymbol{D\ =\ 0.4\ \times\ 0.35\ m}$$

$\boldsymbol{D\ =\ 0.135\ m}$ atau 13.5 cm




Gambar 3.4 Dimensi *Interceptor*

| | D (cm) | S/D | S (cm) | Tebal (mm) |
|---|---|---|---|---|
| ICT 1 | 13.5 | 7 | 95 | 70 |
| ICT 2 | 13.5 | 11 | 150 | 70 |
| ICT 3 | 13.5 | 14 | 191 | 70 |

Tabel 3.4 Variasi Dimensi *Interceptor*

Tinggi *interceptor* yang disarankan adalah 0.2 h, 0.4h dan 0.6h. Dimana h adalah tebal lapisan batas. Ketiganya mampu memberikan kemampuan pengontrolan *trim* yang baik. Namun kinerja interceptor pendek dan sedang bisa lebih baik daripada interceptor tinggi pada beberapa sistem porpulsi yang berbeda (Mansoori, et al., 2017). Untuk penelitian ini, dipilihlah *interceptor* dengan tinggi 0.4 h dengan 3 variasi perbandingan lebar (*S*) dan tinggi (*D*). Ketebalan mengikuti tebal *interceptor* yang telah dijual di pasar, yakni sebesar 70mm.

Berdasarkan penelitian yang sudah ada, perbandingan x/B yang ideal untuk interceptor adalah 9.87% - 23.32% (Avci & Barlas, 2019). Karena penelitian ini hanya berfokus pada variasi dimensi interceptor, maka semua variasi interceptor dipasang dengan jarak x/B 14.8%.

## 3.6 Simulasi dengan CFD

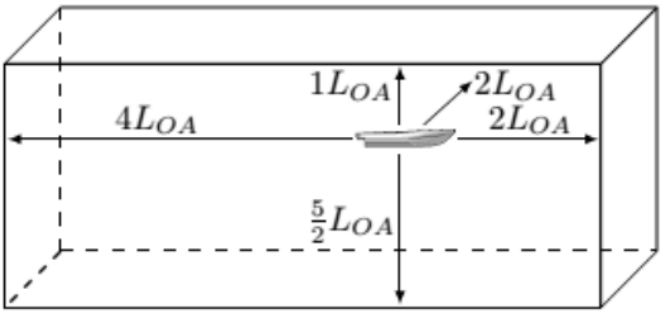
Simulasi digunakan dengan *software* NUMECA FINE MARINE dengan fluida air laut pada suhu 34$^{o}$C, sesuai dengan data primer yang didapat. Simulasi dilakukan dengan 3 model simulasi pada tiga jenis penurunan yang berbeda, yaitu model tanpa *interceptor*, 50% tinggi *interceptor* dan 100% tinggi *interceptor*. Simulasi dilakukan di tiga kecepatan berbeda, yakni 20 knot, 24 knot dan 28 knot. Sehingga total simulasi yang dilakukan sebanyak 21 kali simulasi.

Berikut pengaturan *pre-processing* dan *solver* yang digunakan:

### 3.6.1 *Meshing*

*3.6.1.1 C-Wizard*

Pada tahap *meshing* ini, model dilakukan pembagian detail dari bentuk geometri menjadi elemen-elemen *node* yang lebih kecil dan spesifik. *Meshing* atau jaring yang membagi domain menjadi sub-domain semakin lebih kecil. Domain merupakan batasan ruang analisa fluida yang akan dilakukan komputerisasi.




Tabel 3.5 Dimensi Domain Standar

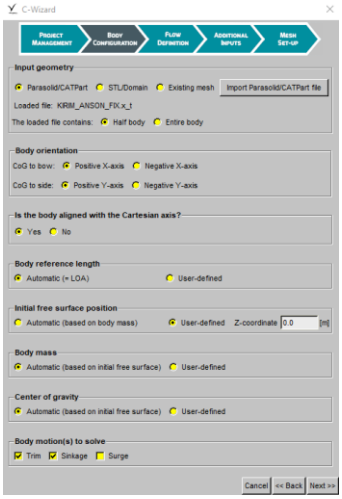
Pada tahap meshing pada Numeca Fine Marine dapat dilakukan secara otomatis dengan menggunakan C-Wizard. C-Wizard akan memberikan kemudahan melakukan pengaturan domain, domain yang terbentuk akan otomatis sesuai dengan domain standar ITTC untuk pengujian tahanan (ITTC, 2011). Sedangkan tahapan dalam membuat domain dengan menggunakan C-Wizard sebagai berikut:

*a. Create Project Management*

Dalam tahap ini dilakukan pemilihan parameter simulasi, yaitu *resistance*, *fluid model*, dan memilih satuan kecepatan (knot), panjang (m) serta sudut (deg).

Gambar 3.5 *Create Project Management*

*b. Body Configuration*



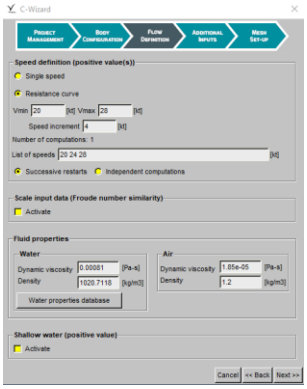

Gambar 3.6 *Body Configuration*

Tahap ini mengidentifikasi geometri model kapal yang disimulasikan serta melakukan pemilihan *body motion* yang diinginkan. Model kapal yang digunakan dalam bentuk Parasolid (.x_t) dengan *z-coordinate* sebesar sarat kapal.

Simulasi dilakukan dalam bentuk Half Body, untuk menghemat jumlah cell dan mempercepat simulasi. Karena simulasi dilakukan dengan *Half Body* kemudiakan akan dikalikan dua untuk mendapatkan hasil simulasi yang sebenarnya.

*c. Flow Definition*

Pada tahap ini dilakukan pengaturan parameter kecepatan simulasi yaitu 20, 24 dan 28 knot. Dilakukan pula pemilihan sifat fluida. Fluida yang dipilih adalah air laut saat suhu 33$^{o}$C dan udara.




Gambar 3.7 *Flow Definition*

*d. Additional Input*

Tidak dilakukan pemilihan apa-apa pada tahap ini. Sehingga langsung dilanjutkan dengan klik “Next”.

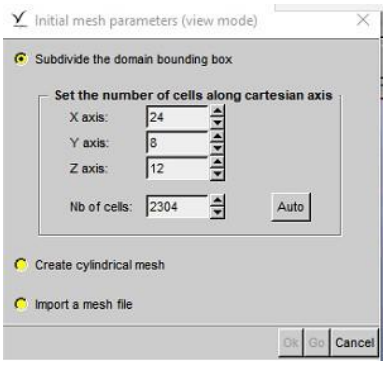
*e. Mesh Set-Up*

Pengaturan pada tahap ini bertujuan untuk menentukan jumlah *initial cell* yang akan diguanakan saat proses simulasi. Pada tahap ini pemilihan *Mesh Density* yang dipilih adalah “Medium”. Untuk opsi *Merge Cell* dan *Extra Refinement*, dipilih “Yes”. Sedangkan untuk opsi *Merge Tangential Face*, pilih “No”.

*3.6.1.2 Mesh Wizard*

*a. Initial Mesh*

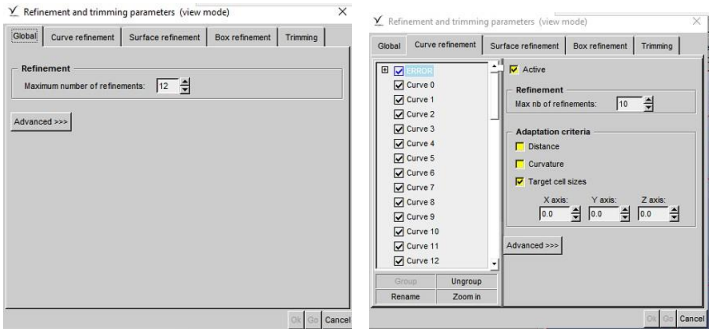
Pada tahap ini, dilakukan pembagian geometri seluruh domain. Domain dibagi menjadi *cell* dengan bentuk kotak sesuai dengan domain yang didefinisikan.




Gambar 3.8 *Initial Condition*

*b. Adapt to Geometry*

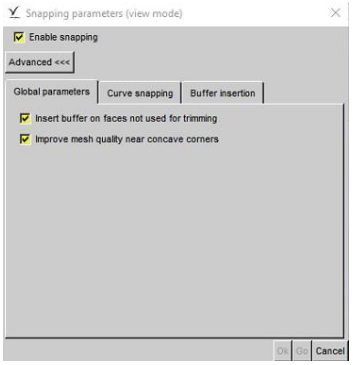
Pada tahap ini, dilakukan langkah *Refinement* terhadap *cell-cell* yang telah terbagi sesuai dengan bentuk geometri. Adapun fungsi dari menu ini untuk penghalusan, selain itu juga proses *trimming* yang menghapus *cell-cell* yang berada diluar geometri.




Gambar 3.9 *Global Refinement* dan *Curve Refinement*

*c. Snap To Geometry*

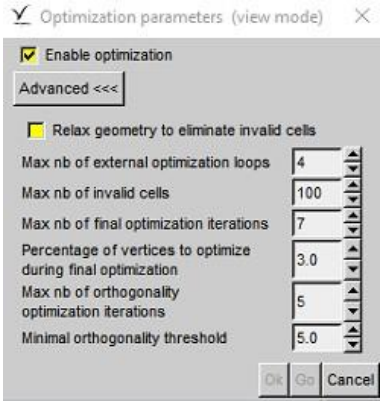
Tujuan dari tahap *Snap to Geometry* adalah untuk memproyeksikan *mesh* yang didapat dari hasil pada proses sebelumnya terhadap bentuk geometri sehingga menghasilkan bentuk geometri baru yang lebih bagus dan halus.




Gambar 3.10 *Snapping Parameter*

*d. Optimize*

Pada tahap ini, dilakukan *optimasi* terhadap hasil *mesh* yang memiliki kualitas dan kondisi buruk seperti *negative cells*, *concave cells*, dll. Kualitas dari *cell* dapat diketahui dengan melihat menu *mesh quality*.

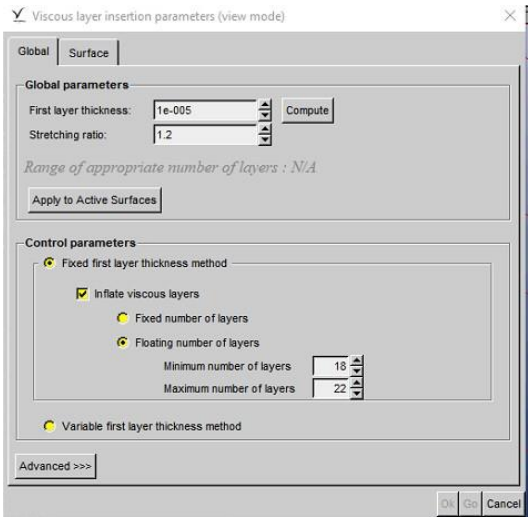



Gambar 3.11 *Optimization Parameters*

*e. Viscous Layer*

Dalam tahap ini, dilakukan pendekatan yang lebih spesifik dalam penyisipan lapisan *viskos fluida* berdasarkan kecepatan sehingga menghasilkan bilangan *Reynold Number* dan *Froud*

*Number* yang dipengaruhi oleh kecepatan dan ukuran dari kapal tersebut.



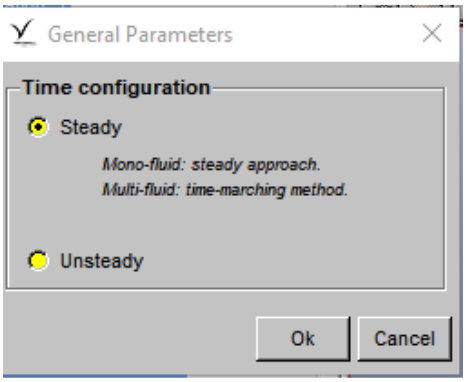

Gambar 3.12 *Viscous Layer*

### 3.6.2 *Solver*

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

*a. General Parameter*

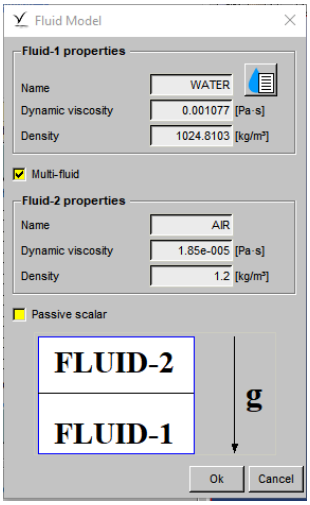
Pada parameter ini untuk mengetahui konfigurasi waktu pada hasil dari simulasi saat time step yang telah ditentukan. Terdapat dua pilihan dalam time configuration ini yaitu steady dan unsteady. Steady digunakan jika ingin mendapatkan hasil running pada saat time step yang terakhir. Apabila Unsteady digunakan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




Gambar 3.13 *General Parameter*

*b. Fluid Model*

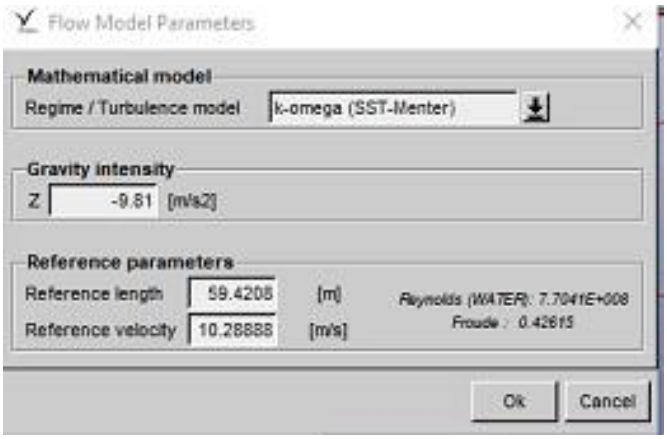
Parameter *Fluid Model* merupakan fungsi dari definisi fluida yang digunakan. Pada penelitian tugas akhir ini menggunakan konfigurasi Multi Fluid yaitu fluida air dan udara. Bagian fluida air dan udara dipisahkan oleh sebuah layer interface yang telah dibuat pada geometri.




Gambar 3.14 *Fluid Model*

*c. Fluid Model Parameter*

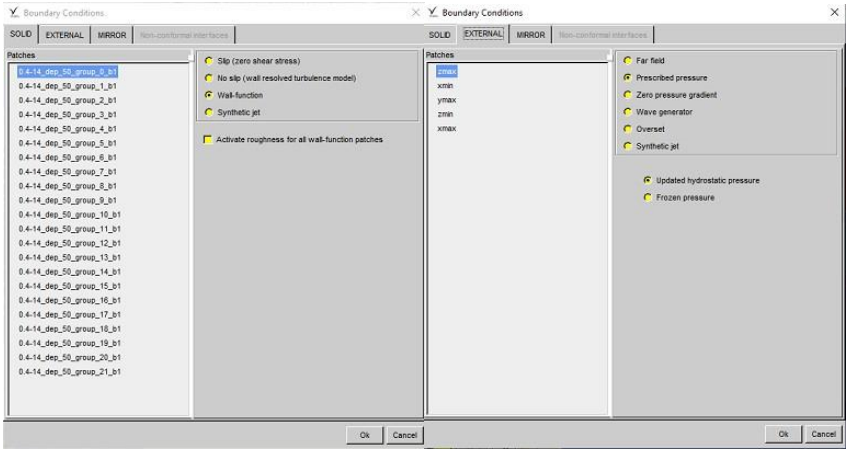
Pada konfigurasi *Flow Model* dilakukan untuk menentukan karakteristik aliran yang digunakan. Terdapat dua pilihan aliran laminar dan turbulen serta intensitas dari gravitas. Pada bagian *Reference parameters* untuk mendefinisikan perhitungan *Froude number* dan *reynlod number* pada *fluid model*. Pada reference length input panjang dari kapal dan *reference velocity*.




Gambar 3.15 *Flow Model Parameter*

*d. Boundary Condition*

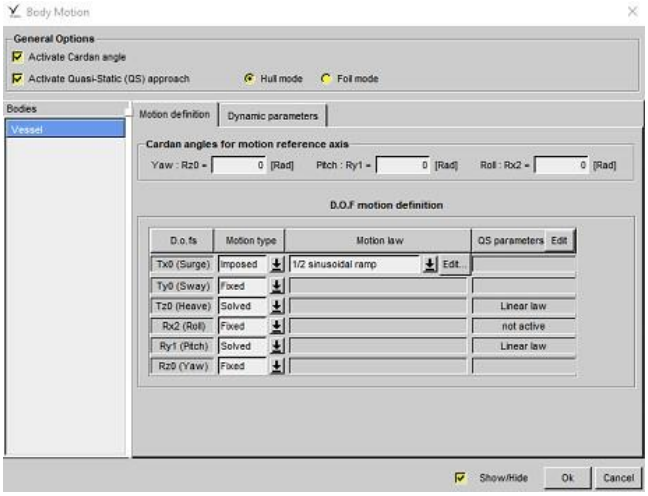
Pada tahap *Boundary Condition* yaitu pendefinisian dari kondisi atasan-batasan yang akan disimulasikan. Konfigurasi yang akan digunakan dalam penelitian tugas akhir ini yaitu dengan mendefinisikan body kapal sebagai *solid wall-function*, dan pada kondisi *external* adalah pada perairan tenang.




Gambar 3.16 *Solid Boundary Condition & External Boundary Condition*

*e. Boundary Motion*

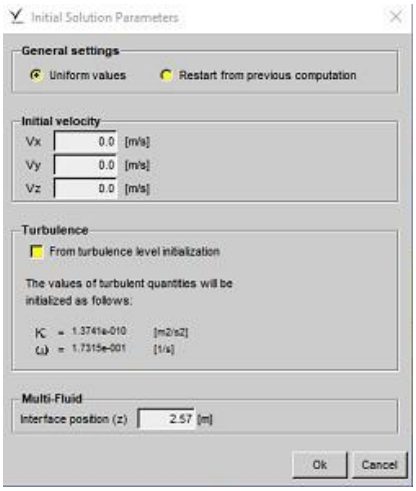
Pada tahap *body motion* merupakan bagian yang menetukan gerak akibat olah gerak badan kapal yang akan dilakukan simulasi. Badan kapal dapat bergerak dengan 6 derajat kebebasan dan konfigurasi untuk menentukan nilai dari percepatan dan kecepatan dari badan kapal. Dalam tugas akhir ini menggunakan *imposed* terhadap sumbu x dengan kecepatan konstan.




Gambar 3.17 *Body Motion*

*f. Initial Solution*

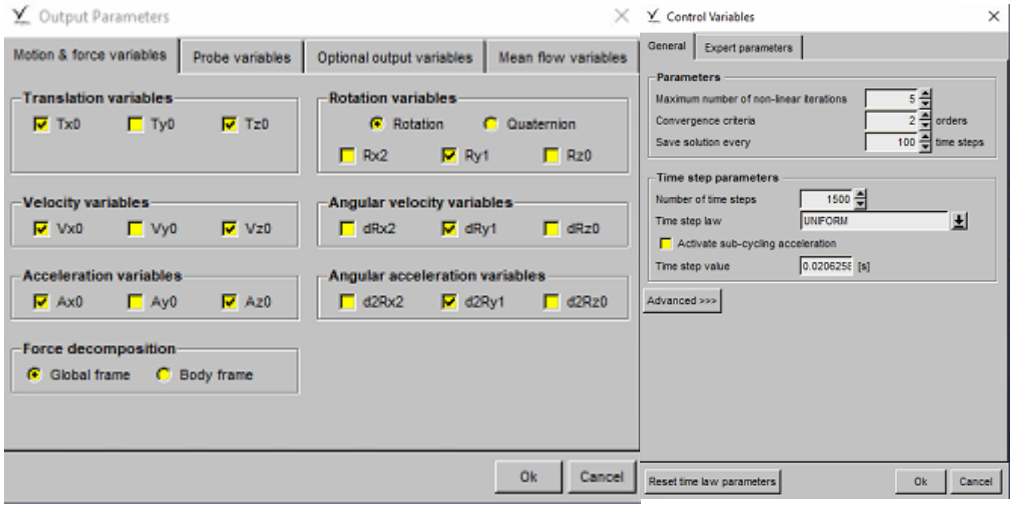
Tahapan *initial solution* merupakan pengaturan yang digunakan untuk menentukan kecepatan awal dari sebuah domain yang akan dilakukan simulasi dan penentuan sarat air kembali (*interface position*).




Gambar 3.18 *Initial Solution*

*g. Computational Control Variabel dan Outputs.*

*Control Variabel* merupakan pengaturan yang berfungsi untuk menentukan perhitungan jumlah iterasi dan *time step* yaitu periode gerakan kapal yang digunakan. Sedangkan output meruapakan penentuan variabel hasil dari proses simulasi. Apabila parameter tersebut sudah ditentukan maka langkah simulasi dapat dijalankan dengan mengaktifkan *solver running*




Gambar 3.19 *Control Variables* dan *Output Parameter*

# BAB 4
# ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Untuk mempermudah analisis, beberapa variasi dimensi *interceptor* diberikan kode seperti berikut:

| | |
|---|---|
| *Interceptor* S/D 7 penurunan 50% | ICT 1 50% |
| *Interceptor* S/D 7 penurunan 100% | ICT 1 100% |
| *Interceptor* S/D 11 penurunan 50% | ICT 2 50% |
| *Interceptor* S/D 11 penurunan 100% | ICT 2 100% |
| *Interceptor* S/D 14 penurunan 50% | ICT 3 50% |
| *Interceptor* S/D 14 penurunan 100% | ICT 3 100% |

Tabel 4.1 Kode Variasi *Interceptor*

Sebagai pembanding dengan hasil simulasi digunakan Froude Number (Fn) untuk memudahkan penelitian selanjutnya. Karena bisa saja karakteristik kapal yang digunakan memiliki Fn yang sama. Konversi kecepatan dan Fn dapat dilihat pada tabel berikut:

| v (kn) | v(m/s) | Fn |
|---|---|---|
| 20 | 10.29 | 0.442 |
| 24 | 12.35 | 0.531 |
| 28 | 14.40 | 0.619 |

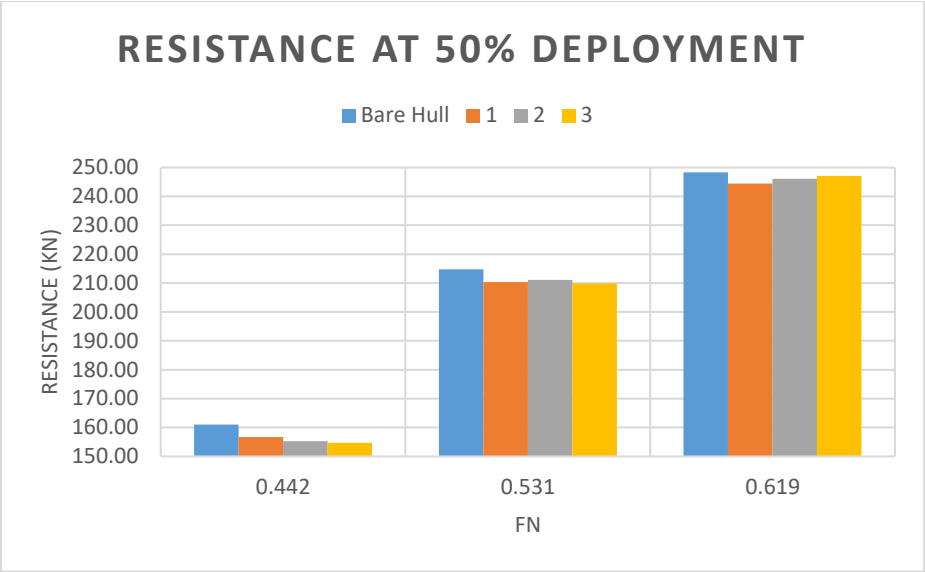
Tabel 4.2 Konversi Satuan Kecepatan Menjadi Fn

## 4.1 Berdasarkan Nilai Hambatan dari Simulasi CFD

*Interceptor* bekerja dengan cara menghambat aliran air pada bagian bawah kapal. Aliran yang menabrak *interceptor* akan membentuk *eddy*. Proses tersebut akan memberikan gaya angkat pada kapal sehingga dapat mengurangi nilai *trim*. *Interceptor* yang baik tentunya harus mampu mengurangi nilai hambatan kapal sembari mengurangi nilai trim.

| *Resistance at deployment* 50% (kN) | | | | | Reduksi | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fn | Bare | ICT 1 | ICT 2 | ICT 3 | ICT 1 | ICT 2 | ICT 3 |
| 0.442 | 161.07 | 156.65 | 155.27 | 154.70 | -2.75% | -3.60% | -3.96% |
| 0.531 | 214.71 | 210.28 | 211.13 | 209.92 | -2.07% | -1.67% | -2.23% |
| 0.619 | 248.38 | 244.41 | 246.06 | 247.14 | -1.60% | -0.93% | -0.50% |

Tabel 4.3 Reduksi Hambatan pada Penurunan 50%




Gambar 4.1 Grafik Nilai Hambatan pada Penurunan 50%

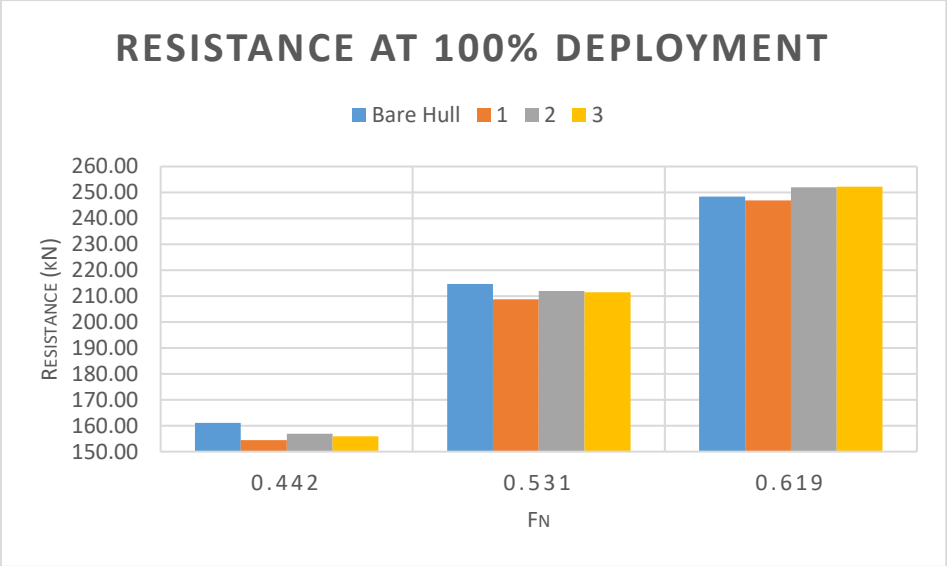
Berdasarkan Tabel 4.3 dan Gambar 4.1 Dapat diketahui bahwa saat penurunan 50%, semua variasi *interceptor* menunjukkan adanya pengurangan nilai hambatan. Pada nilai Fn diantara 0.4 -0.5, *interceptor* yang mampu mereduksi nilai hambatan dengan signifikan adalah *interceptor* 3 dengan reduksi sebanyak 3.96%. Untuk Fn antara 0.5-0.6, *interceptor* yang unggul adalah *interceptor* 3 dengan reduksi sebanyak 2.23%. Sedangkan pada Fn > 0.6, *interceptor* 1 yang lebih unggul karena mampu mereduksi nilai hambatan hingga 1.6%.

| *Resistance at deployment* 100% (kN) | | | | | Reduksi | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fn | Bare | ICT 1 | ICT 2 | ICT 3 | ICT 1 | ICT 2 | ICT 3 |
| 0.442 | 161.07 | 154.41 | 156.97 | 155.90 | -4.13% | -2.55% | -3.21% |
| 0.531 | 214.71 | 208.82 | 211.94 | 211.48 | -2.74% | -1.29% | -1.51% |
| 0.619 | 248.38 | 246.91 | 252.01 | 252.21 | -0.59% | +1.46% | +1.54% |

Tabel 4.4 Reduksi Nilai Hambatan saat Penurunan 100%

Pada tabel diatas diketahui bahwa saat penurunan 100%, *Interceptor* 2 dan 3 tidak terlalu mereduksi nilai hambatan seperti saat penurunan 50%. Pada kedua *interceptor* itu pula, terjadi penambahan nilai hambatan saat berada pada kecepatan tinggi. Untuk *interceptor* 3, penurunan 100% berpengaruh terhadap pengurangan nilai hambatan pada kecepatan yang lebih rendah (Fn 0.4-0.5) dan

masih mampu mengurangi nilai hambatan pada kecepatan tinggi (Fn > 0.6). Penjelasan pada paragraf ini dituangkan pada grafik berikut.

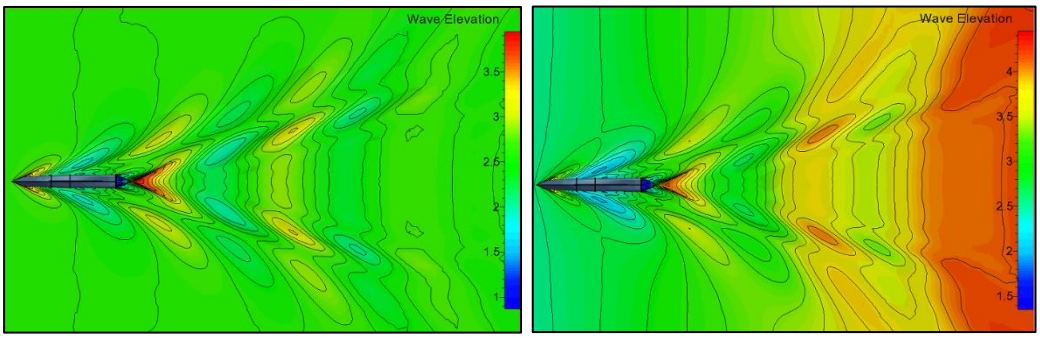



Gambar 4.2 Grafik Nilai Hambatan pada Penurunan 100%

## 4.2 Berdasarkan Pola Aliran dari Simulasi CFD

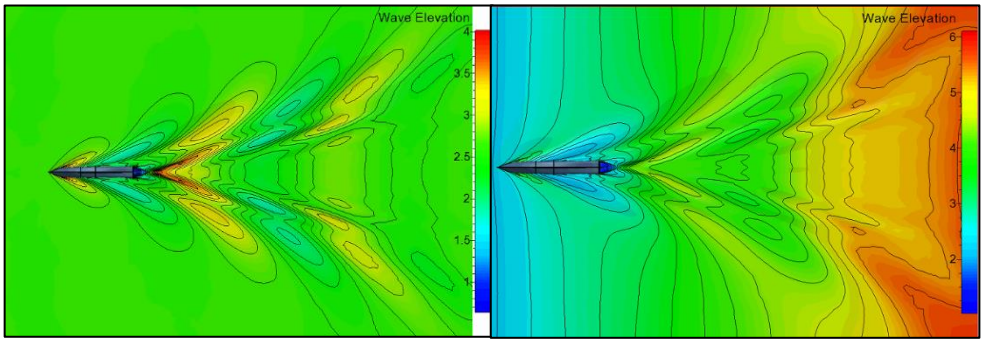
Koefisien komponen tahanan terdiri dari koefisien akibat efek viskositas air laut dengan badan kapal, koefisien akibat gesekan badan kapal dengan udara serta koefisien akibat terbentuknya gelombang. Maka dari itu dengan memperhatikan pola aliran yang dihasilkan oleh simulasi model kapal, kita juga dapat memperhatikan pengaruh penambahan *interceptor* terhadap nilai hambatan.

Untuk mempermudah pengamatan, pola gelombang yang digunakan pada sub-bab ini disesuaikan dengan variasi *interceptor* yang unggul sesuai dengan bagian 4.1.



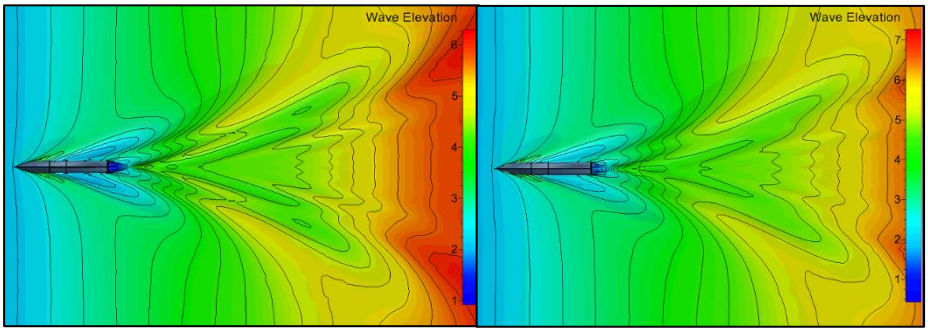

Gambar 4.3 *Interceptor* 1 100% (kiri) dan 3 50% (kanan) pada Kecepatan 20 knot

Pola aliran pada kecepatan 20 knot menunjukkan, *interceptor* 1 100% memilki *divergence bow wave* yang lebih lebar dan teratur dibandingkan dengan *interceptor* 3 50%. Selain itu, gelombang yang terbentuk pada kapal dengan *Interceptor* 3 50% cenderung lebih tinggi daripada *interceptor* 1 100%. Gelombang yang tinggi menandakan banyaknya energi yang terkonversikan. Maka *interceptor* yang unggul pada kecepatan 20 knot adalah *interceptor* 1 100%.




Gambar 4.4 *Interceptor* 1 100% (kiri) dan 3 50% (kanan) pada Kecepatan 24 knot

Pada kecepatan 24 knot atau setara dengan Fn 0.531, *interceptor* 1 100% memiliki *divergence bow wave* dan *divergence stern wave* yang melebar, teratur dan banyak. Sedangkan *interceptor* 3 50% memiliki *divergence bow wave* dan *divergence stern wave* yang sedikit, memanjang dan tidak teratur. Walaupun *interceptor* 1 100% terlihat membentuk gelombang yang lebih tinggi pada bagian buritan kapal, namun gelombang yang dihasilkan sama dengan gelombang pada *interceptor* 3 50%. Tinggi gelombang maksimum yang dihasilkan oleh *interceptor* 1 100% lebih besar daripada *interceptor* 3 50%. Sehingga pada kecepatan ini, *interceptor* 1 100% lebih unggul daripada *interceptor* 3 50%.

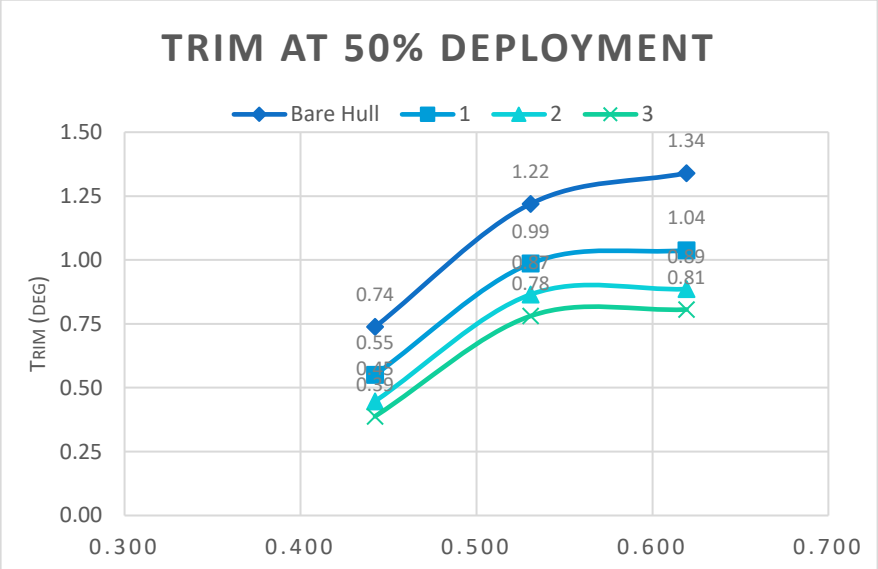



Gambar 4.5 *Interceptor* 3 50% (kiri) dan 1 50% (kanan)Kecepatan 28

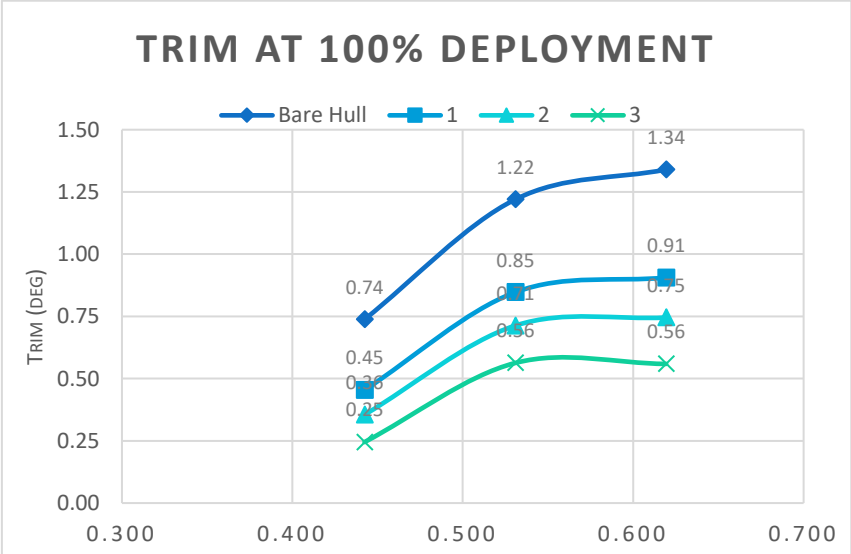
Pada kecepatan 28 knot, *interceptor* 3 50% memiliki gelombang yang tidak terlalu tinggi dibandingkan dengan *interceptor* 1 50%. Pola gelombang yang dihasilkan 1 50% tidak terlalu rapat dan padat dibandingkan dengan 3 50%.

Karena kontur gelombang yang dihasilkan lebih jarang, maka dapat diasumsikan bahwa energi yang terkonversikan pada 1 50% lebih sedikit. Sehingga pada kecepatan 28 knot, *interceptor* 1 50% lebih unggul.

### 4.3 Berdasarkan Nilai *Trim* dari hasil Simulasi




Gambar 4.6 Grafik *Trim* pada Penurunan 50%



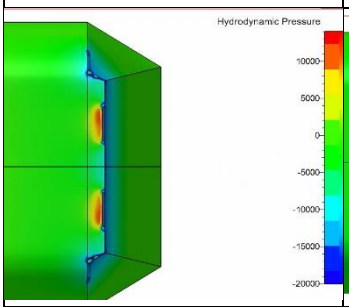
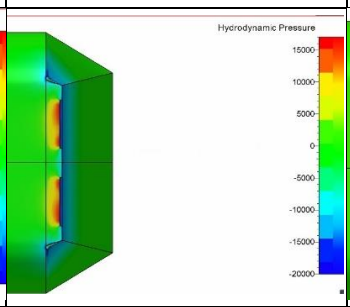
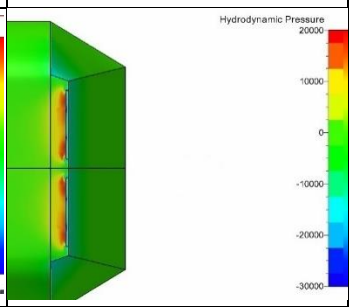
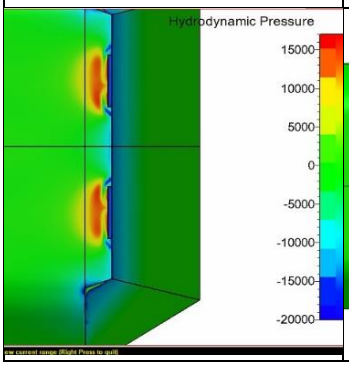
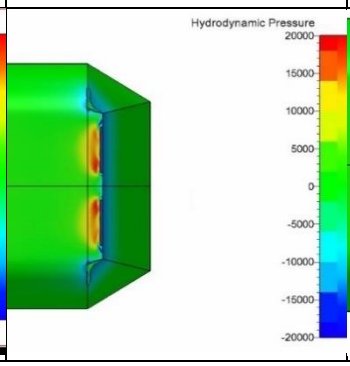
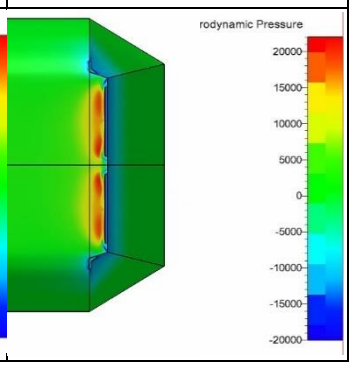

Gambar 4.7 Grafik Nilai *Trim* pada Penurunan 100%

Pada grafik di atas, dapat diketahui bahwa perbedaan nilai trim barehull dengan kapal yang diberi *interceptor* dengan penurunan 100% sangatlah

signifikan. *Interceptor* 3 memilki nilai reduksi yang paling besar. Begitu juga dengan saat penurunan 50%, *Interceptor* dengan 3 memiliki nilai reduksi yang lebih besar daripada variasi *interceptor* yang lain. Namun, nilai reduksi pada penurunan 50% tidak sebesar pada penurunan 100%.

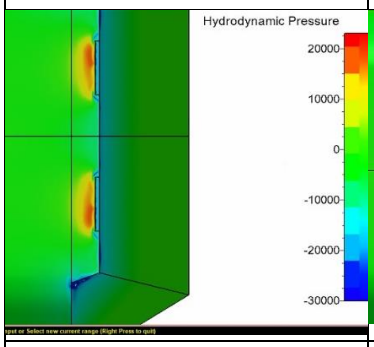
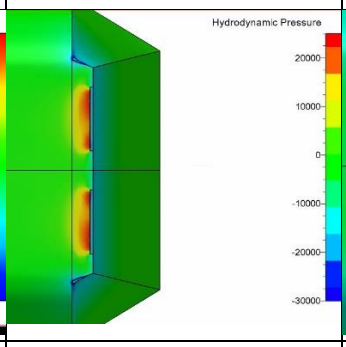
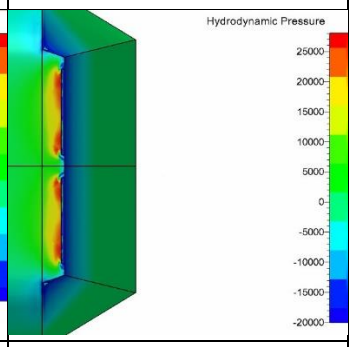
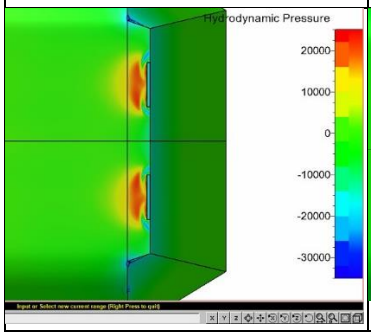
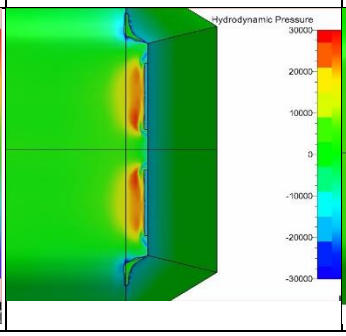
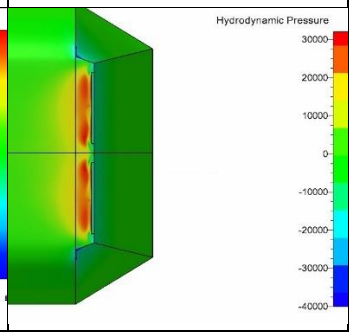
## 4.4 Berdasarkan *Hydrodynamic Pressure* dari Hasil Simulasi

Penelitian yang dilakukan oleh Mansoori, et.al. menyatakan bahwa kapal yang dipasangi interceptor akan mengalami peningkatan tekanan pada bagian buritan kapal (Mansoori, et al., 2017). Hal tersebut terbukti dengan *hydrodynamic pressure* yang didapatkan dari simulasi. Kapal yang diberi *interceptor* dengan *span* yang lebar serta penurunan yang dalam, akan menghasilkan daerah bertekanan yang luas. Kombinasi dari daerah bertekanan luas serta tekanan yang tinggi akan menghasilkan gaya angkat pada kapal.

| *Hydrodynamic Pressure* pada Kecepatan 20 knot | | |
|---|---|---|
| ICT 1 50% | ICT 2 50% | ICT 3 50% |
|   |   |   |
| ICT 1 100% | ICT 2 100% | ICT 3 100% |
|   |   |   |

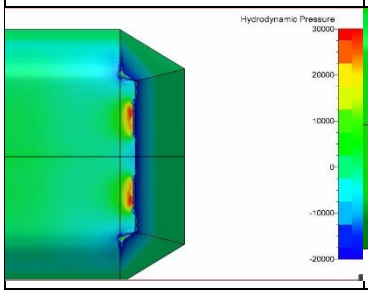
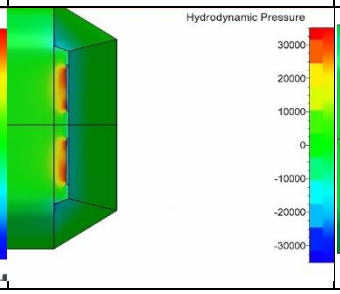
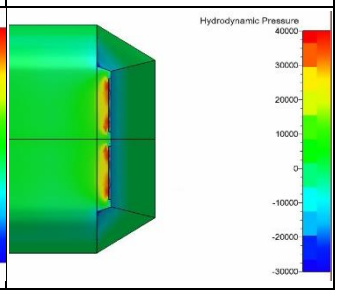
Tabel 4.5 Tekanan pada Kecepatan 20 knot

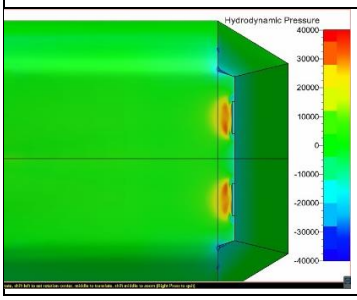
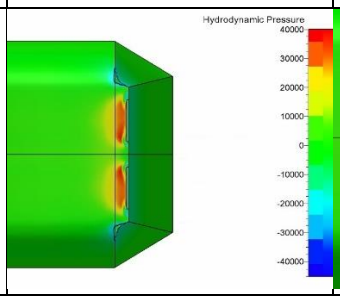
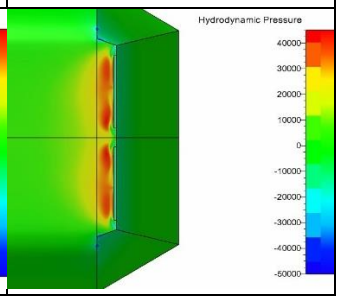
Pada kecepatan 20 knot dapat diperhatikan bahwa daerah yang memiliki area bertekanan tinggi yang paling luas adalah *interceptor* 3 100%. *Interceptor* ini juga menunjukkan peningkatan tekanan tertinggi hingga mencapai > 22000.

| *Hydrodynamic Pressure* pada Kecepatan 24 knot | | |
|---|---|---|
| ICT 1 50% | ICT 2 50% | ICT 3 50% |
|   |   |   |
| ICT 1 100% | ICT 2 100% | ICT 3 100% |
|   |   |   |

Tabel 4.6 Tekanan pada Kecepatan 24 knot

Pada kecepatan 24 knot dapat diperhatikan bahwa daerah yang memiliki area bertekanan tinggi yang paling luas adalah *interceptor* 3 100%. *Interceptor* ini juga menunjukkan peningkatan tekanan tertinggi hingga mencapai > 32500.

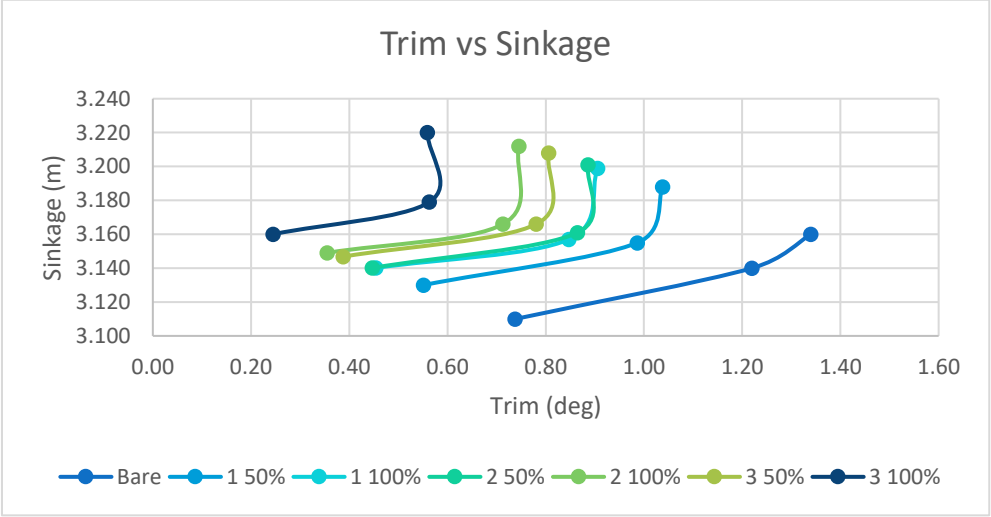
| *Hydrodynamic Pressure* pada Kecepatan 28 knot | | |
|---|---|---|
| ICT 1 50% | ICT 2 50% | ICT 3 50% |
|   |   |   |

| ICT 1 100% | ICT 2 100% | ICT 3 100% |
|---|---|---|
|  |  |  |

Tabel 4.7 Tekanan pada Kecepatan 28 knot

Pada kecepatan 28 knot dapat diperhatikan bahwa daerah yang memiliki area bertekanan tinggi yang paling luas adalah *interceptor* 3 100%. Area ini disertai dengan ada peningkatan tekanan tertinggi hingga mencapai > 45000 Pa.

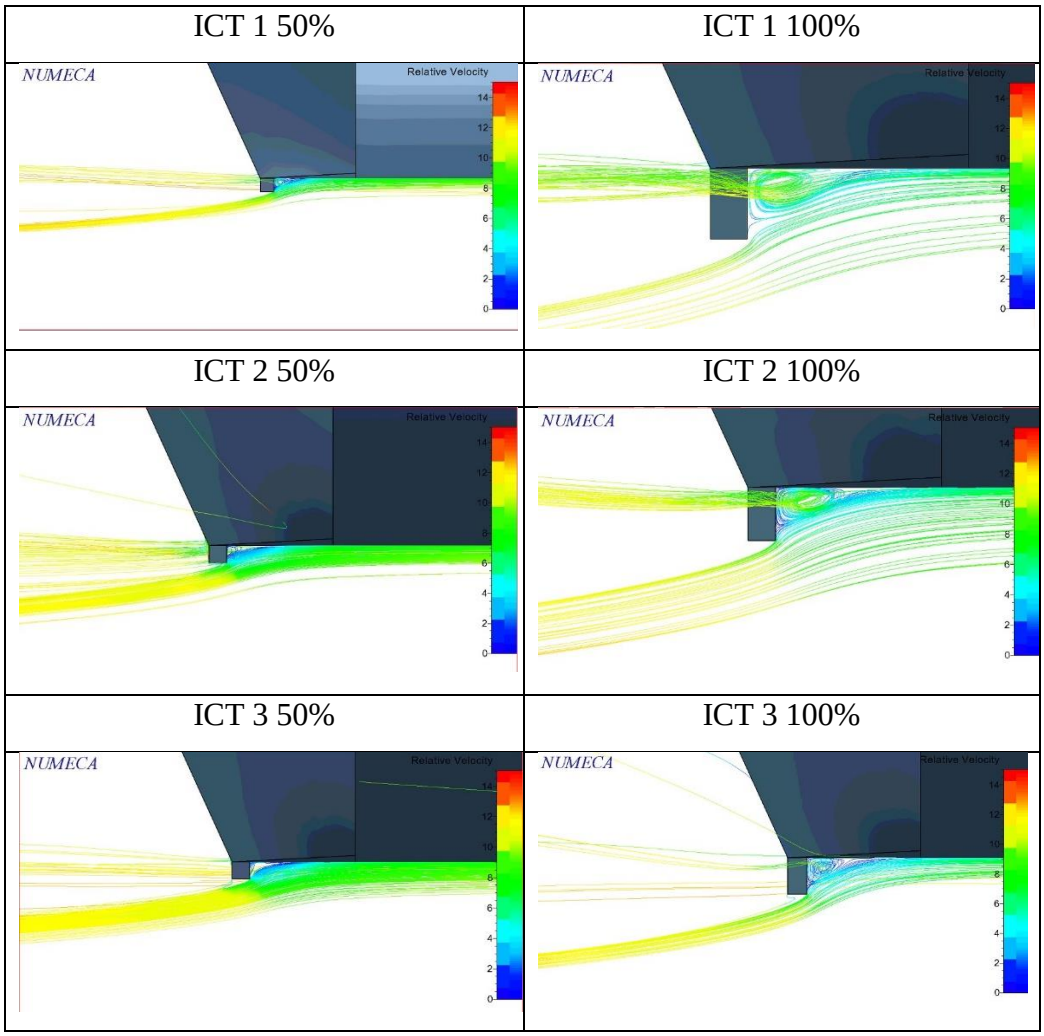
Perbedaan tekanan pada daerah berwarna merah ke daerah berwarna hijau sangatlah signifikan. Perbedaan tekanan ini kemudian dapat membuat daerah berwarna hijau lebih terbenam sehingga menambah *Sinkage* kapal. Perhatikan tabel dan grafik berikut.




Gambar 4.8 Grafik Perbandingan *Trim* dan *Sinkage*

## 4.5 Berdasarkan Pola Aliran dari Hasil Simulasi

Interceptor bekerja dengan adanya eddy yang terbentuk pada bagian depan *interceptor*. Eddy terbentuk karena *interceptor* menghambat laju aliran air pada bagian bawah kapal. Eddy akan memberi gaya angkat kepada kapal sehingga *trim* dan hambatan dapat berkurang. Pola aliran yang terbentuk dengan adanya interceptor dapat kita perhatikan gambar berikut.




Gambar 4.9 Pola Aliran Tampak Samping

Perubahan warna pada masing-masing vektor menandakan kecepatan yang berbeda. Bagian depan *interceptor* mengalami perlambatan. Kemudian aliran yang telah melewati *interceptor* akan semakin bertambah kecepatannya.

Pada *interceptor* penurunan 50% daerah pada bagian buritan kapal didominasi oleh warna hijau. Pada bagian depan *interceptor* di dominasi oleh sedikit warna biru muda dan biru tua. Sedangkan pada penurunan 100% bagian berwarna biru muda dan biru tua lebih mendominasi. Warna biru muda dan biru tua mengindikasikan adanya kecepatan yang sangat rendah hingga mendekati 0. Bisa dikatakan bahwa daerah berwarna biru ini menandakan adanya eddy.

Pola aliran yang terbentuk pada bagian depan *interceptor* juga membentuk pusaran. Pada penurunan yang rendah, pusaran yang dihasilkan lebih rendah daripada pusaran pada penurunan dalam. Pusaran yang lebih pendek dan memanjang ditemukan pada *interceptor* dengan lebar *span* yang besar. Intensitas pusaran ini yang kemudian dapat berpengaruh terhadap adanya daerah bertekanan pada daerah di bagian depan *interceptor*.

Banyaknya daerah yang mengalami perlambatan dapat pula mengindikasikan adanya *drag* tambahan yang terbentuk, sehingga menjelaskan variasi *interceptor* dan penurunan tertentu tidak bekerja terlalu efektif untuk mengurangi hambatan.

# BAB 5
# KESIMPULAN DAN SARAN

## 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi penambahan tiga variasi interceptor yaitu ICT 1 (S/D 7), ICT 1 (S/D 7), dan ICT 1 (S/D 7) pada model KCR 60 dengan variasi penurunan 50% dan 100%, dapat disimpulkan bahwa:

1. Pemasangan *interceptor* berpengaruh terhadap hambatan kapal pada setiap dimensi dan penurunan, hal ini tercermin dalam tabel berikut.

| *Resistance at deployment* 50% (kN) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Fn | Bare | ICT 1 | ICT 2 | ICT 3 |
| 0.442 | 161.07 | 156.65 | 155.27 | 154.70 |
| 0.531 | 214.71 | 210.28 | 211.13 | 209.92 |
| 0.619 | 248.38 | 244.41 | 246.06 | 247.14 |

Tabel 5.1 Nilai Hambatan pada Penurunan 50%

| *Resistance at deployment* 100% (kN) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Fn | Bare | ICT 1 | ICT 2 | ICT 3 |
| 0.442 | 161.07 | 154.41 | 156.97 | 155.90 |
| 0.531 | 214.71 | 208.82 | 211.94 | 211.48 |
| 0.619 | 248.38 | 246.91 | 252.01 | 252.21 |

Tabel 5.2 Nilai Hambatan pada Penurunan 100%

Pada Fn diantara 0.4-0.5 atau setara kecepatan 20 Knot *interceptor* yang unggul adalah ICT 1 pada penurunan 100% dengan nilai hambatan sebesar 154.41 kN. Pada Fn diantara 0.5-0.6 atau setara kecepatan 24 Knot *interceptor* yang unggul adalah ICT 1 pada penurunan 100% dengan nilai hambatan sebesar 208.82 kN. Pada Fn > 0.6 atau setara kecepatan 28 Knot *interceptor* yang unggul adalah ICT 1 pada penurunan 50% dengan nilai hambatan sebesar 244.41 kN. Pada kecepatan 28 knot, pemasangan ICT 2 dan ICT 3 pada penurunan 100% justru menambah nilai tahanan model KCR 60.

2. Pemasangan *interceptor* tidak terlalu berpengaruh terhadap nilai *trim* kapal pada setiap dimensi dan penurunan karena nilai *trim* model KCR 60 yang terlalu kecil.  hal ini tercermin dalam tabel berikut.

| *Trim at deployment* 50% (deg) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Fn | Bare | ICT 1 | ICT 2 | ICT 3 |
| 0.442 | 0.74 | 0.55 | 0.45 | 0.39 |
| 0.531 | 1.22 | 0.99 | 0.87 | 0.78 |
| 0.619 | 1.34 | 1.04 | 0.89 | 0.81 |

Tabel 5.3 Nilai Trim pada Penurunan 50%

| *Trim at deployment* 100% (deg) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Fn | Bare | ICT 1 | ICT 2 | ICT 3 |
| 0.442 | 0.74 | 0.45 | 0.38 | 0.25 |
| 0.531 | 1.22 | 0.85 | 0.71 | 0.56 |
| 0.619 | 1.34 | 0.91 | 0.75 | 0.56 |

Tabel 5.4 Nilai Trim pada Penurunan 100%

Pada Fn diantara 0.4-0.5 atau setara kecepatan 20 Knot *interceptor* yang unggul adalah ICT 3 pada penurunan 100% dengan nilai *trim* sebesar 0.25$^o$. Pada Fn diantara 0.5-0.6 atau setara kecepatan 24 Knot *interceptor* yang unggul adalah ICT 3 pada penurunan 100% dengan nilai *trim* sebesar 0.56$^o$. Pada Fn > 0.6 atau setara kecepatan 28 Knot *interceptor* yang unggul adalah ICT 3 pada penurunan 100% dengan nilai *trim* sebesar 0.56$^o$. ICT 3 juga menunjukkan nilai reduksi trim yang signifikan pada penurunan 50% di setiap kecepatan dengan nilai trim pada kecepatan 20 Knot (Fn 0.4-0.5) sebesar 0.39$^o$, kecepatan 24 Knot (Fn 0.5-0.6) sebesar 0.78$^o$, dan kecepatan 28 Knot (Fn > 0.6) sebesar 0.81$^o$.

3. Berdasarkan hasil simulasi, *interceptor* yang sesuai untuk KCR 60 adalah ICT 1 dengan nilai S/D 7, yaitu *interceptor* yang memiliki lebar *span* terpendek dibandingkan dengan variasi dimensi lainnya. Pada Fn < 0.6 penurunan *interceptor* ICT 1 yang disarankan adalah 100%. Sedangkan saat Fn > 0.6 *interceptor* ICT 1 disarankan untuk diturunkan 50% saja.

## 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, Untuk penelitian selanjutnya penulis menyarankan hal berikut:

1. Untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan simulasi dengan rasio S/D lainnya serta penurunan dimensi yang lebih variatif.
2. Perlu dikakukan penelitian lebih lanjut terhadap efek peletakan *interceptor* pada kapal.

3. Perlu dilakukan perbandingan antara nilai tebal lapisan batas yang didapatkan melalui perhitungan rumus dengan hasil simulasi CFD.
4. Perlu dilakukan simulasi pada model kapal lainnya.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# DAFTAR PUSTAKA


Al-Shemmeri, T., n.d. *Engineering Fluid Mechanics.* s.l.:Ventus Publishing.

Avci, A. G. & Barlas, B., 2019. An experimental investigation of interceptors for a high speed hull. *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering,* pp. 256-273.

Cengel, Y. A. & Cimbala, J. M., 2014. *Fluid Mechanics Fundamental and Application.* New York: McGraw-Hill.

ITTC, 2002. *Resistance, Uncertainty Analysis, Example for Resistance Test,* s.l.: s.n.

ITTC, 2011. *Practical Guidelines for Ship CFD.* [Online]
Available at: https://ittc.info/media/1357/75-03-02-03.pdf
[Accessed July 2020].

ITTC, 2017. Uncertainty Analysis in CFD Verification and Validation Methodology and Procedures. In: *ITTC-Recommended Procedures and Guidelines.* s.l.:s.n.

Kei-Wei, S. et al., 2019. Numerical analysis of the effects of stern flaps on ship resistance and. *Ocean Engineering.*

Mansoori, M. & Fernandes, A. C., 2016. The interceptor hydrodynamic analysis for controlling the porpoising instability in high speed crafts. *Applied Ocean Research,* pp. 40-51.

Mansoori, M., Fernandes, A. & Ghassemi, H., 2017. Interceptor design for optimum trim control and minimum resistance of planing boats. *Applied Ocean Research,* Volume 69, pp. 100-115.

Molland, A. F., Turnock, S. R. & Hudson, D. A., 2011. *Ship Resistance and Propulsion: practical estimation of ship propulsive power.* s.l.:Cambridge University Press.

Ranowsky, A., 2015. *CSC Scientific Company.* [Online]
Available at: https://www.cscscientific.com/csc-scientific-blog/whats-the-difference-between-dynamic-and-kinematic-viscosity
[Accessed June 2020].

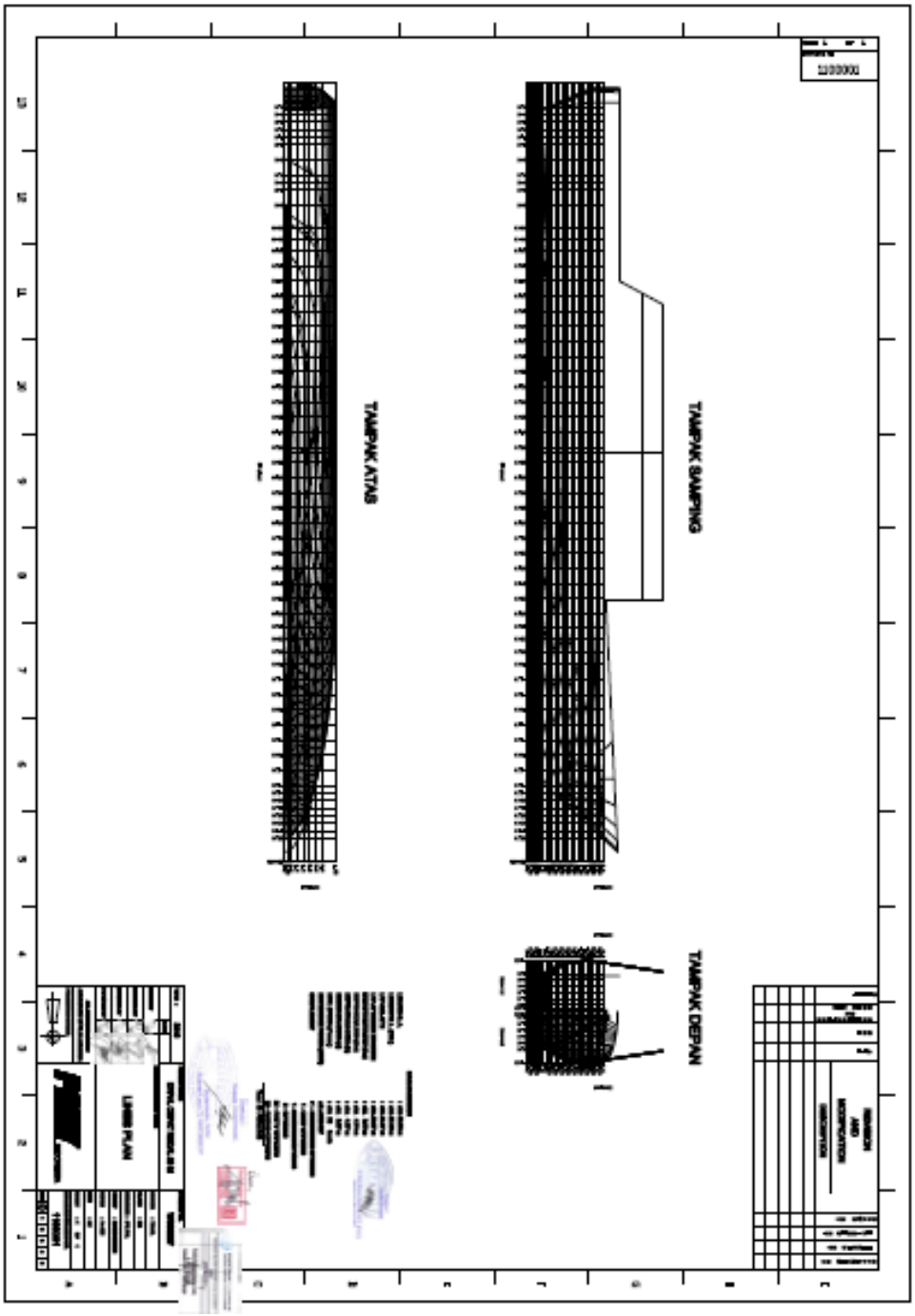
Song, K.-W.et al., 2018. Influence of interceptors, stern flaps, and their combinations on the hydrodynamic performance of a deep-vee ship. *Ocean Engineering*, Volume 170, pp. 306-320.

Stern, F., Coleman, H. W., Wilson, R. & Paterson, E., 2001. Comprehensive Approach to Verification and Validation of CFD Simulations—Part 1: Methodology and Procedures. *Journal of Fluids Engineering* .

United States of Naval Academy, n.d. *United States of Naval Academy.* [Online] Available at:
https://www.usna.edu/NAOE/_files/documents/Courses/EN400/02.07%20Chapter%207.pdf
[Accessed June 2020].

# LAMPIRAN

## **LAMPIRAN 1** Lines Plan

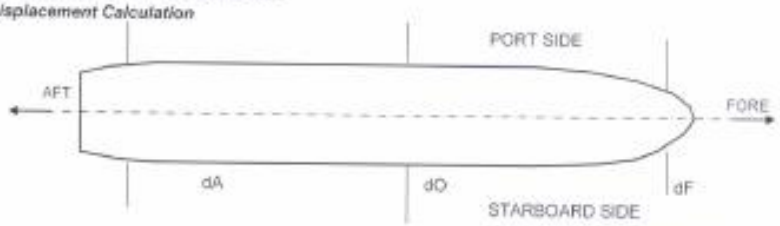


**LAMPIRAN 2** Data Inclining Test

| PAL INDONESIA | PETUNJUK PENGUJIAN/PEMERIKSAAN UNTUK BANGUNAN KAPAL BARU<br>*TEST PROCEDURE FOR NEW SHIPBUILDING* | KAPAL CEPAT RUDAL 60 M (KCR 60 M) KRI. KERAMBIT |
|---|---|---|
| No. Kapal / *Ship No.* : W000297 | No. Gambar/Dokumen / *Drawing/Document No.* : 1100904 | Hal. / *Page* : 4 Dari / *From* : 15 |

**4. PERHITUNGAN DISPLACEMENT**

***Displacement Calculation***




| Pembacaan Sarat *Draught Reading* | Belakang *Aft* | Tengah *Middle* | Depan *Fore* | Berat Jenis *Specified Gravity of Water* 1.020 t / m³ |
|---|---|---|---|---|
| Kiri / *Port* | 2.380 | 2.220 | 2.010 | |
| Kanan / *Starboard* | 2.330 | 2.200 | 2.010 | Trim Awal *Apparent Trim (t0)* = 0.345 m |
| Rata Rata / *Mean* | 2.355 | 2.210 | 2.010 | |
| Koreksi Sarat *Draught Correction* | δda 0.000 | 0.000 | δdf 0.009 | Sarat Rata Rata *Mean Draught ( dM )* = 2.178 m |
| Sarat Terkoreksi *Corrected Draught* | dA 2.355 | dO 2.210 | dF 2.001 | |

| | | |
|---|---|---|
| Trim Terkoreksi *True Trim* | =dA-dF 0.354 m | ~~(-) Ke Depan / by bow~~ (+) Ke Belakang / by stem |
| Defleksi *Deflection ( δd )* = dO - dM = | 0.032 m | ~~(-) Hagging~~ (+) *Sagging* |
| Displacement ( Dari tabel Hidrostatik ) ( Δo ) *Displacement ( from Hydrostatic Table )* | 330.466 ton | Berpedoman pada dM *Correpond to dM* 2.178 m |
| Mid-F( Dari Tabel Hidrostatik ) *Mid-F ( from Hydrostatic Table )* | 4.190 meter | |
| TPC ( Dari Tabel Hidrostatik ) *TPC ( from Hydrostatic Table )* | 3.110 ton | |
| Koreksi Displacement terhadap Trim ( δΔ1 ) = ( Mid-F x (Trim x 100) x TPC)/LPP *Displacement Correction due to Trim* | | 8.594 ton |
| Koreksi Displacement terhadap defleksi ( δΔ2 ) = ( 0.75 x δd x TPC x 100 ) *Displacement Correction due to Deflection* | | 7.479 ton |
| Displacement Total ( Δ' ) = Δo + δΔ1 + δΔ2 *Total Displacement* | | 346.539 ton |
| Displacement Aktual ( Δ ) = ( Δ' ) x S.G / 1.025 *Actual Displacement* | | 344.849 ton |
| LCB ( Dari Tabel Hidrostatik ) *LCB ( from Hydrostatic Table )* | 24.570 meter | Berpedoman pada *Correpond to ( Δ' )* 344.849 ton |
| MTC ( Dari Tabel Hidrostatik ) *MTC ( from Hydrostatic Table )* | 10.458 ton-meter | |
| LCG = LCB - (MTC * Trim * 100 / Δ') | | 23.496 meter |

| *SATGAS KCR 60 M* | *PUSLAIK KEMHAN* | *CLASS SURVEYOR* | *PT. PAL SURVEYOR* |
|---|---|---|---|
| LETKOL LAUT (T) NRP. 13341/P | — | 16/07/2018 | TATAS HERU S |

**LAMPIRAN 3** Data Sea Trial

| PAL INDONESIA | LAPORAN HASIL PENGUJIAN/PEMERIKSAAN UNTUK BANGUNAN KAPAL BARU<br>*TEST RECORD FOR NEW SHIPBUILDING* | KAPAL CEPAT RUDAL 60 M<br>KRI KERAMBIT - 627 |
|---|---|---|
| No. Kapal / *Ship No.* : W000297 | No. Gambar/Dokumen / *Drawing/Document No.* : 1100905 | Hal. / *Page* : 2 Dari / *From* : 14 |

## 1. PERCOBAAN KECEPATAN
*Progressive Speed Trial*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| TANGGAL PERCOBAAN<br>*Date of Test* | 21 Juni 2019 | TEMPERATUR<br>*Temperature* | UDARA<br>*Air* | 29° C |
| TEMPAT PERCOBAAN<br>*Place of Test* | Laut Jawa | | AIR LAUT<br>*Sea water* | 31° C |
| KEDALAMAN LAUT<br>*Depth of Sea* | 53.2 meter | SARAT<br>*Draft* | DEPAN<br>*Fore* FP | 2.74 M |
| JARAK PENGUKURAN<br>*Measuring Space* | 3.7 NM | TANDA SARAT<br>*Draft Marks* | TENGAH<br>*MIDDLE* | 2.60 M |
| KEADAAN LAUT<br>*Sea Condition* | Moderate | *FP & AP* | BELAKANG<br>*Aft* AP | 2.47 M |
| C U A C A<br>*Wheather* | Cerah berawan | PERBEDAAN SARAT<br>*Trim* | | 0.27 M |
| DISPLACEMENT<br>*Displacement* | 468.8 Ton | KETENGGELAMAN PROPELLER<br>*Propeller Immersion* | | 167% |

| RUN NO. | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PUTARAN MESIN UTAMA<br>*Engine revolution (RPM)* | | 1180 | 1180 | 1640 | 1640 | 1860 | 1860 | 2070 | 2070 |
| BEBAN MESIN UTAMA<br>*Load of Main Engine* | % | 50% | 50% | 75% | 75% | 85% | 85% | 100% | 100% |
| DAYA MESIN UTAMA<br>*Engine Power (kW)* | | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ARAH HALUAN KAPAL<br>*Heading angle (Deg.)* | | 270 | 020 | 017 | 208 | 025 | 186 | 349 | 209 |
| KECEPATAN ANGIN RELATIF<br>*Relative wind speed (knot)* | $V_{RW}$ | 18.5 | 008 | 23.0 | 14.4 | 25.5 | 27.7 | 18.2 | 12.7 |
| ARAH ANGIN THD. HALUAN<br>*Wind direction off bow (deg.)* | | 147°S | 53.6°P | 36.7°S | 139.3°S | 33.2°S | 136.6°S | 151.3°S | 145.6°S |
| JARAK PENGUKURAN<br>*Measuring Space (nautical mile)* | | 2.733 | 2.483 | 3.467 | 3.417 | 3.983 | 3.917 | 4.750 | 4.650 |
| WAKTU PERCOBAAN<br>*Time during the test (minute)* | | 10' - 00" | 10' - 00" | 10' - 00" | 10' - 00" | 10' - 00" | 10' - 00" | 10' - 00" | 10' - 00" |
| KECEPATAN KAPAL<br>*Ship speed* | $V_G$ | **16.4** | **14.9** | **20.8** | **20.5** | **23.9** | **23.5** | **28.5** | **27.9** |
| KECEPATAN RATA-RATA<br>*Mean of Ship speed (knot)* | | **15.65** | | **20.65** | | **23.70** | | **28.20** | |

| SATGAS KCR 60 M | PUSLAIK KEMHAN | CLASS SURVEYOR | PT. PAL SURVEYOR |
|---|---|---|---|
| | KOL ANLI R | Biro Klasifikasi Indonesia<br>Survey Verification<br>Surabaya Office | |

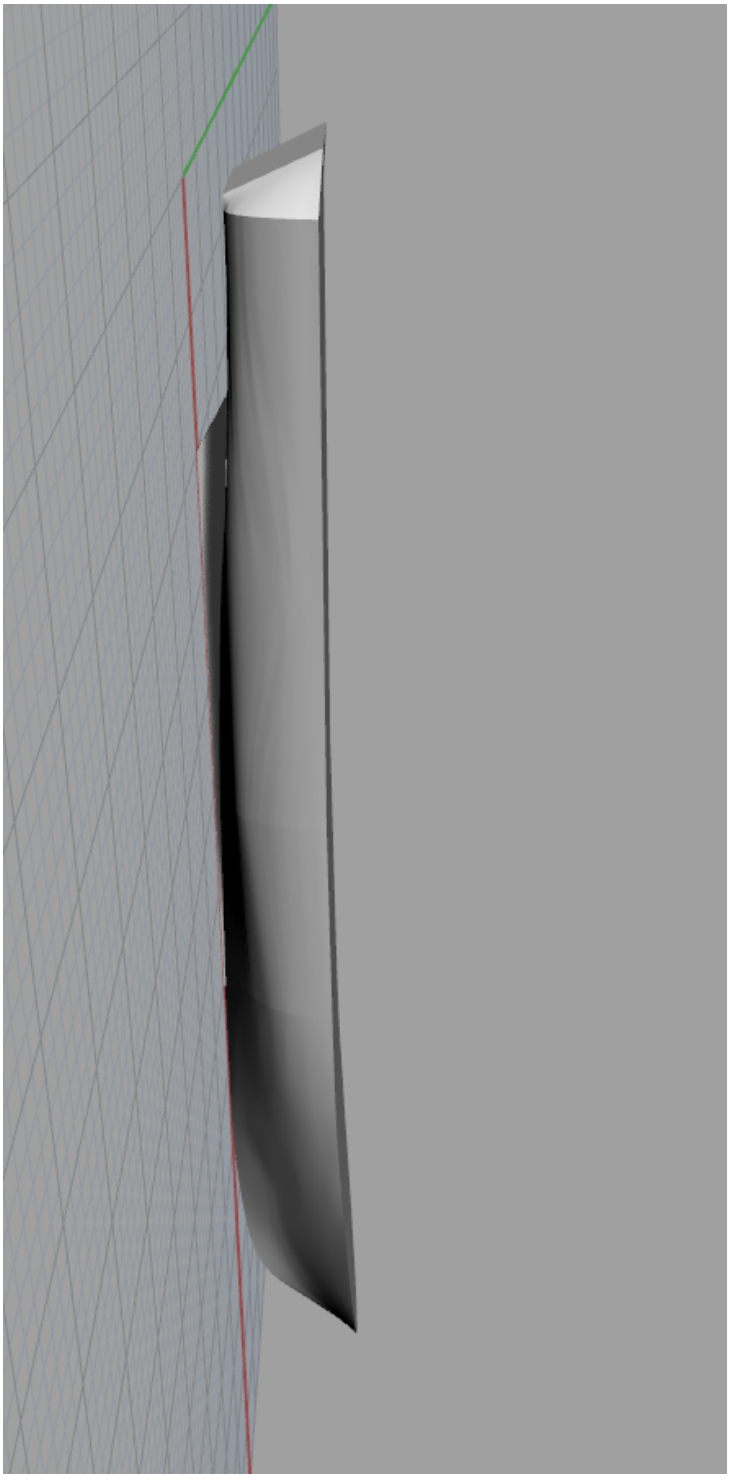
**LAMPIRAN 4** *Perhitungan Interceptor*

| D/H = 0.4 S/D = 7 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| LWL | 55.143 | m | | |
| Speed | 14.4044 | m/s | 28 | kN |
| V | 8.78E-07 | | | |
| Re | 9.04E+08 | | | |
| h | 0.34 | m | | |
| D Interceptor | 13.63 | cm | 13.5 | cm |
| Span | 95.3784302 | cm | 95 | cm |

| D/H = 0.4 S/D = 11 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| LWL | 55.143 | m | | |
| Speed | 14.4044 | m/s | 28 | kN |
| V | 8.78E-07 | | | |
| Re | 9.04E+08 | | | |
| h | 0.34 | m | | |
| D Interceptor | 13.63 | cm | 13.5 | cm |
| Span | 149.8804 | cm | 150 | cm |

| D/H = 0.4 S/D = 14 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| LWL | 55.143 | m | | |
| Speed | 14.4044 | m/s | 28 | kN |
| V | 8.78E-07 | | | |
| Re | 9.04E+08 | | | |
| h | 0.34 | m | | |
| D Interceptor | 13.63 | cm | 13.5 | cm |
| Span | 190.7569 | cm | 191 | cm |

**LAMPIRAN 5** Model Kapal dengan *Rhinoceros*



**LAMPIRAN 6** Kalkulasi Hidrostatik di *Maxsurf*

Hydrostatics at DWL

| | Measurement | Value | Units |
|---|---|---|---|
| 1 | Displacement | 350.5 | t |
| 2 | Volume (displaced) | 341.995 | m^3 |
| 3 | Draft Amidships | 2.248 | m |
| 4 | Immersed depth | 2.248 | m |
| 5 | WL Length | 54.676 | m |
| 6 | Beam max extents o | 7.043 | m |
| 7 | Beam max on WL | 7.043 | m |
| 8 | Wetted Area | 469.652 | m^2 |
| 9 | Max sect. area | 9.672 | m^2 |
| 10 | Waterpl. Area | 307.924 | m^2 |
| 11 | Prismatic coeff. (Cp) | 0.647 | |
| 12 | Block coeff. (Cb) | 0.395 | |
| 13 | Max Sect. area coeff | 0.612 | |
| 14 | Waterpl. area coeff. | 0.800 | |
| 15 | LCB length | 24.638 | from z |
| 16 | LCF length | 22.869 | from z |
| 17 | LCB % | 45.062 | from z |
| 18 | LCF % | 41.827 | from z |
| 19 | KB | 1.565 | m |
| 20 | KG fluid | 2.580 | m |
| 21 | BMt | 3.125 | m |
| 22 | BML | 165.376 | m |
| 23 | GMt corrected | 2.110 | m |
| 24 | GML | 164.361 | m |
| 25 | KMt | 4.690 | m |
| 26 | KML | 166.941 | m |
| 27 | Immersion (TPc) | 3.156 | tonne/c |
| 28 | MTc | 10.536 | tonne. |

Density (water) 1.025 tonne/m^3

Std. densities 1.025 tonne/m^3 - Std. Metric sea water (1025.0 kg/m^3)

VCG 0.332 m

Recalculate

Select Rows ...

Close

**LAMPIRAN 7** Hasil Simulasi CFD di NUMECA FINE MARINE

BARE HULL

| v (kn) | v(m/s) | Fx (kN) | Fz (kN) | Ry (deg) | Tz(m) | WSA ($m^2$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 20 | 10.29 | -161.071 | 2251.755 | -0.738 | 3.110 | 464.500 |
| 24 | 12.35 | -214.714 | 2259.285 | -1.220 | 3.140 | 463.780 |
| 28 | 14.40 | -248.376 | 2253.614 | -1.340 | 3.160 | 467.860 |

**(DEPTH = 13.5 cm | SPAN = 95 cm)** Deployment 50%

| v (kn) | v(m/s) | Fx (kN) | Fz (kN) | Ry (deg) | Tz(m) | WSA ($m^2$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 20 | 10.29 | -156.647 | 2247.510 | -0.551 | 3.130 | 463.730 |
| 24 | 12.35 | -210.279 | 2255.299 | -0.987 | 3.155 | 461.780 |
| 28 | 14.40 | -244.411 | 2250.571 | -1.038 | 3.188 | 468.100 |

**(DEPTH = 13.5 cm | SPAN = 95 cm)** Deployment 100%

| v (kn) | v(m/s) | Fx (kN) | Fz (kN) | Ry (deg) | Tz(m) | WSA ($m^2$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 20 | 10.29 | -154.415 | 2248.010 | -0.454 | 3.140 | 465.710 |
| 24 | 12.35 | -208.821 | 2253.760 | -0.847 | 3.157 | 469.560 |
| 28 | 14.40 | -246.908 | 2250.831 | -0.906 | 3.199 | 478.802 |

**(DEPTH = 13.5 cm | SPAN = 150 cm)** Deployment 50%

| v (kn) | v(m/s) | Fx (kN) | Fz (kN) | Ry (deg) | Tz(m) | WSA ($m^2$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 20 | 10.29 | -155.269 | 2247.770 | -0.447 | 3.140 | 464.386 |
| 24 | 12.35 | -211.126 | 2254.881 | -0.865 | 3.161 | 466.130 |
| 28 | 14.40 | -246.064 | 2249.282 | -0.886 | 3.201 | 473.386 |

**(DEPTH = 13.5 cm | SPAN = 150 cm)** Deployment 100%

| v (kn) | v(m/s) | Fx (kN) | Fz (kN) | Ry (deg) | Tz(m) | WSA ($m^2$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 20 | 10.29 | -156.970 | 2249.490 | -0.355 | 3.149 | 465.440 |
| 24 | 12.35 | -211.939 | 2253.715 | -0.713 | 3.166 | 471.406 |
| 28 | 14.40 | -252.006 | 2250.123 | -0.746 | 3.212 | 477.560 |

**(DEPTH = 13.5 cm | SPAN = 191 cm)** Deployment 50%

| v (kn) | v(m/s) | Fx (kN) | Fz (kN) | Ry (deg) | Tz(m) | WSA ($m^2$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 20 | 10.29 | -154.697 | 2247.585 | -0.388 | 3.147 | 464.412 |
| 24 | 12.35 | -209.921 | 2254.759 | -0.781 | 3.166 | 466.812 |
| 28 | 14.40 | -247.140 | 2250.740 | -0.806 | 3.208 | 477.560 |

| (DEPTH = 13.5 cm \| SPAN = 191 cm) Deployment 100% | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| v (kn) | v(m/s) | Fx (kN) | Fz (kN) | Ry (deg) | Tz(m) | WSA ($m^2$) |
| 20 | 10.29 | -155.903 | 2248.124 | -0.245 | 3.160 | 464.328 |
| 24 | 12.35 | -211.482 | 2253.400 | -0.563 | 3.179 | 470.256 |
| 28 | 14.40 | -252.210 | 2250.317 | -0.559 | 3.220 | 479.640 |

| Resistance at dep 50% | | | | | Reduksi | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fn | Bare | S=7 | S=11 | S=14 | S=7 | S=11 | S=14 |
| 0.442 | 161.07 | 156.65 | 155.27 | 154.70 | -2.75% | -3.60% | -3.96% |
| 0.531 | 214.71 | 210.28 | 211.13 | 209.92 | -2.07% | -1.67% | -2.23% |
| 0.619 | 248.38 | 244.41 | 246.06 | 247.14 | -1.60% | -0.93% | -0.50% |

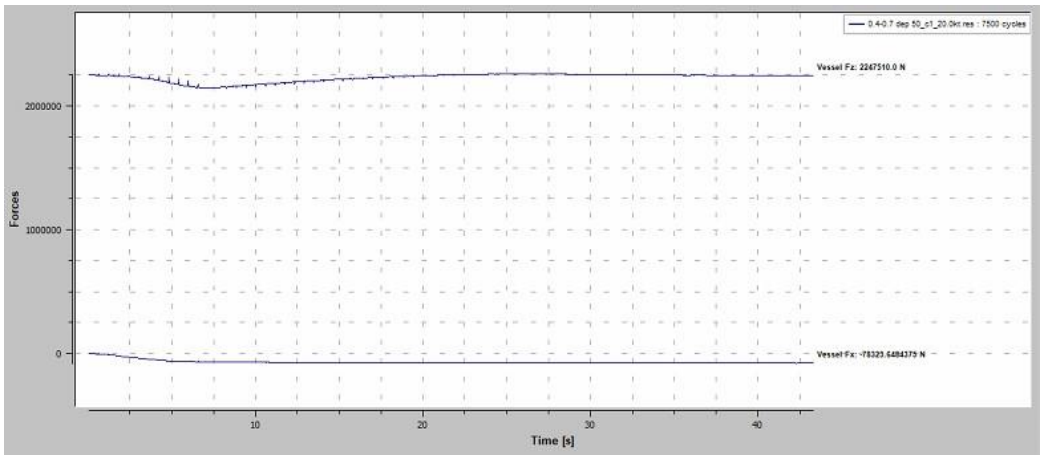
| Resistance at dep 100% | | | | | Reduksi | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fn | Bare | S=7 | S=11 | S=14 | S=7 | S=11 | S=14 |
| 0.442 | 161.07 | 154.41 | 156.97 | 155.90 | -4.13% | -2.55% | -3.21% |
| 0.531 | 214.71 | 208.82 | 211.94 | 211.48 | -2.74% | -1.29% | -1.51% |
| 0.619 | 248.38 | 246.91 | 252.01 | 252.21 | -0.59% | 1.46% | 1.54% |

| Trim at dep 50% | | | | | Reduksi | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fn | Bare | S=7 | S=11 | S=14 | S=7 | S=11 | S=14 |
| 0.442 | 0.74 | 0.55 | 0.45 | 0.39 | -25.34% | -39.43% | -47.43% |
| 0.531 | 1.22 | 0.99 | 0.87 | 0.78 | -19.13% | -29.10% | -36.00% |
| 0.619 | 1.34 | 1.04 | 0.89 | 0.81 | -22.54% | -33.88% | -39.85% |

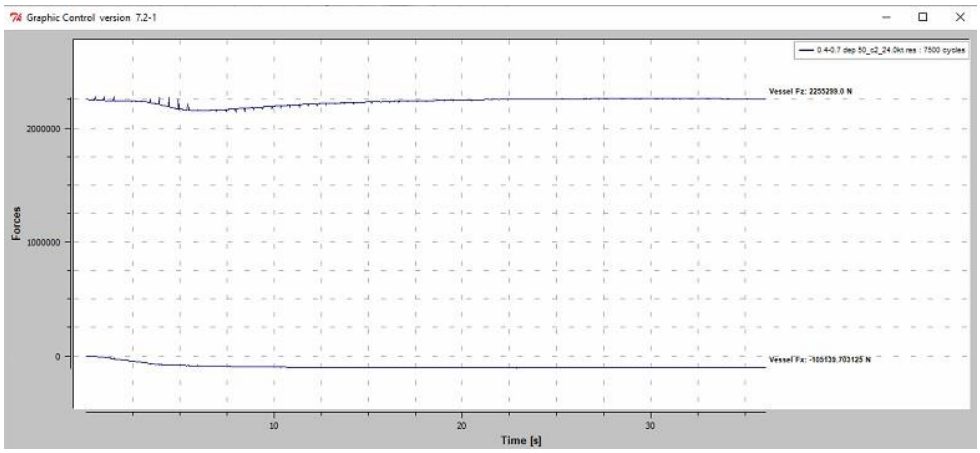
| Trim at dep 100% | | | | | Reduksi | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fn | Bare | S=7 | S=11 | S=14 | S=7 | S=11 | S=14 |
| 0.442 | 0.74 | 0.45 | 0.36 | 0.25 | -38.48% | -51.90% | -66.80% |
| 0.531 | 1.22 | 0.85 | 0.71 | 0.56 | -30.57% | -41.56% | -53.85% |
| 0.619 | 1.34 | 0.91 | 0.75 | 0.56 | -32.39% | -44.37% | -58.28% |

**LAMPIRAN 8** Hasil Simulasi ICT 1 50%

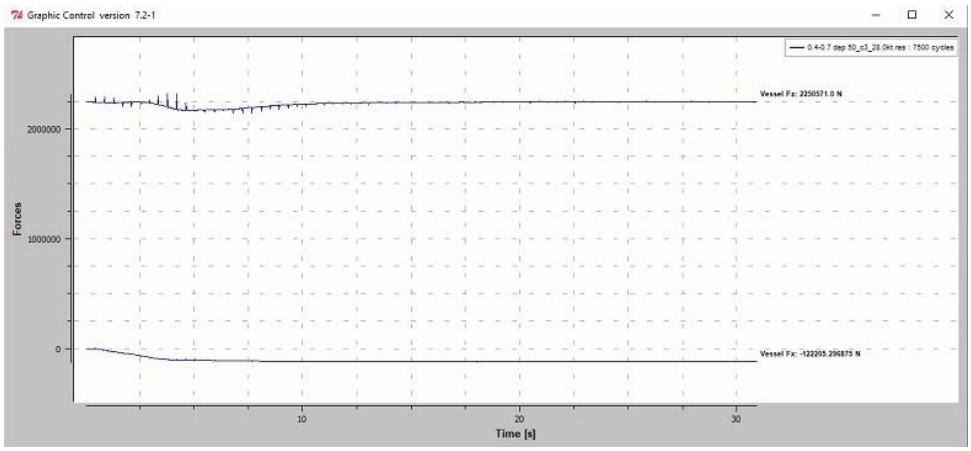
- Hasil Simulasi *Force*
  - 20 knot



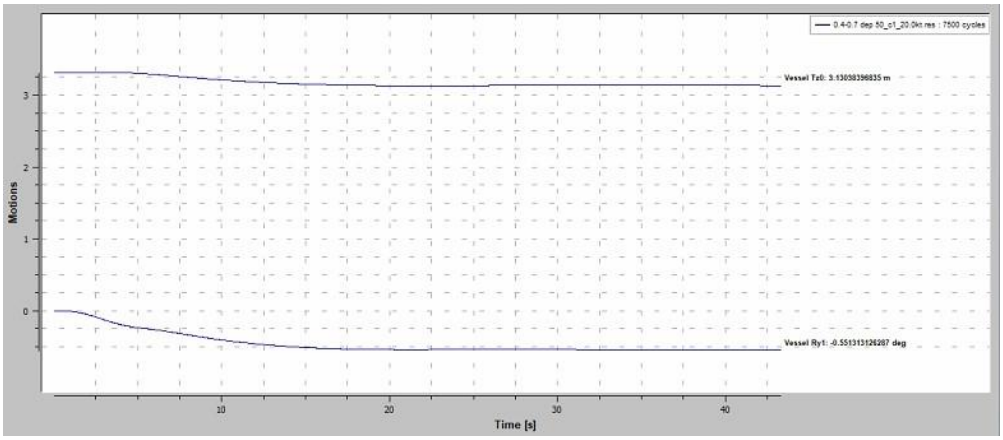

  - 24 knot



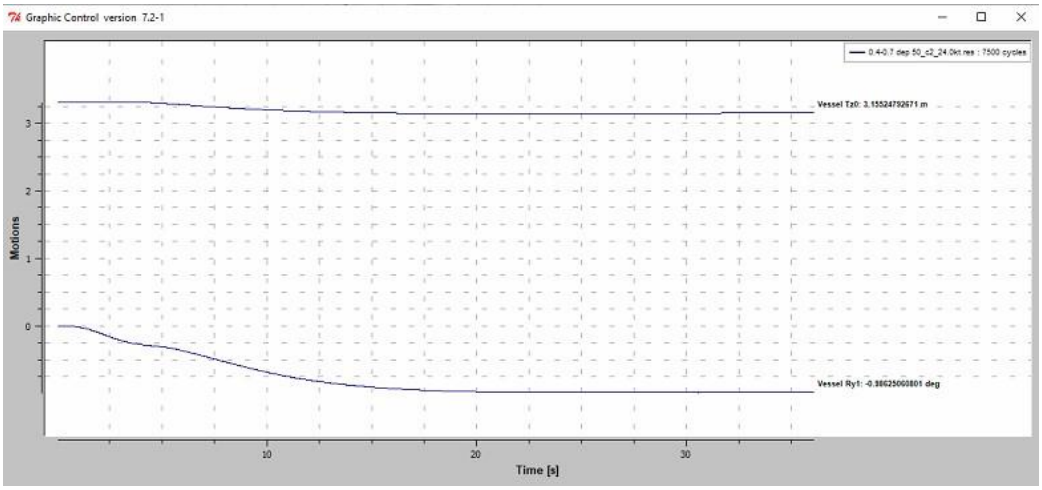

  - 28 knot



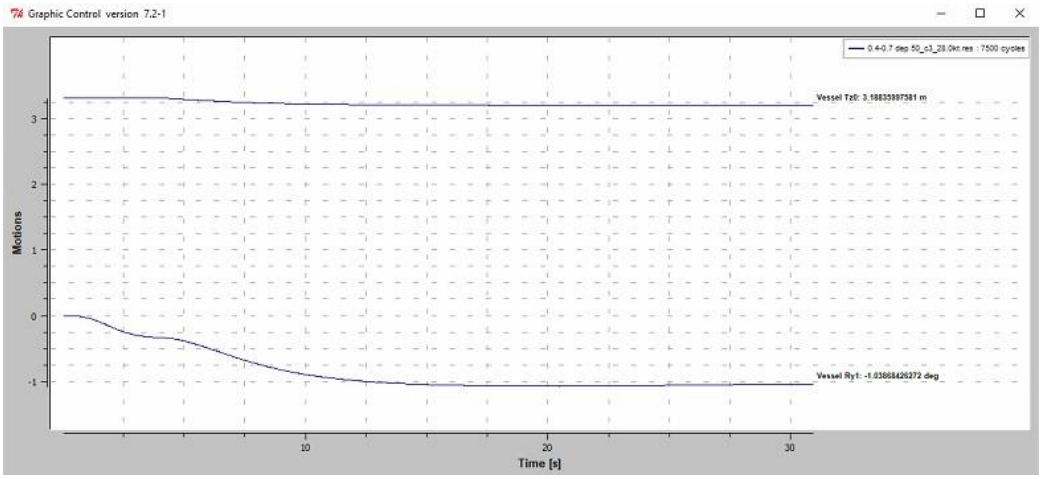
- Hasil Simulasi *Motion*
  - 20 knot



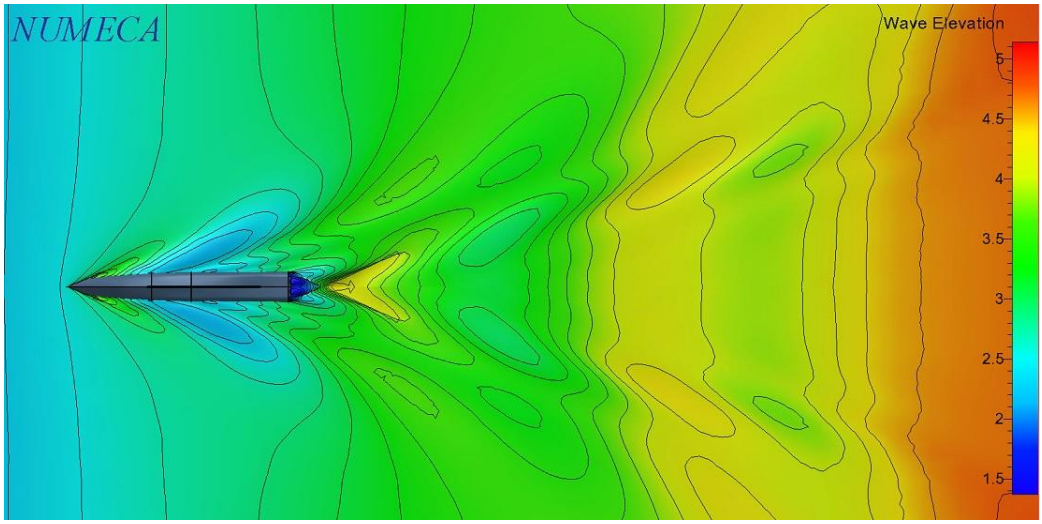

  - 24 knot



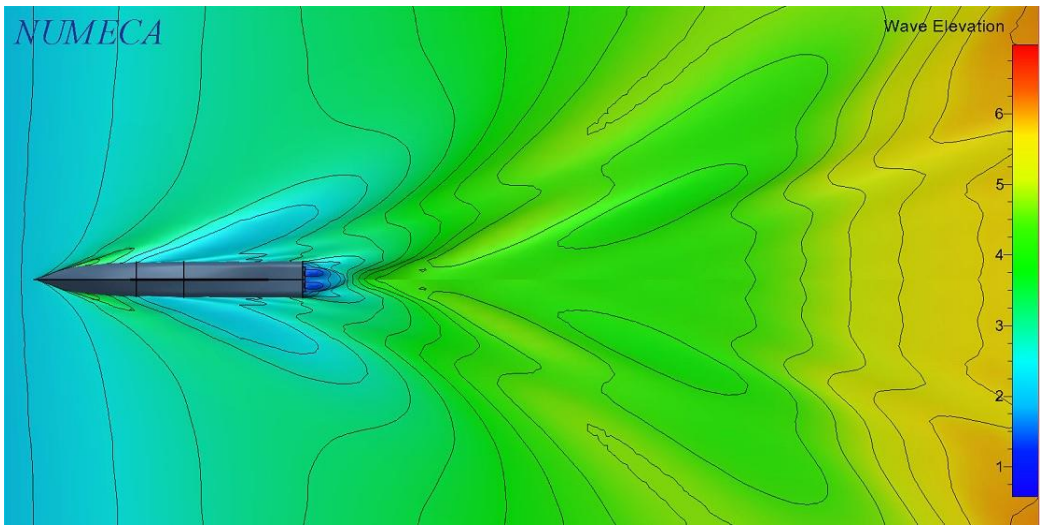

  - 28 knot



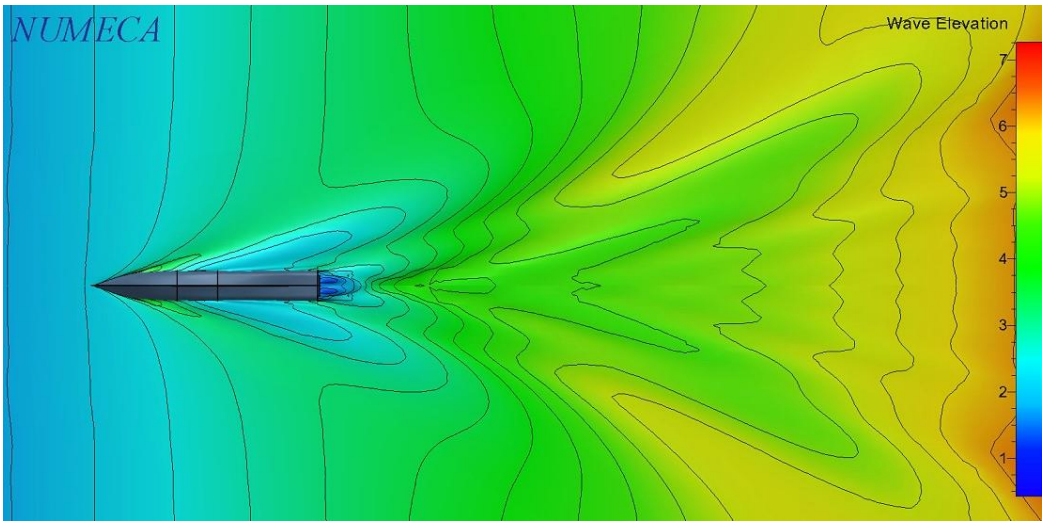
- Pola Gelombang
  - 20 knot



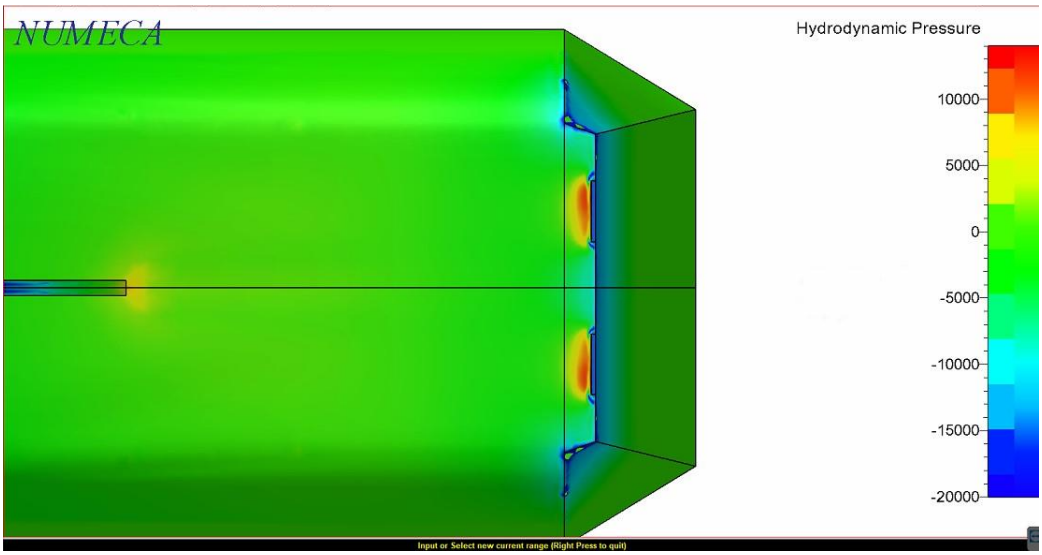

  - 24 knot



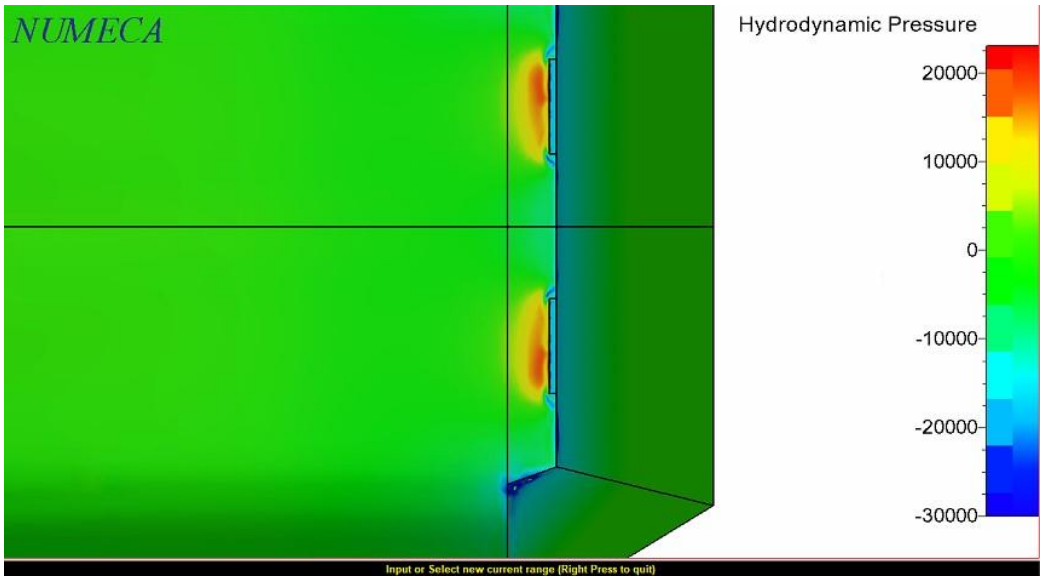
- 28 knot



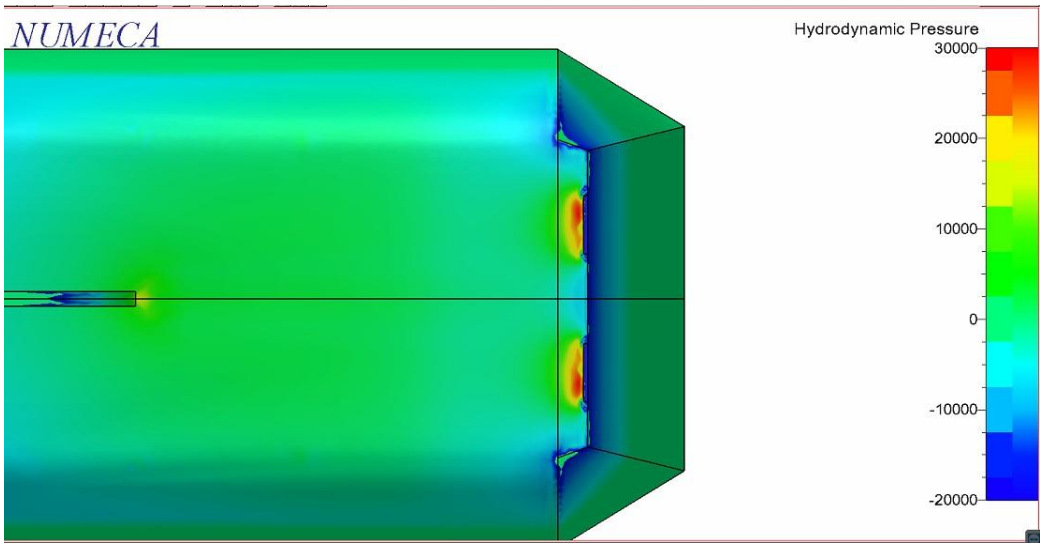

- *Hydrodynamic Pressure*
  - 20 knot



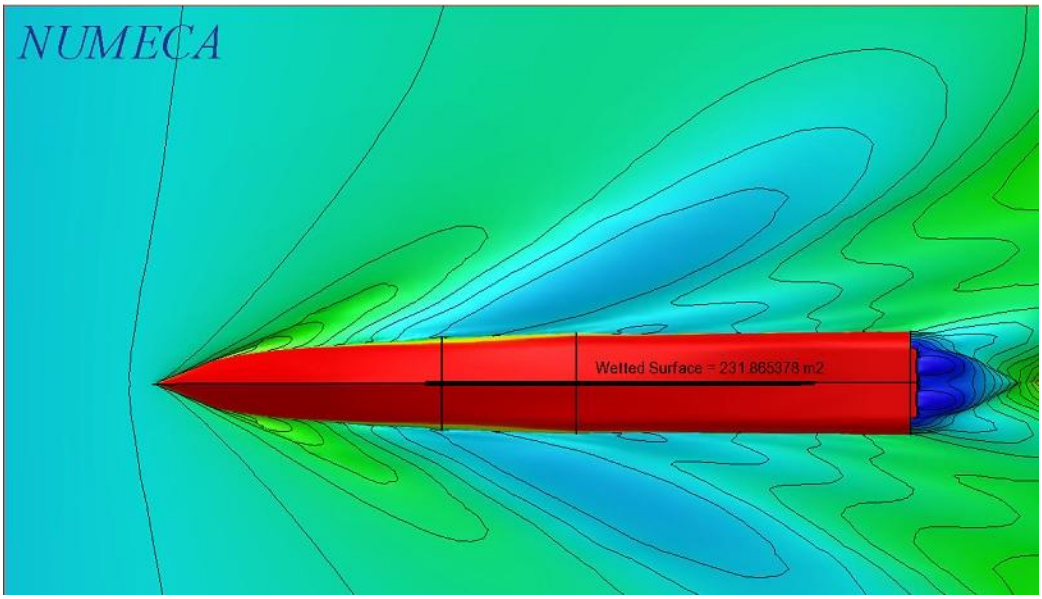
- 24 knot



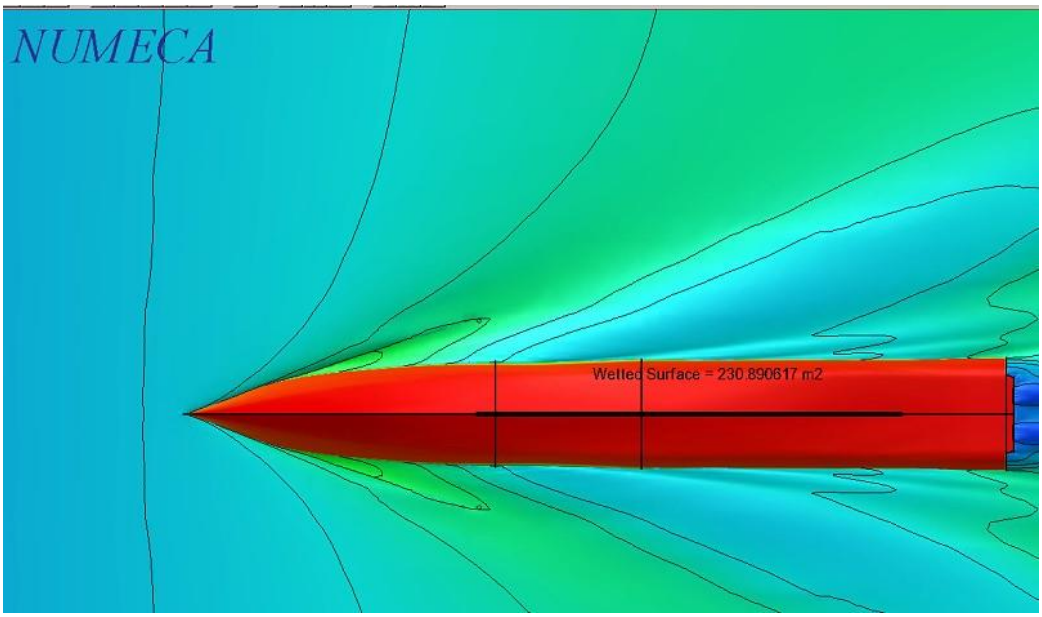

- 28 knot



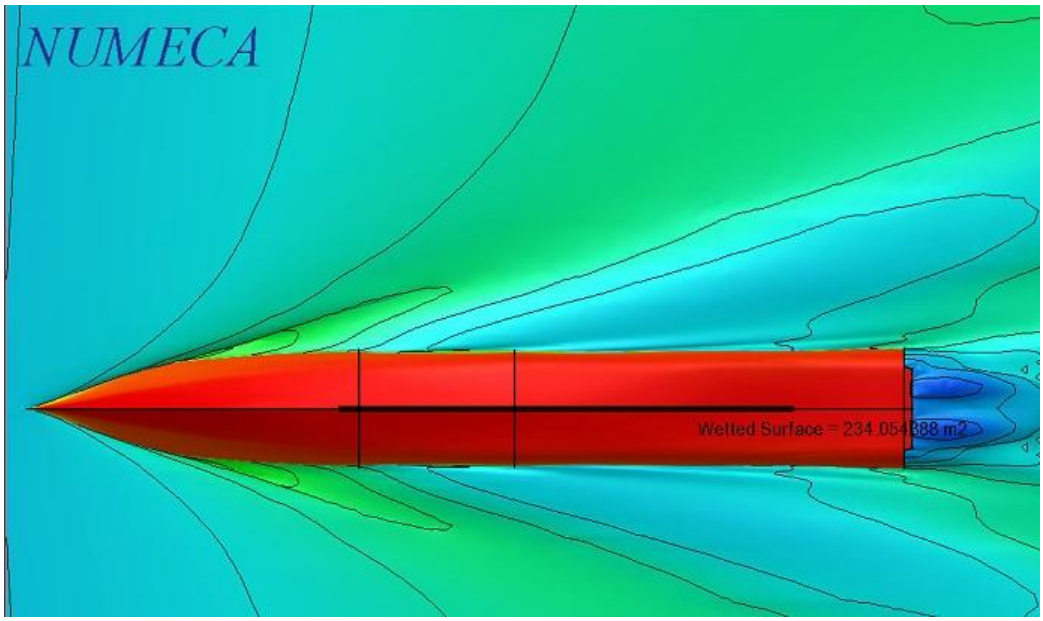
- Luasan Basah
  - 20 knot




  - 24 knot

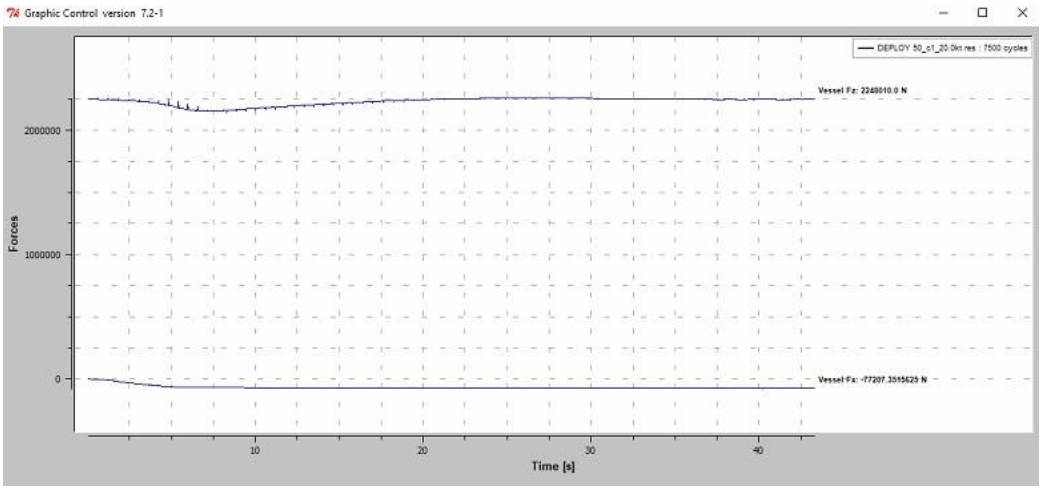


- 28 knot

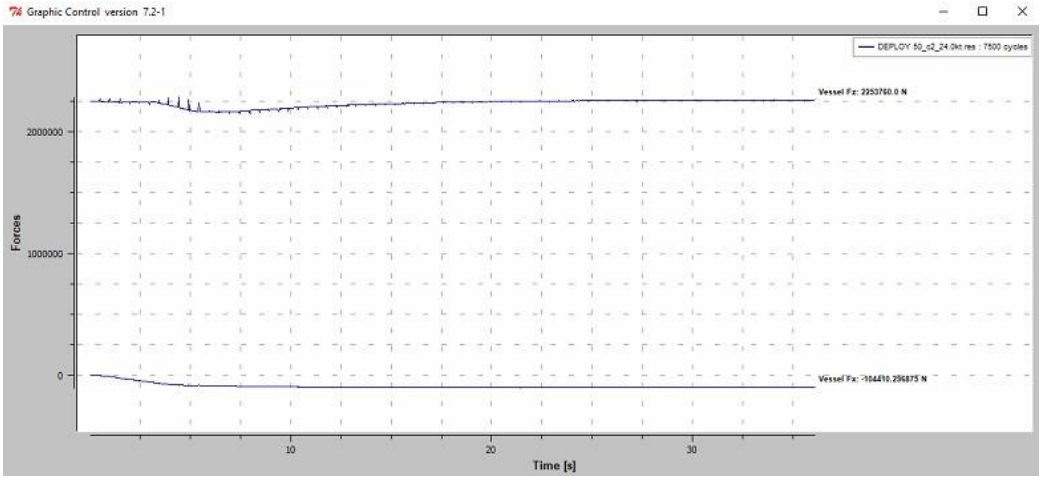


**LAMPIRAN 9** Hasil Simulasi ICT 1 100%

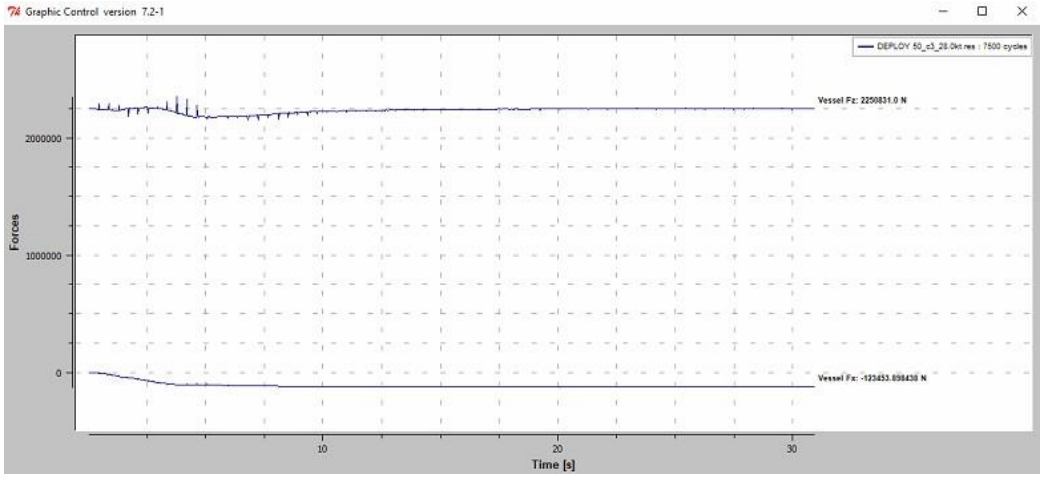
- Hasil Simulasi *Force*
  - 20 knot



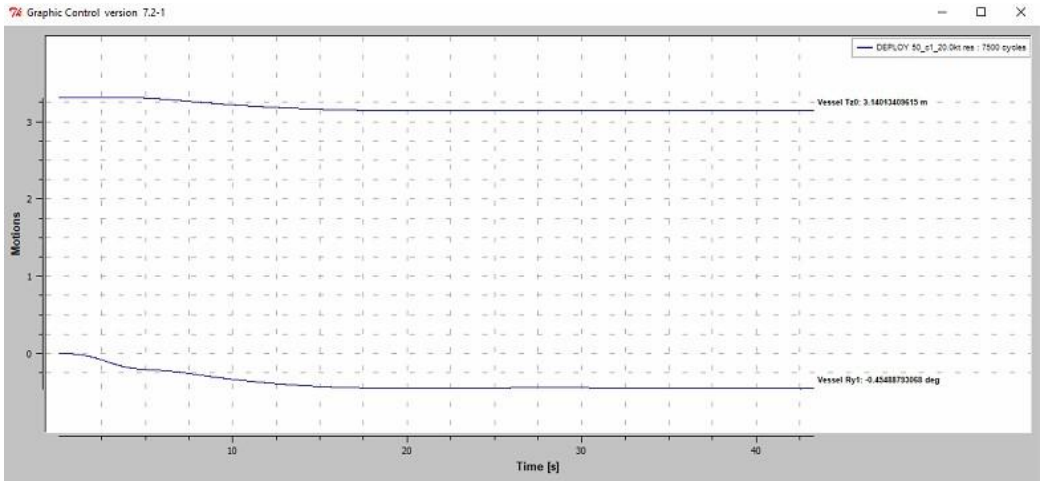

  - 24 knot



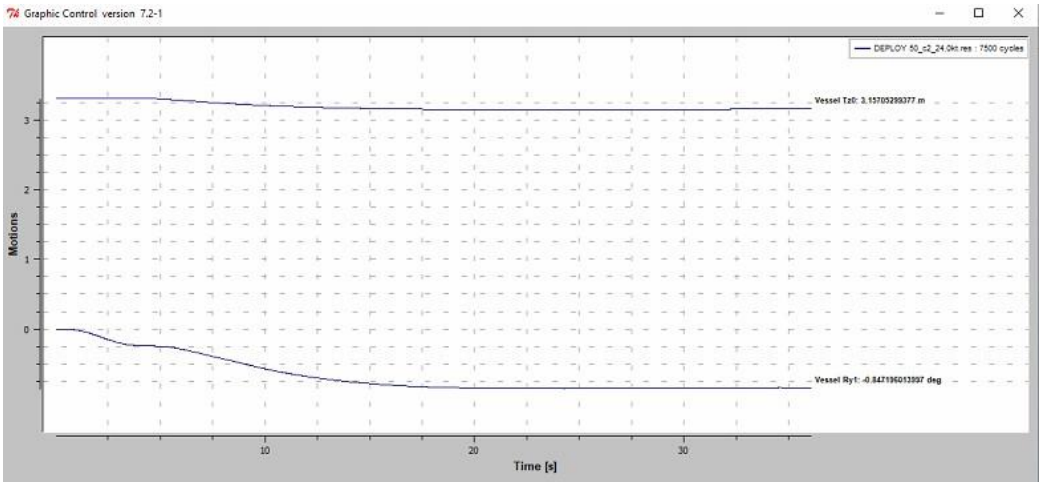
- 28 knot



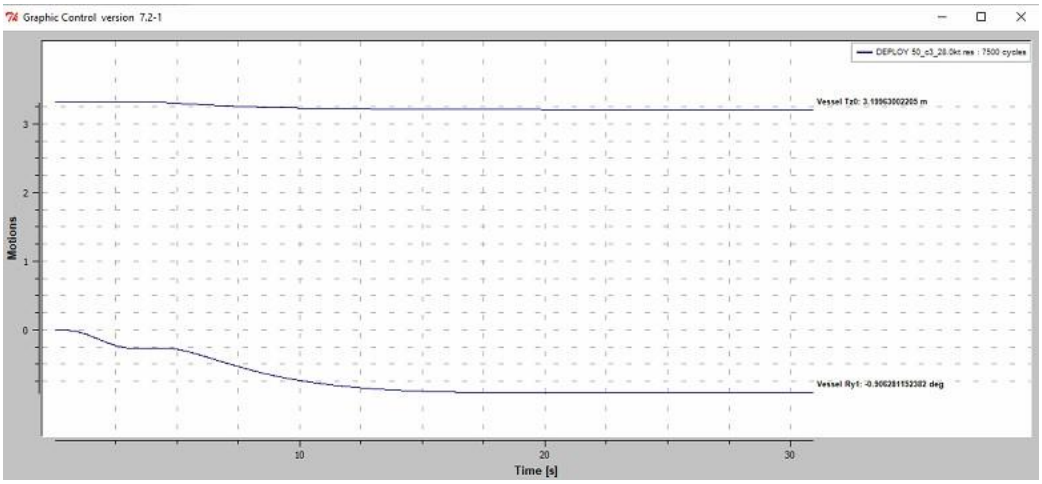

- Hasil Simulasi *Motion*
  - 20 knot



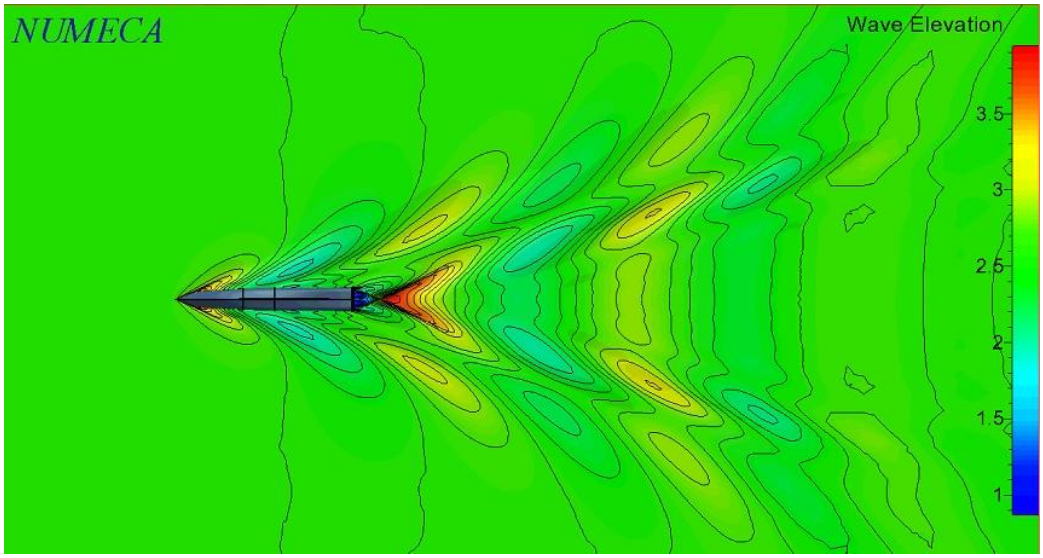
- 24 knot



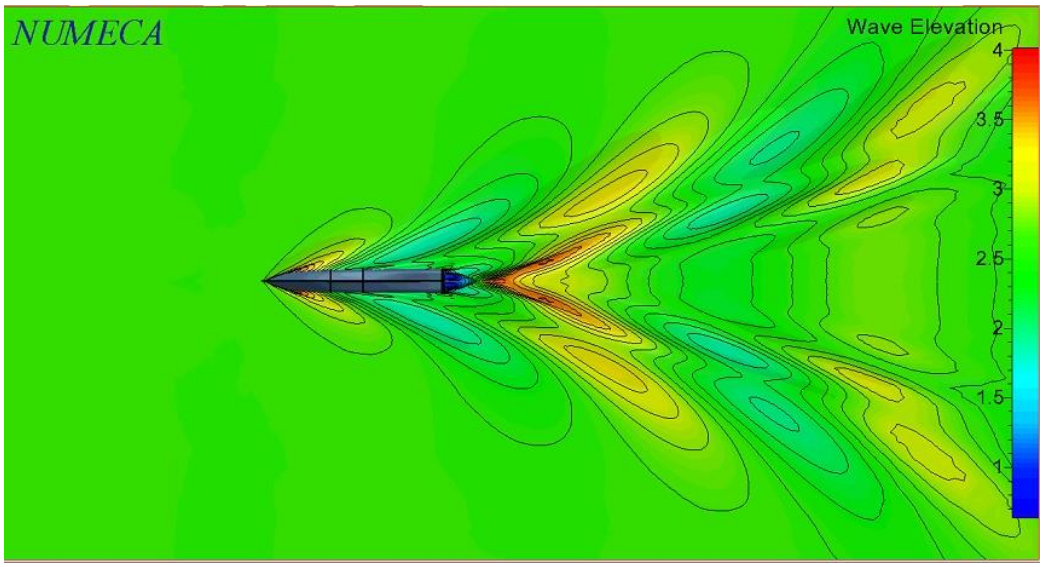

- 28 knot



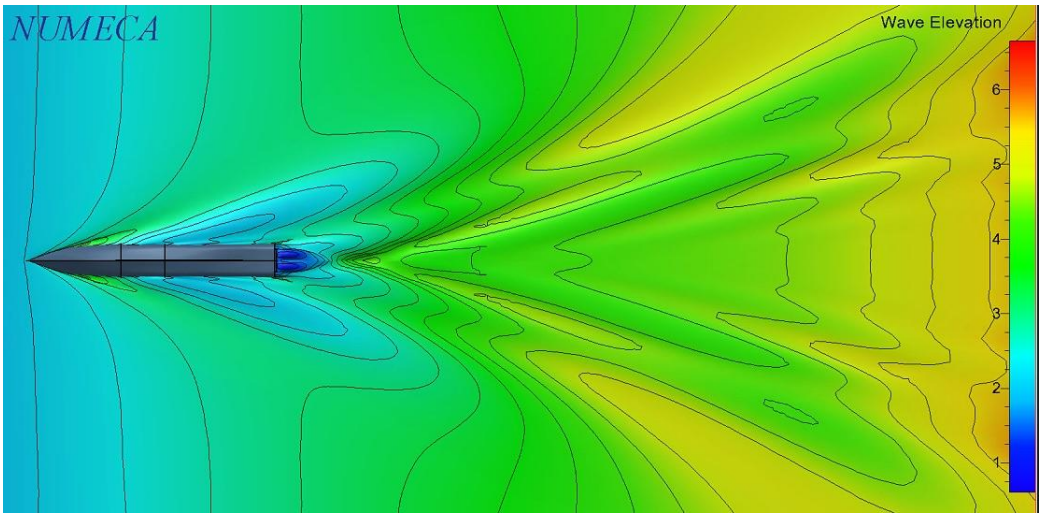
- Pola Gelombang
  - 20 knot



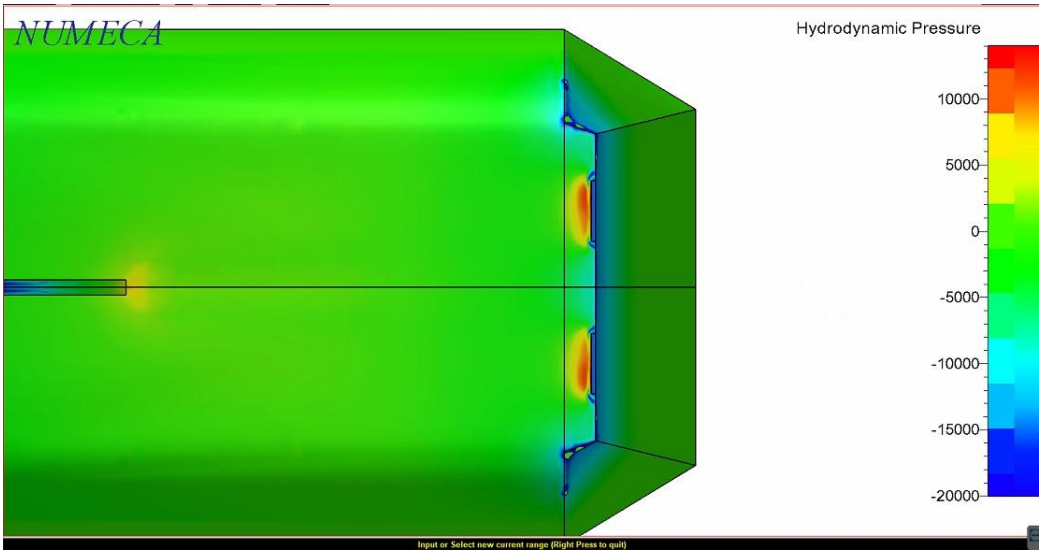

  - 24 knot



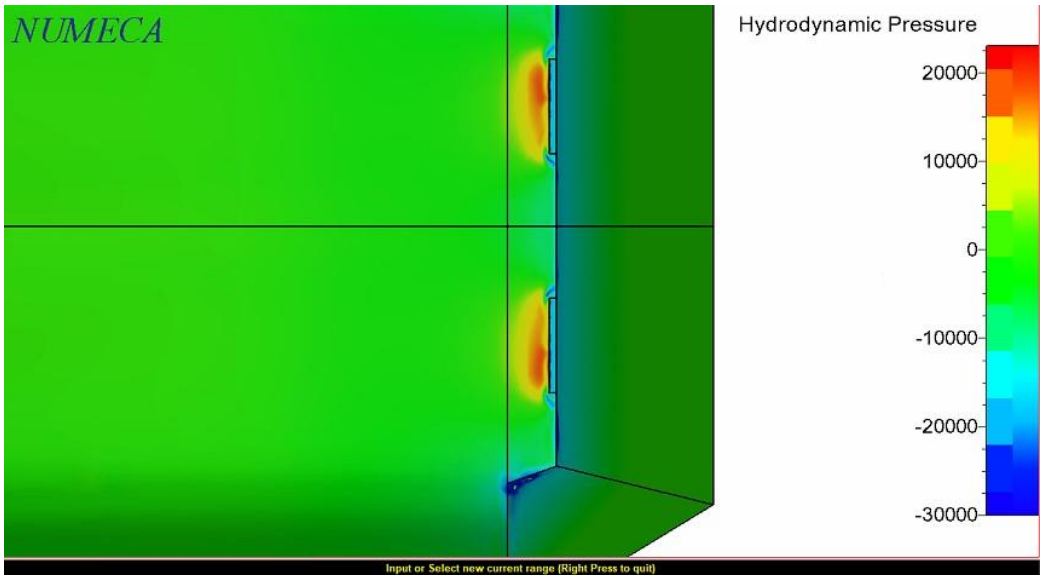
- 28 knot



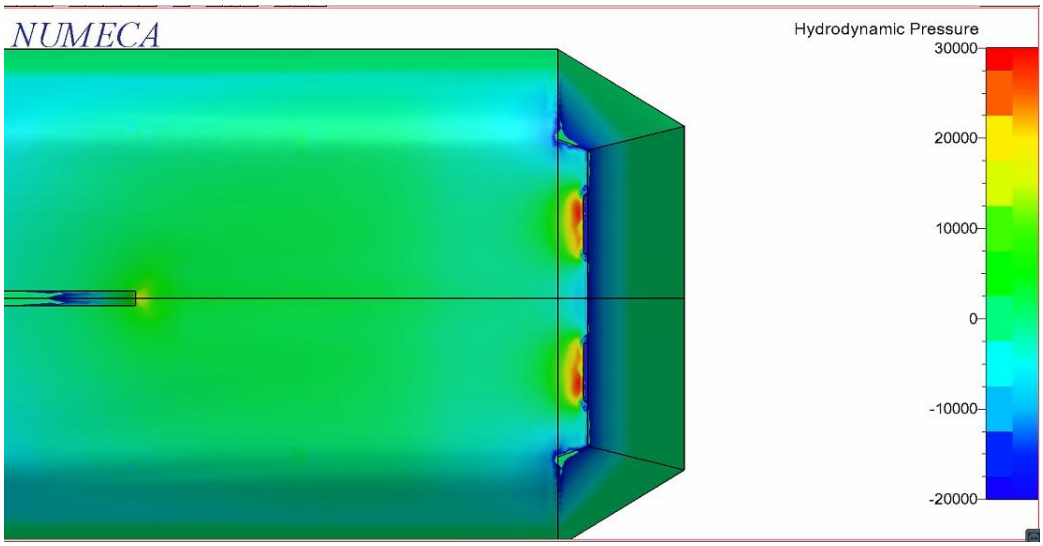

- *Hydrodynamic Pressure*
  - 20 knot



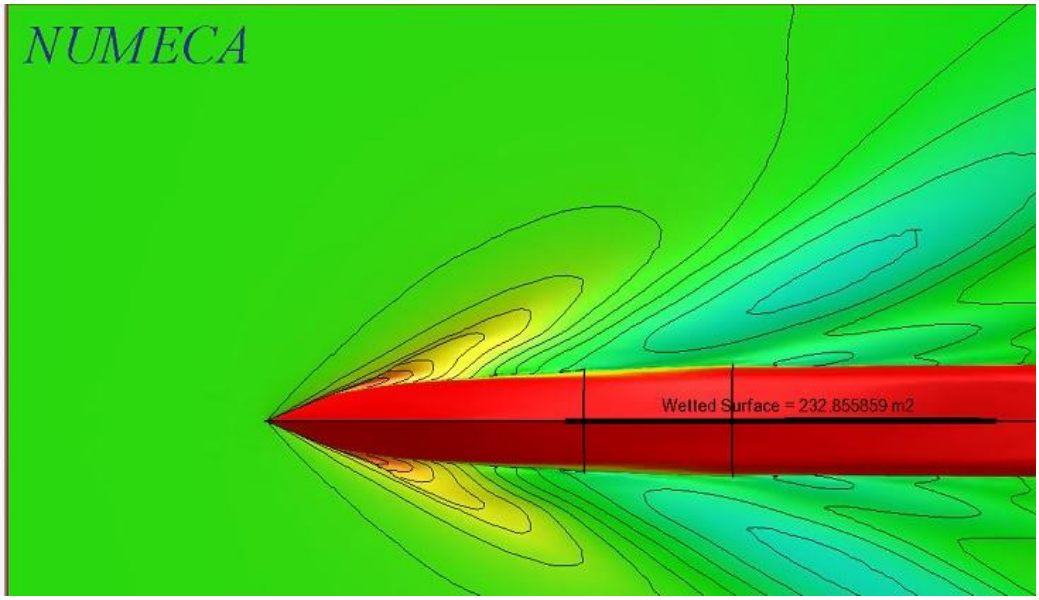
- 24 knot



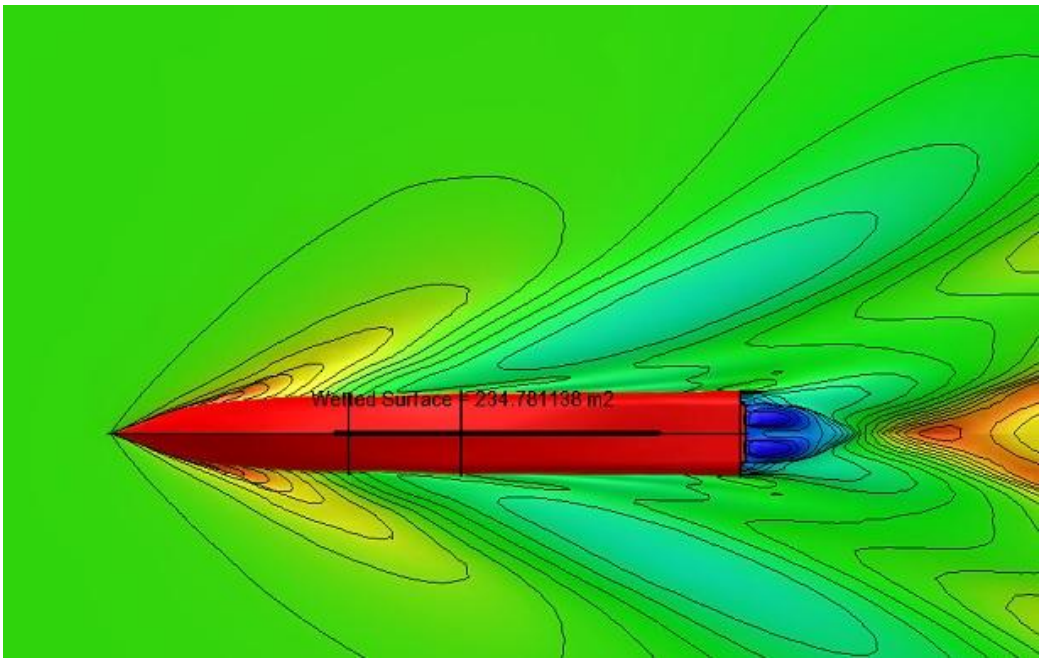

- 28 knot



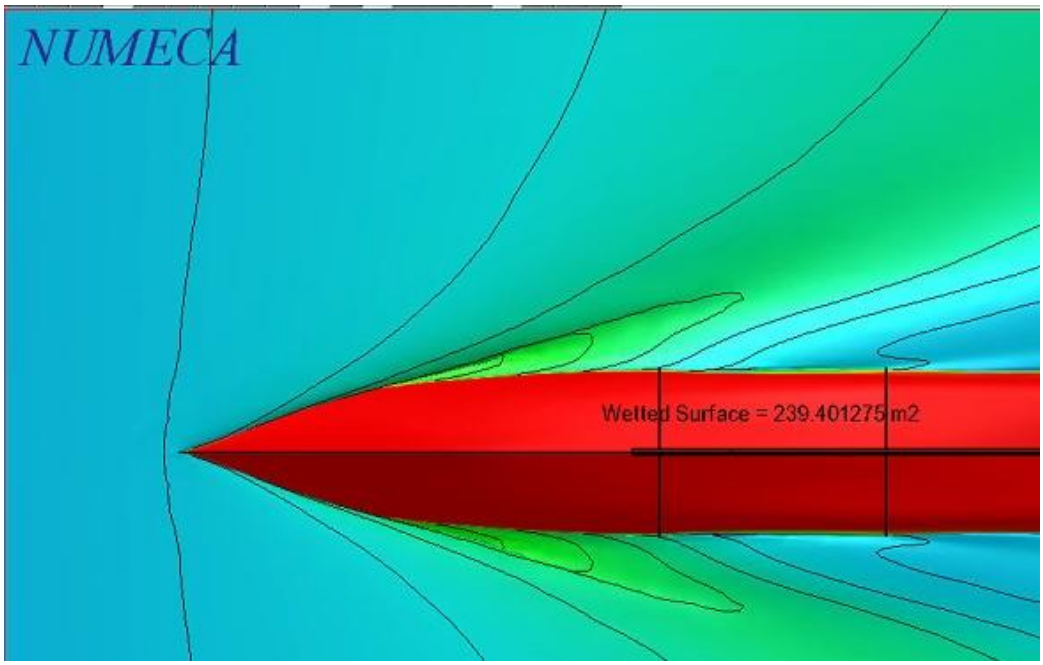
- Luasan Basah
    - 20 knot




    - 24 knot

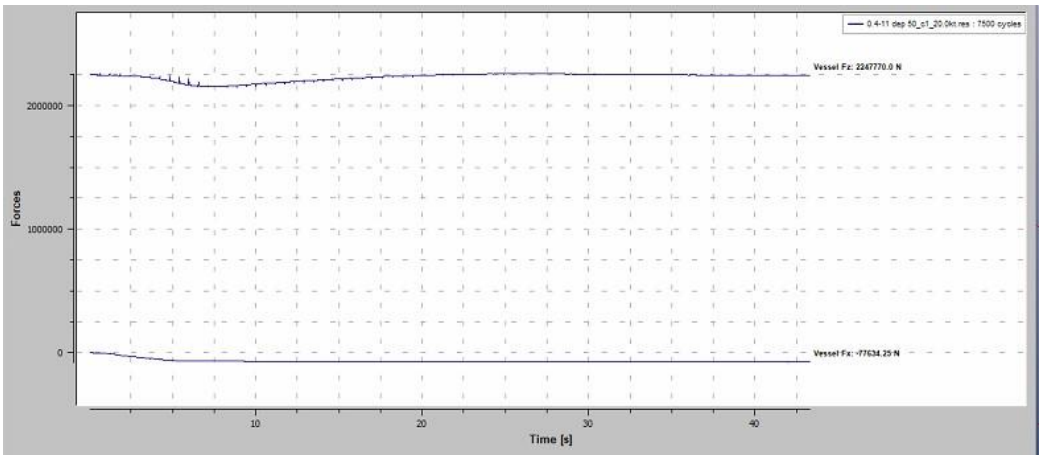


- 28 knot

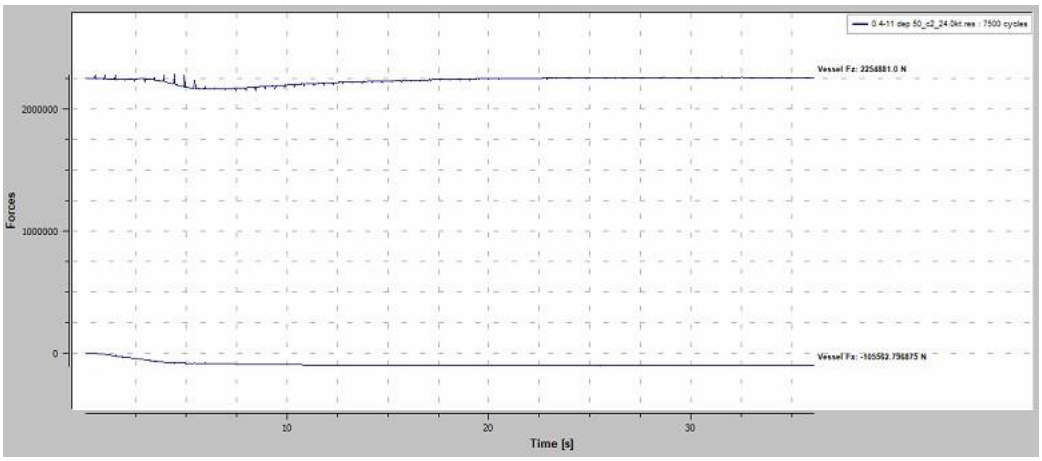


**LAMPIRAN 10** Hasil Simulasi ICT 2 50%

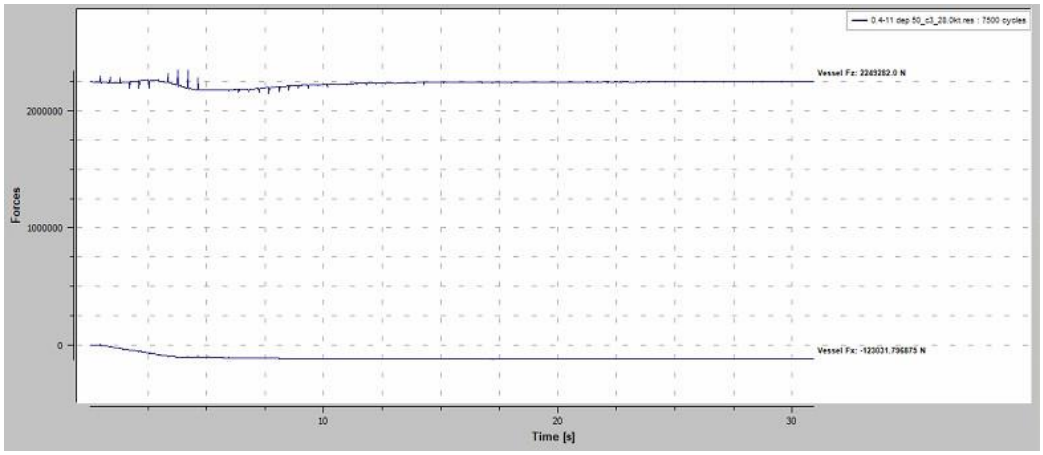
- Hasil Simulasi *Force*
  - 20 knot



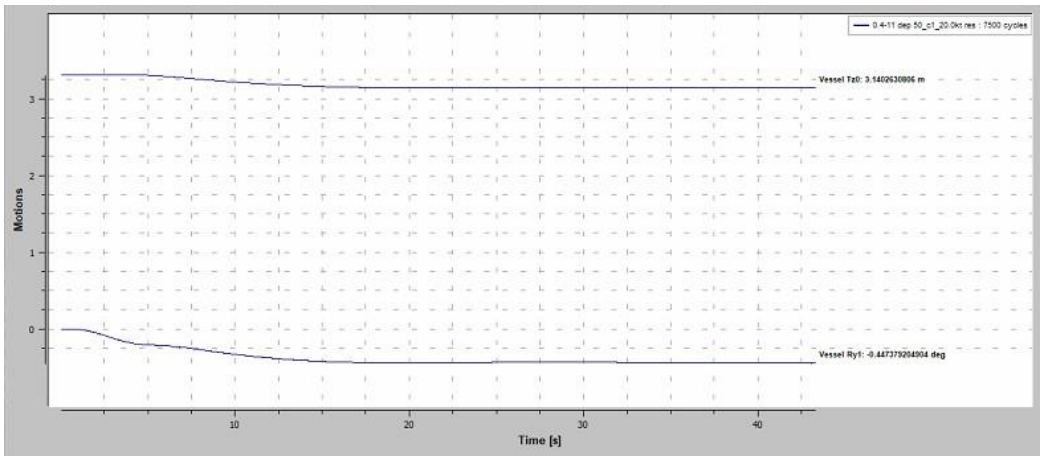

  - 24 knot



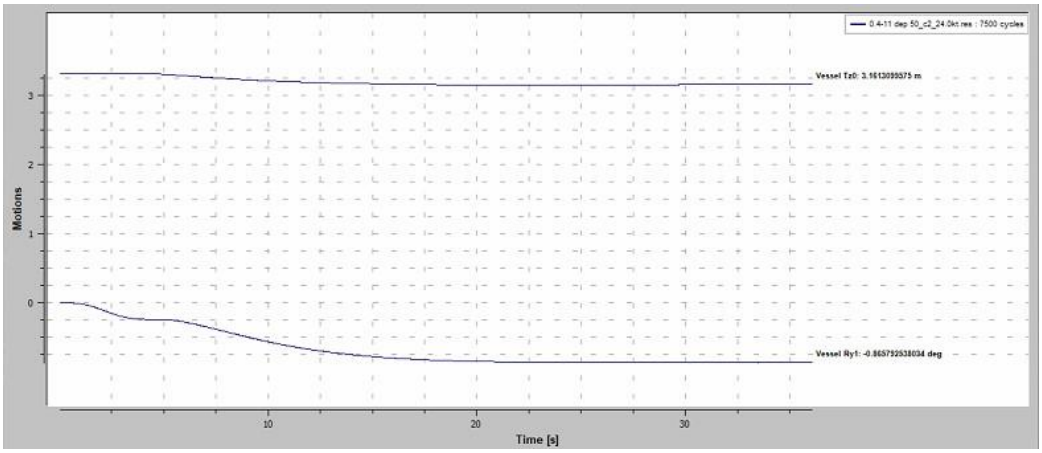
- 28 knot



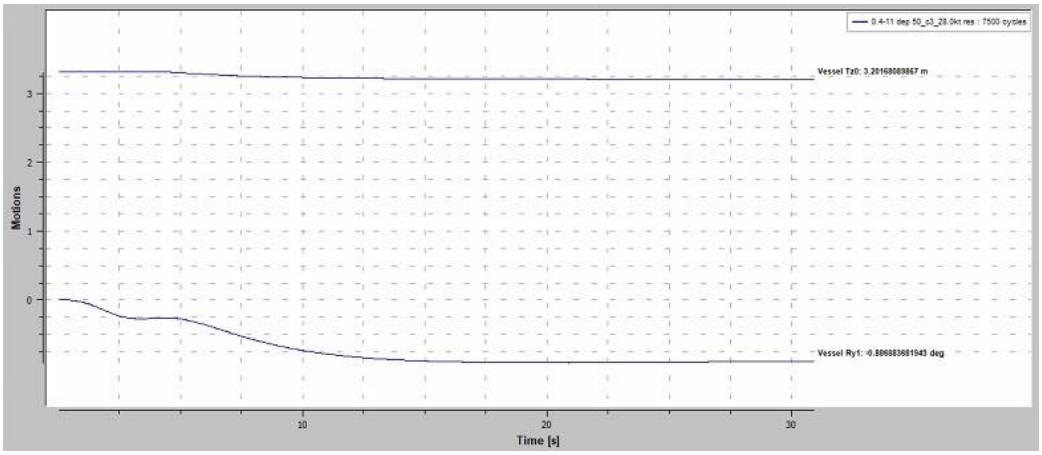

- Hasil Simulasi *Motion*
  - 20 knot



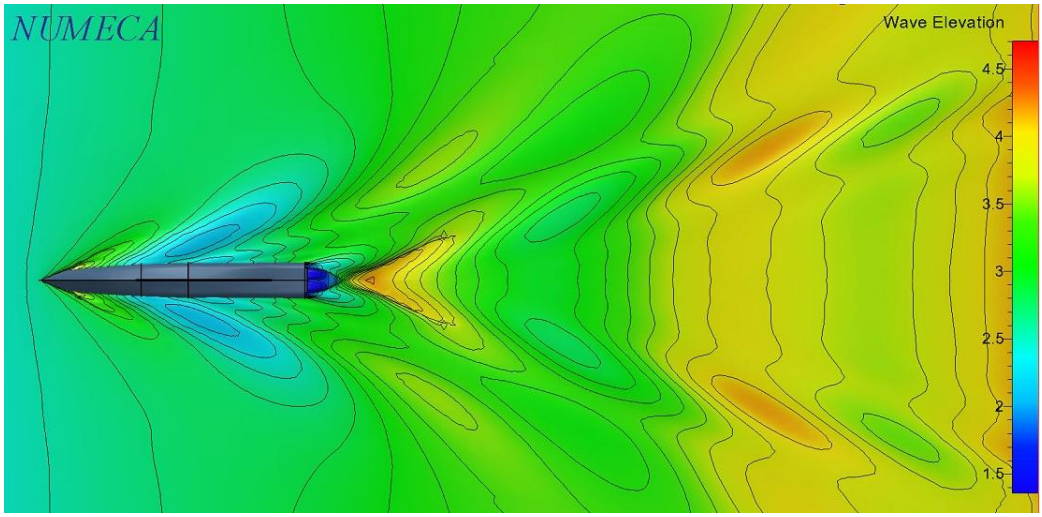
- 24 knot



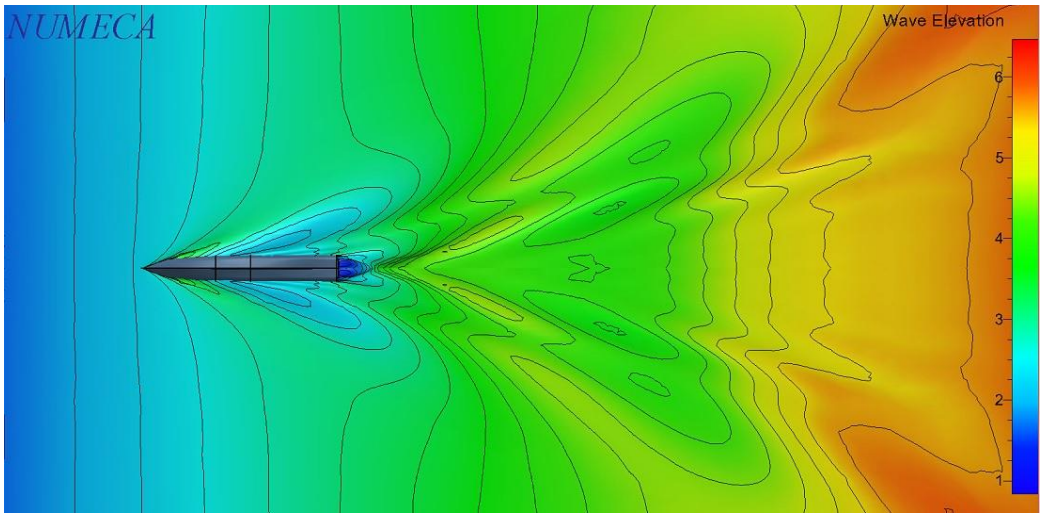

- 28 knot



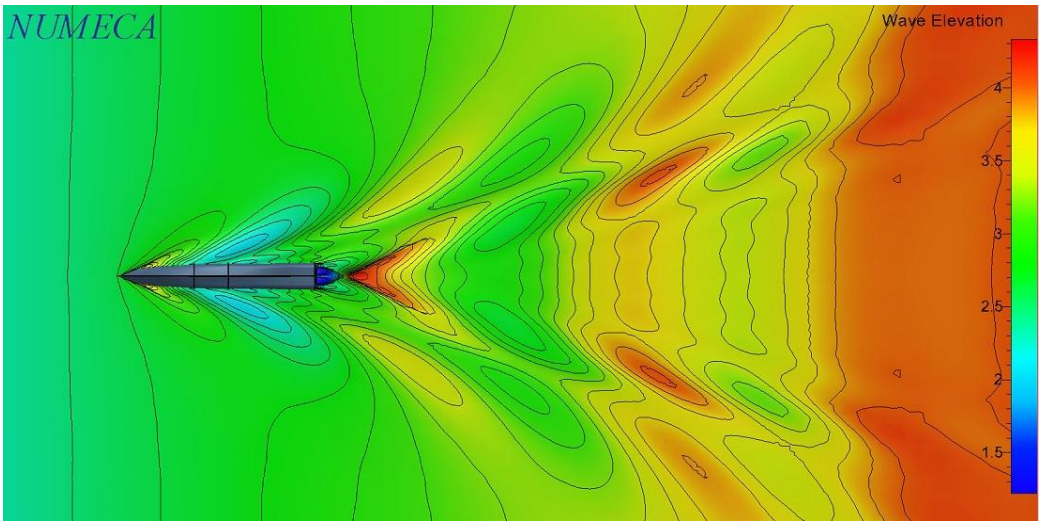
- Pola Gelombang
  - 20 knot



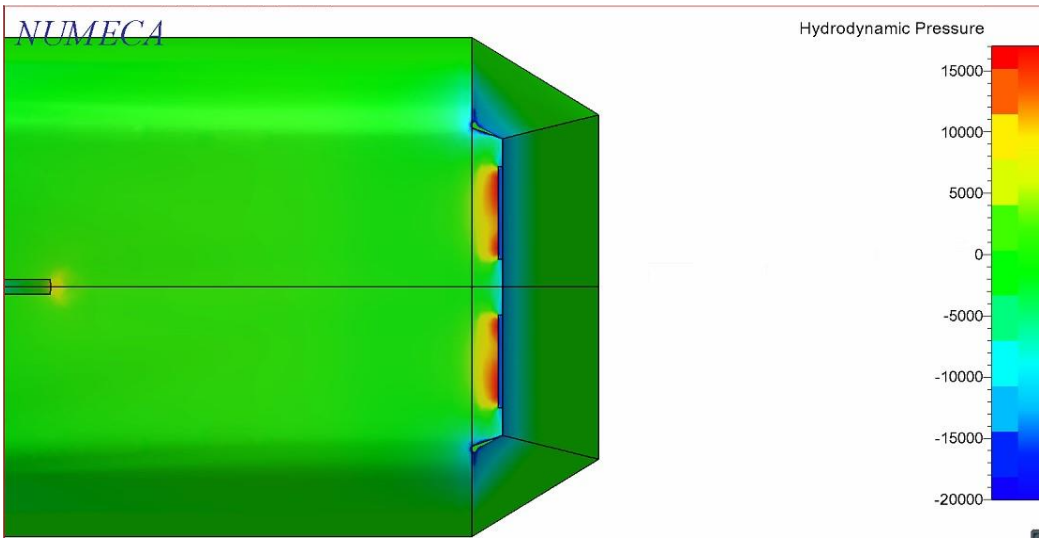

  - 24 knot



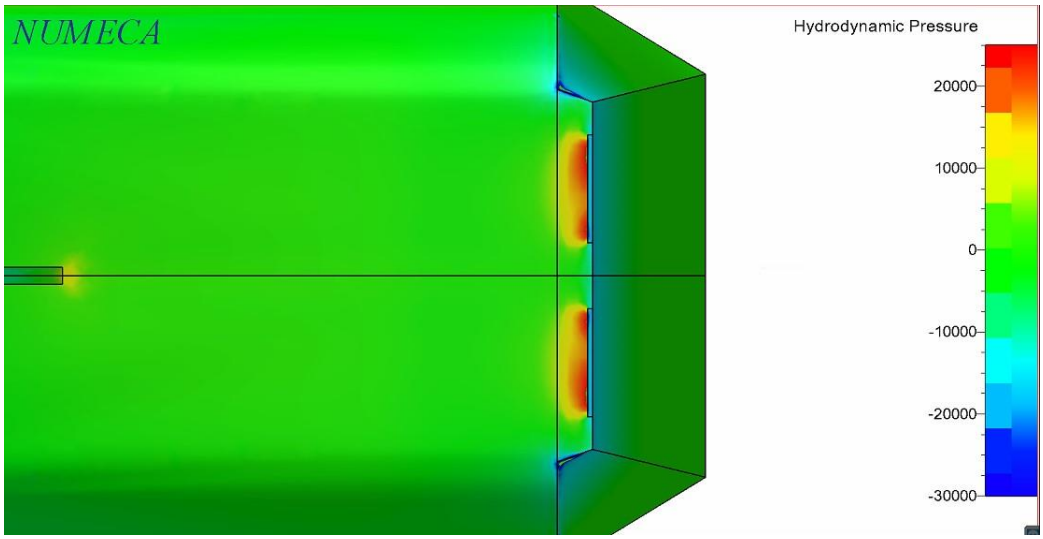
- 28 knot



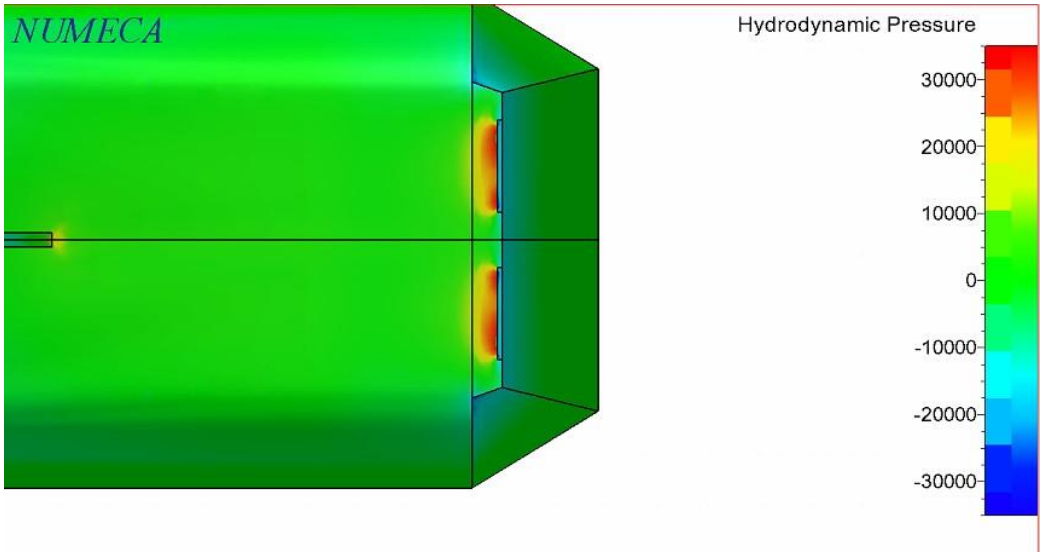

- *Hydrodynamic Pressure*
  - 20 knot



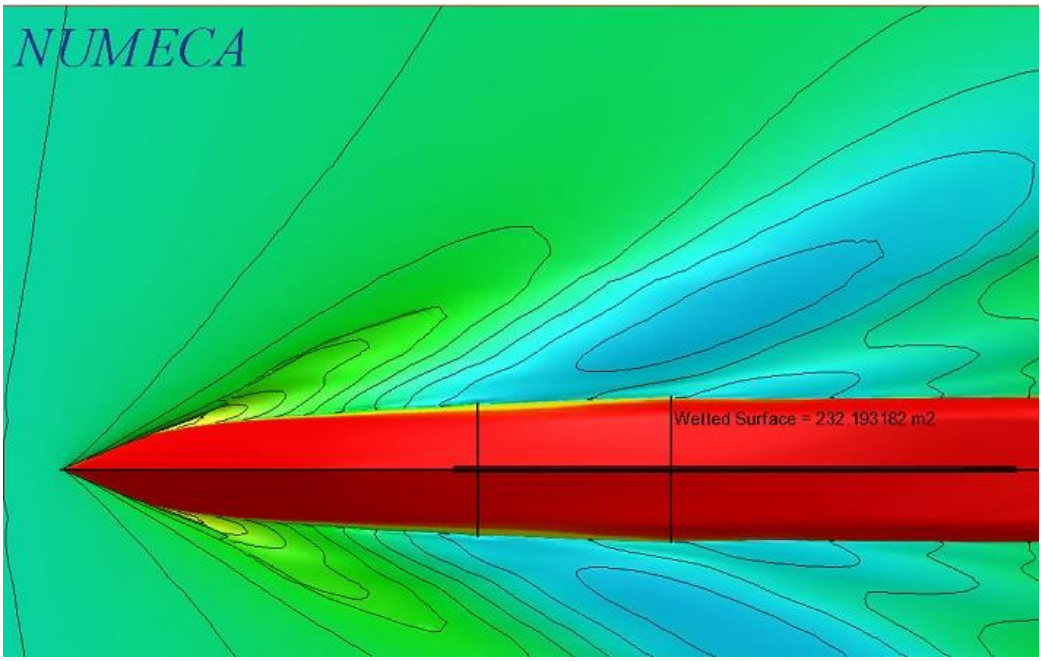
- 24 knot



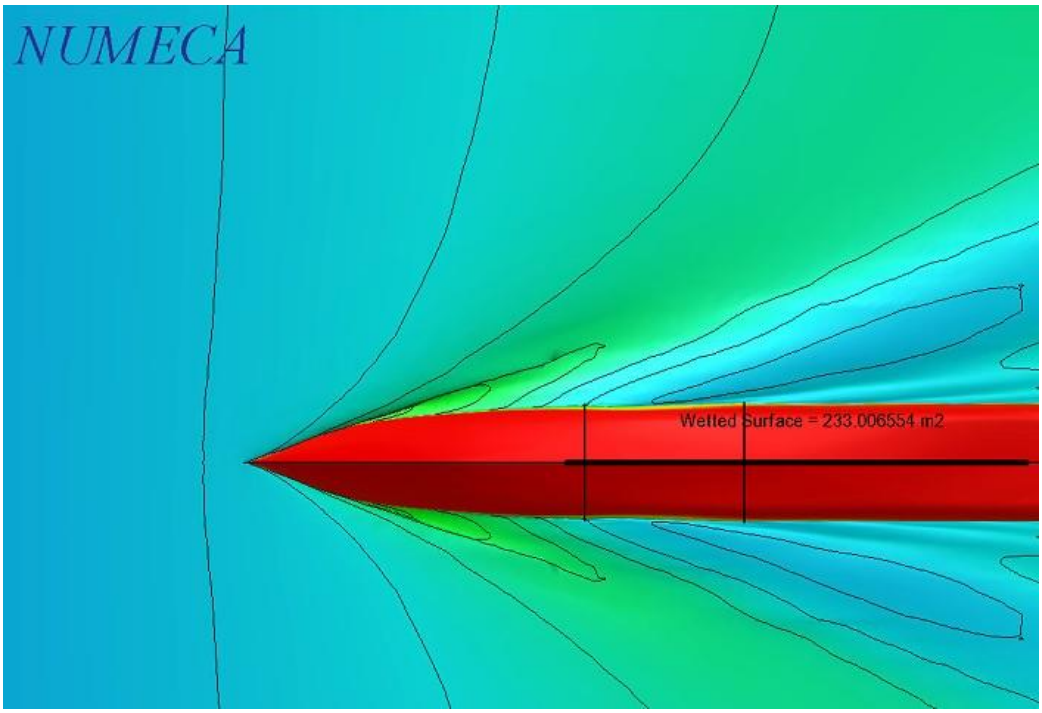

- 28 knot



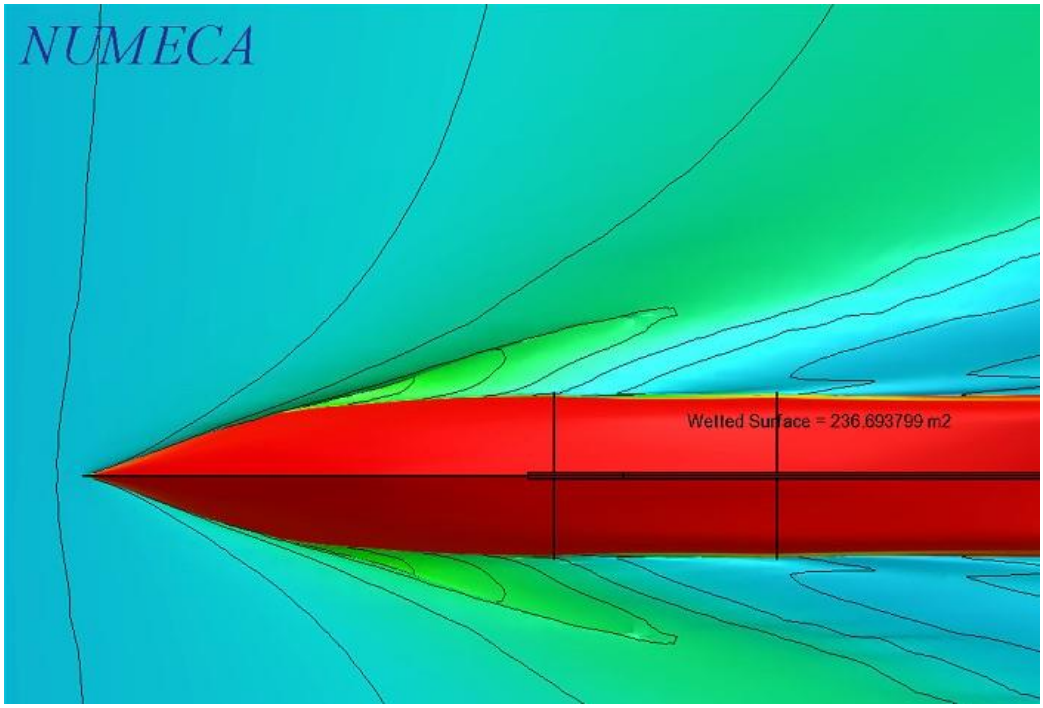
- Luasan Basah
  - 20 knot




  - 24 knot

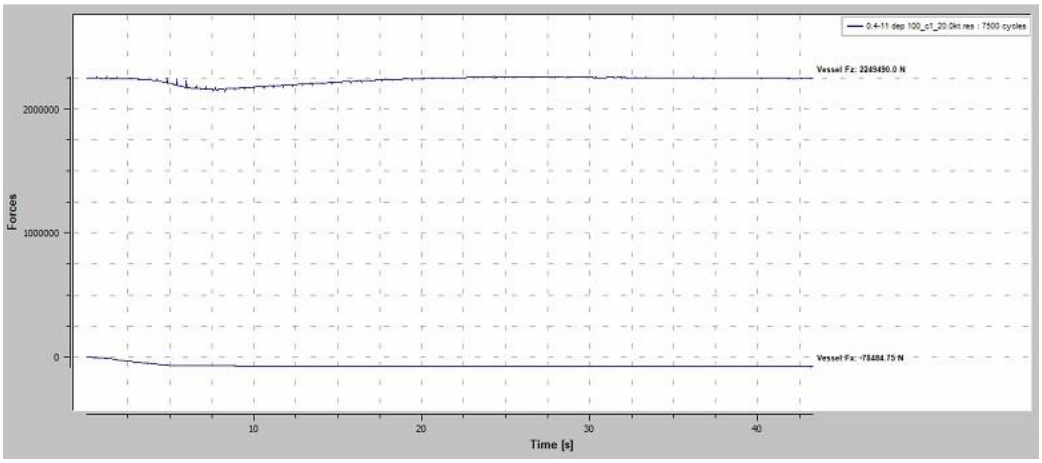


- 28 knot

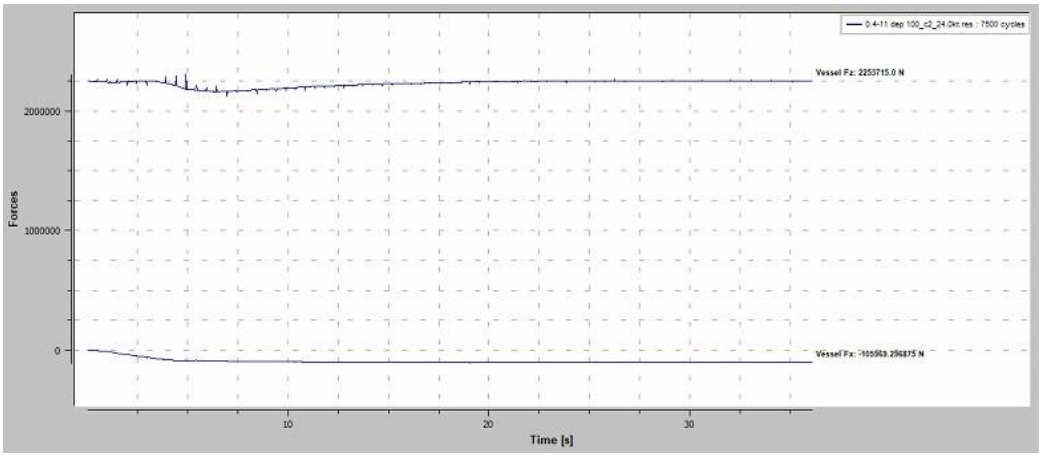


**LAMPIRAN 10** Hasil Simulasi ICT 2 100%

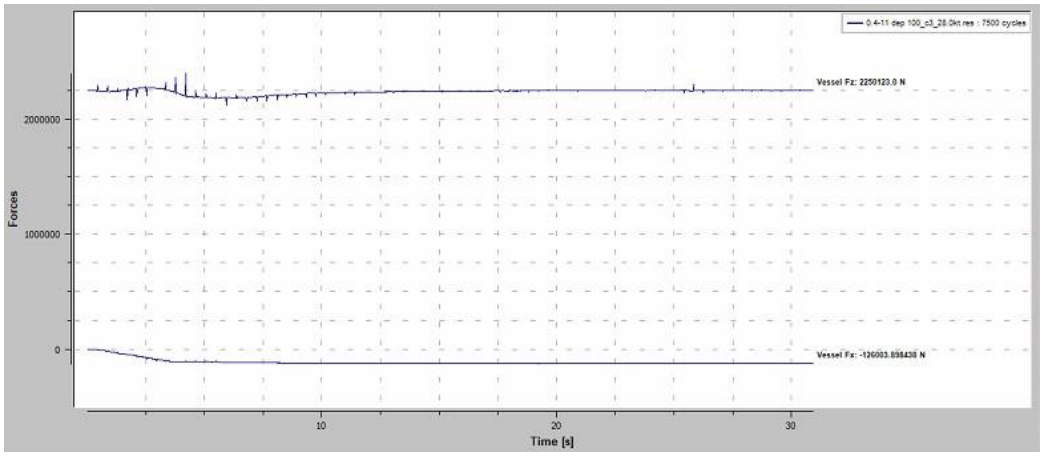
- Hasil Simulasi *Force*
  - 20 knot



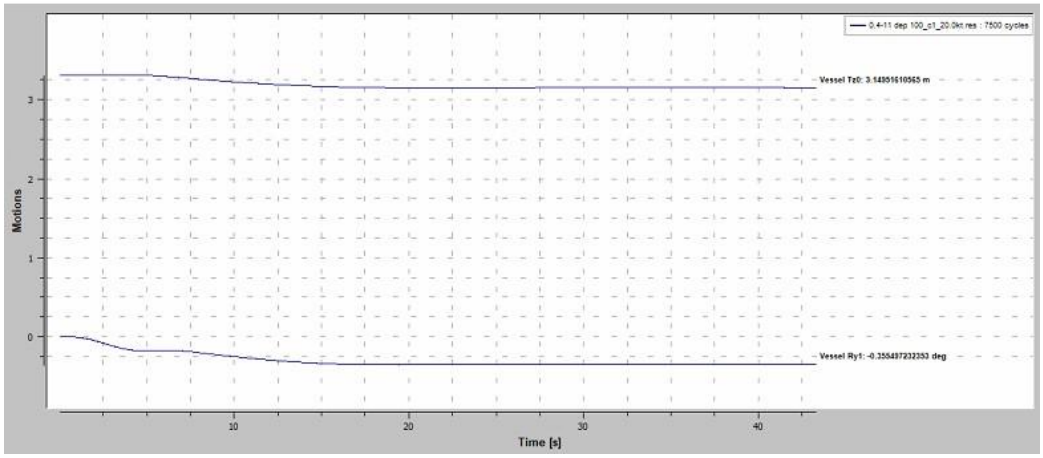

  - 24 knot



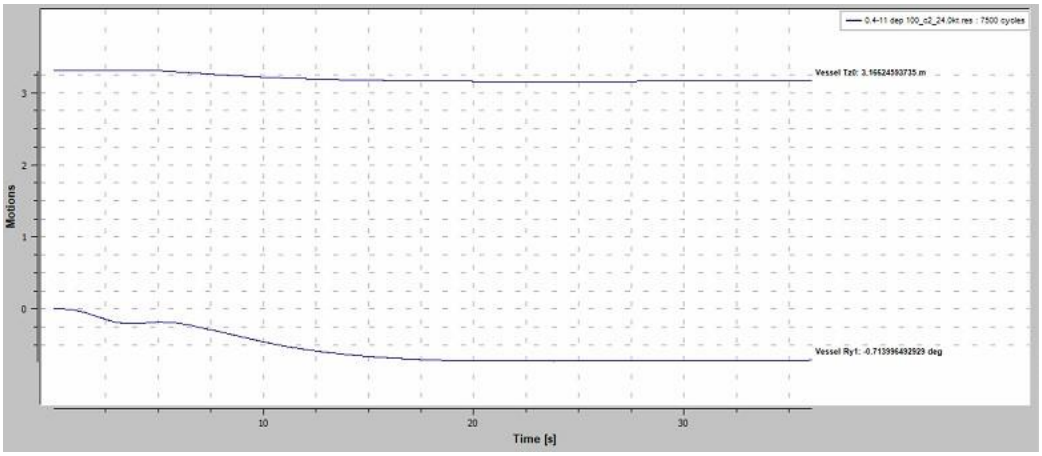
- 28 knot




- Hasil Simulasi *Motion*
  - 20 knot

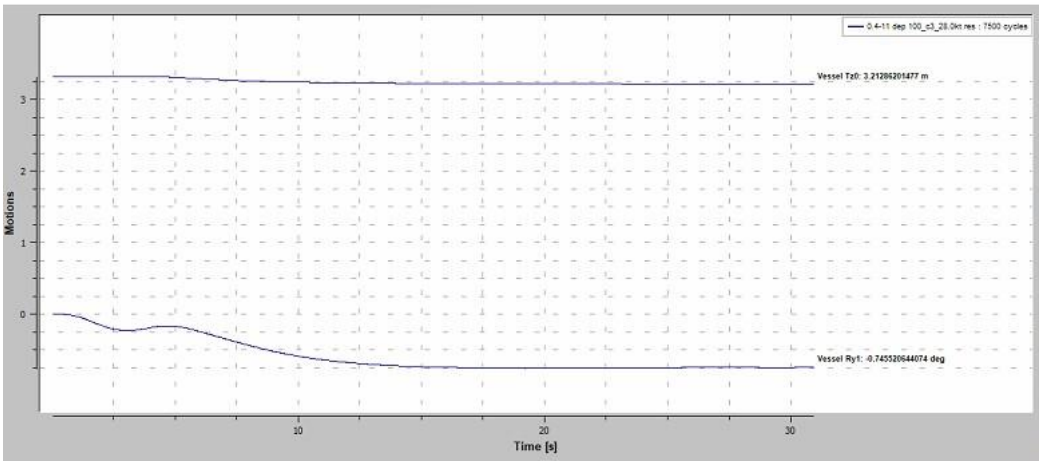


- 24 knot

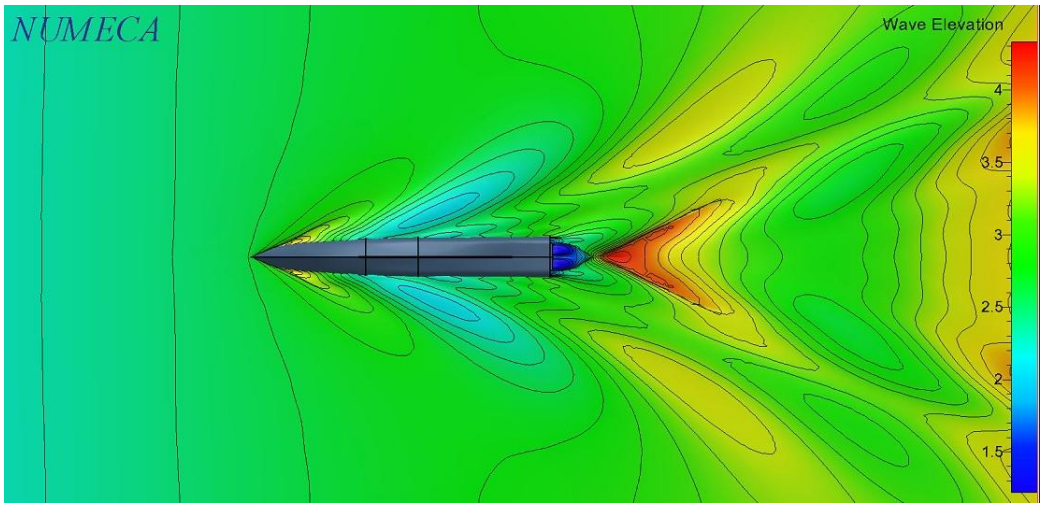



\

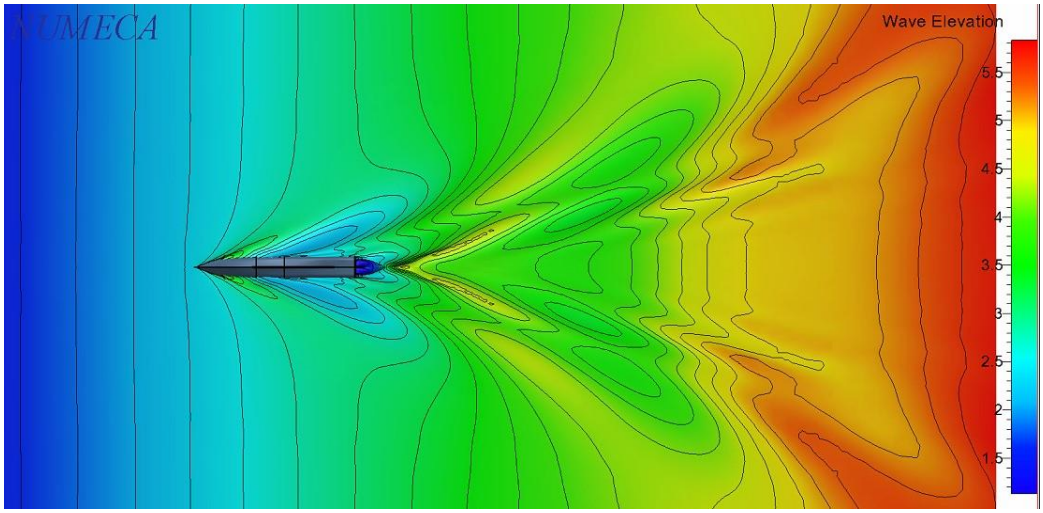
- 28 knot



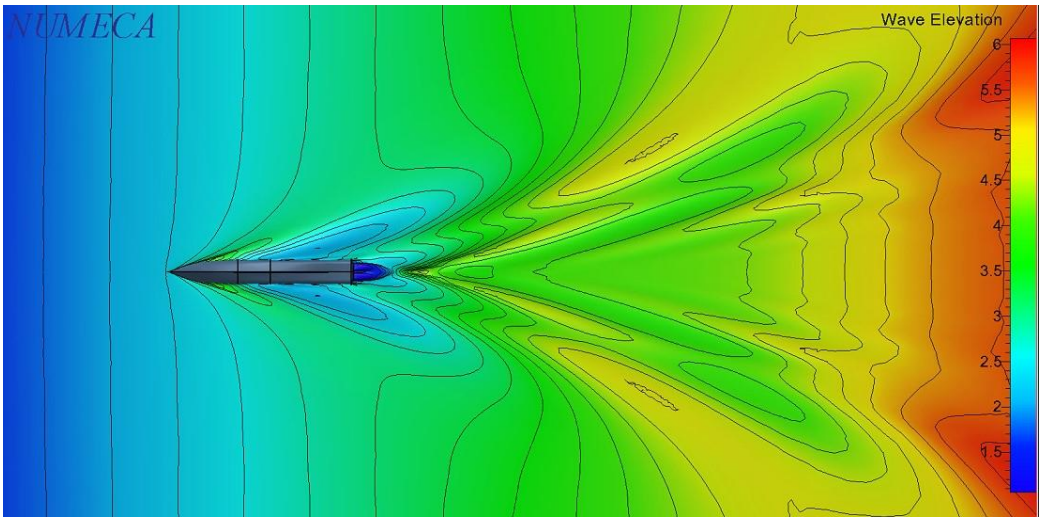
- Pola Gelombang
    - 20 knot



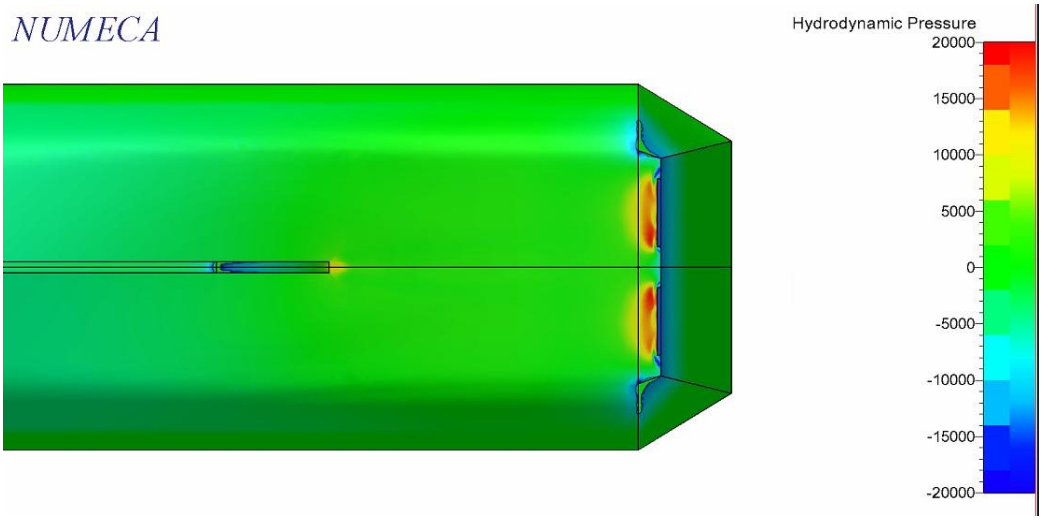

    - 24 knot



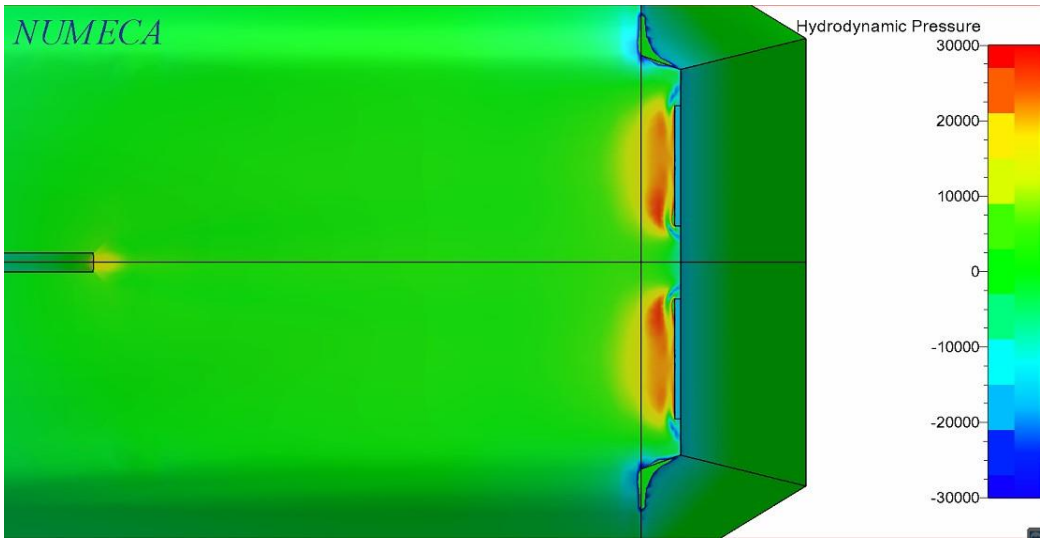
- 28 knot



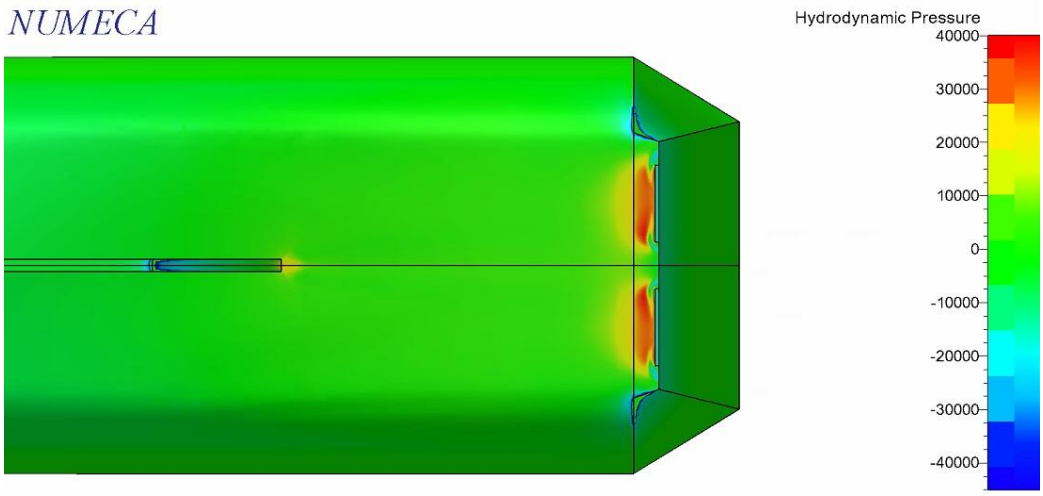

- *Hydrodynamic Pressure*
  - 20 knot



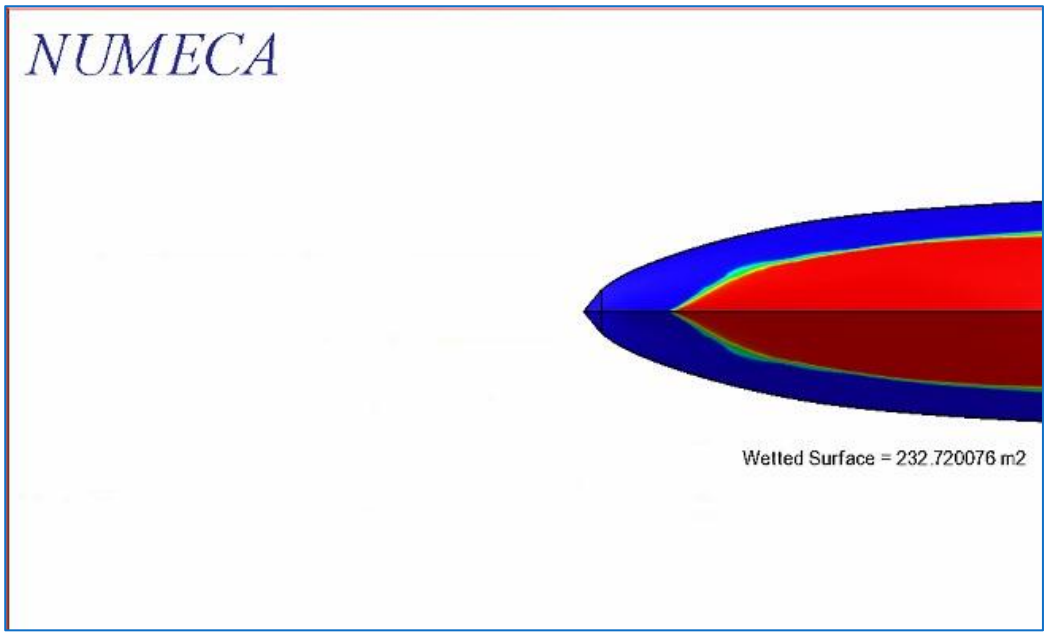
- 24 knot



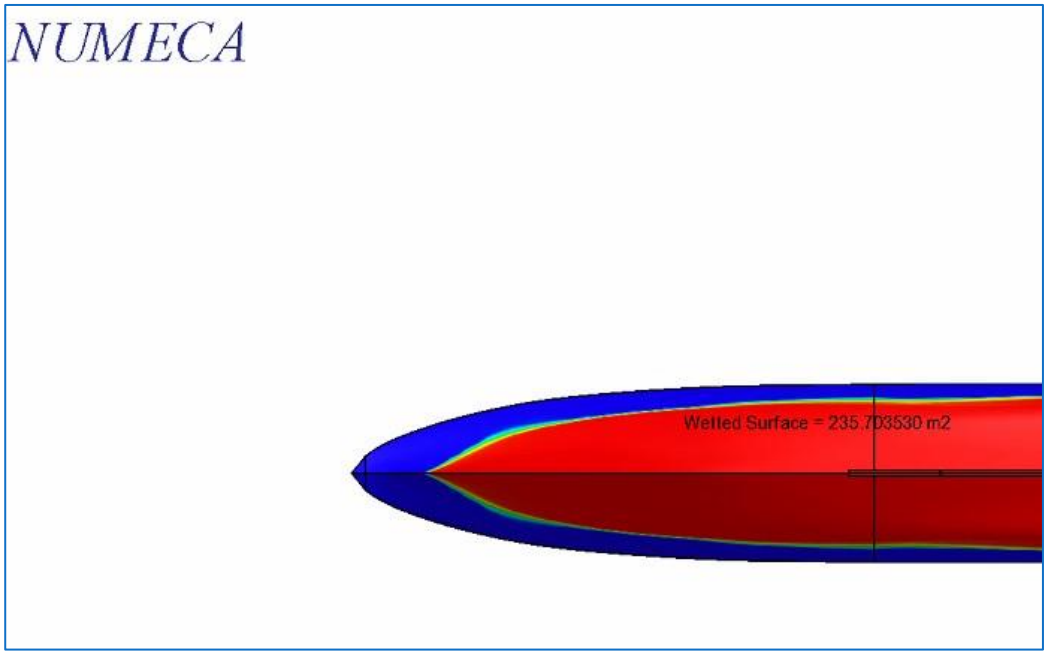

- 28 knot



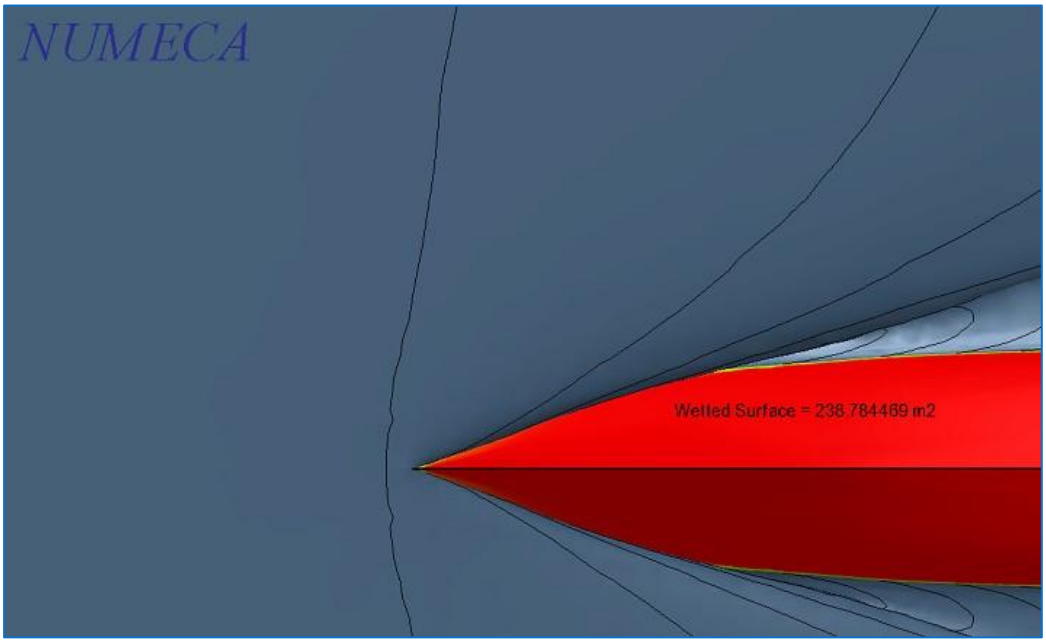
- Luasan Basah
  - 20 knot




  - 24 knot

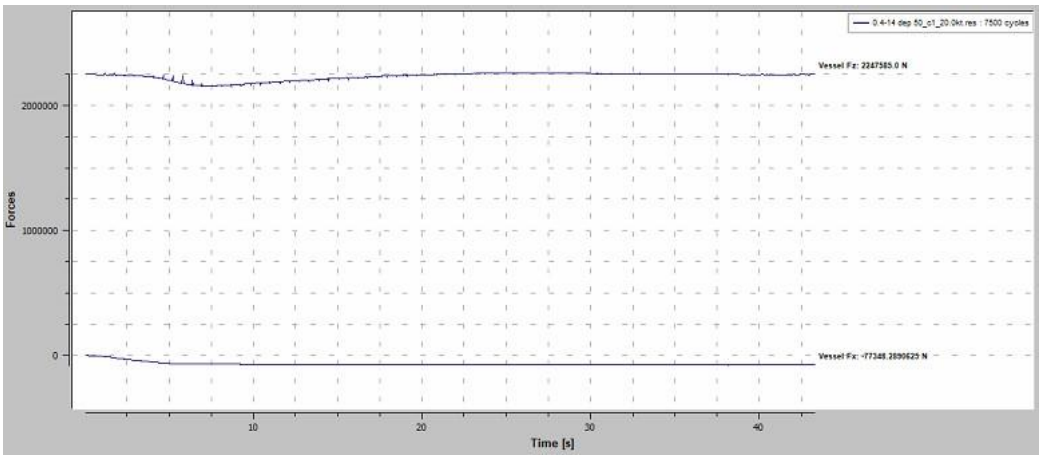


- 28 knot

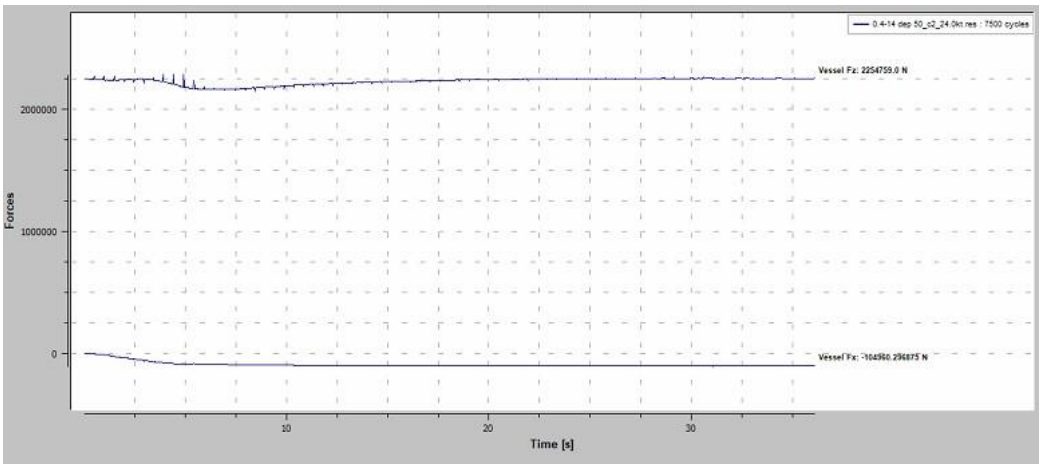


**LAMPIRAN 11** Hasil Simulasi ICT 3 50%

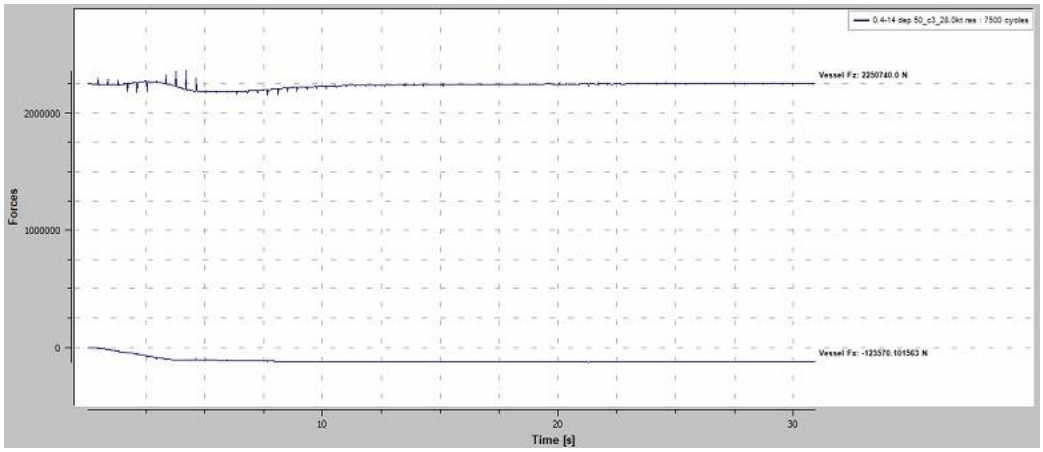
- Hasil Simulasi *Force*
  - 20 knot



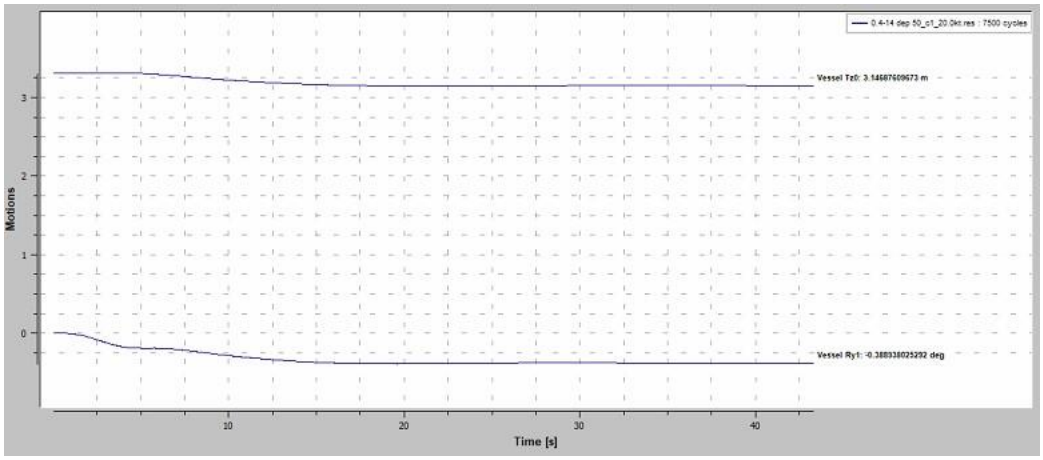

  - 24 knot



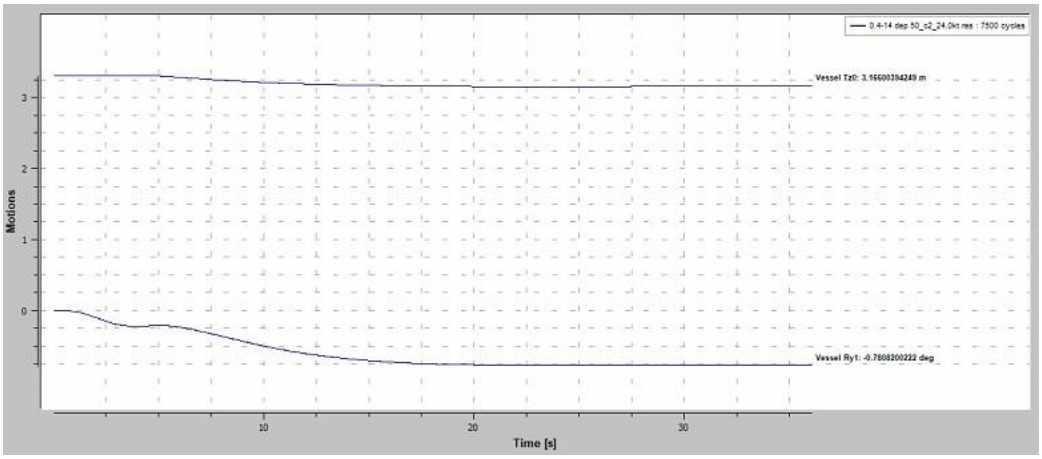
- 28 knot




- Hasil Simulasi *Motion*
  - 20 knot

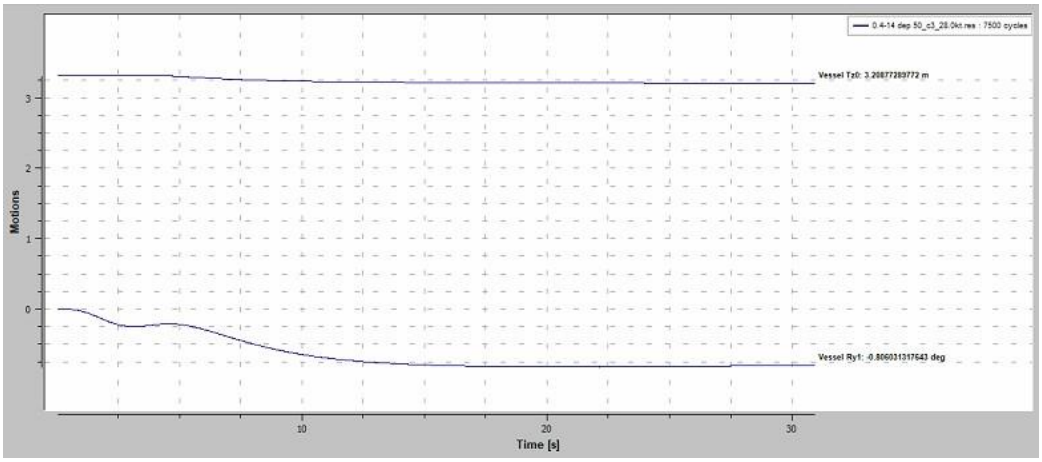


- 24 knot

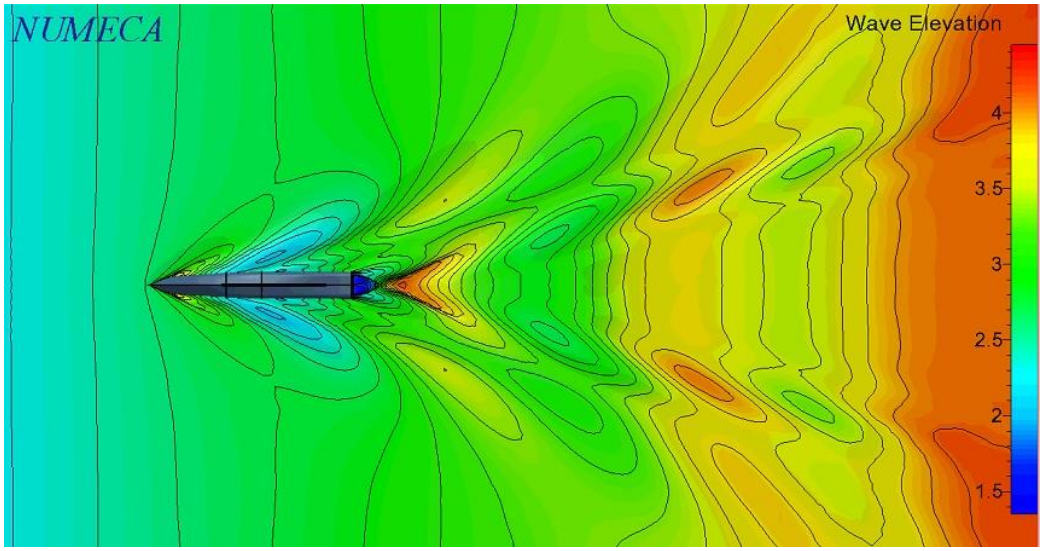



\

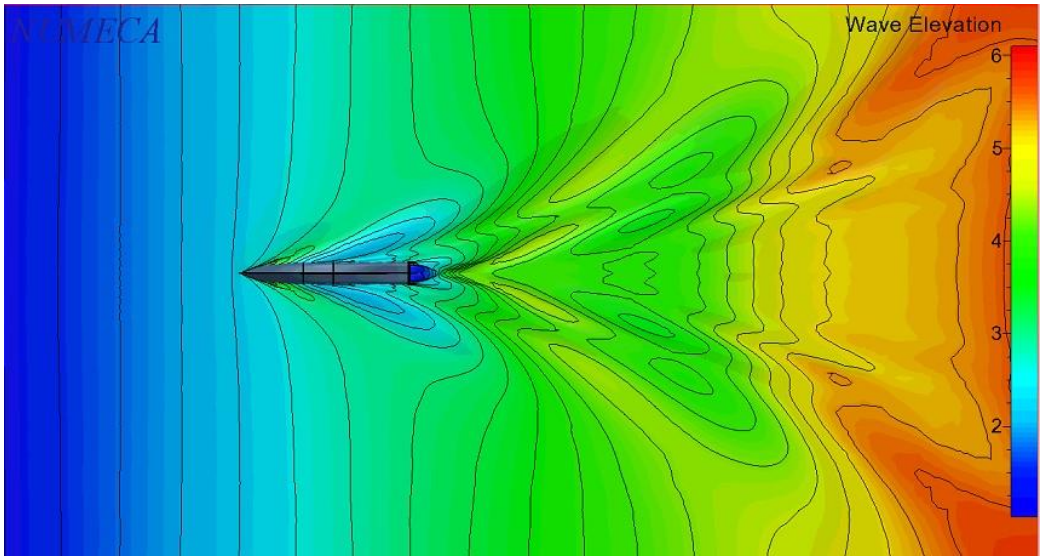
- 28 knot



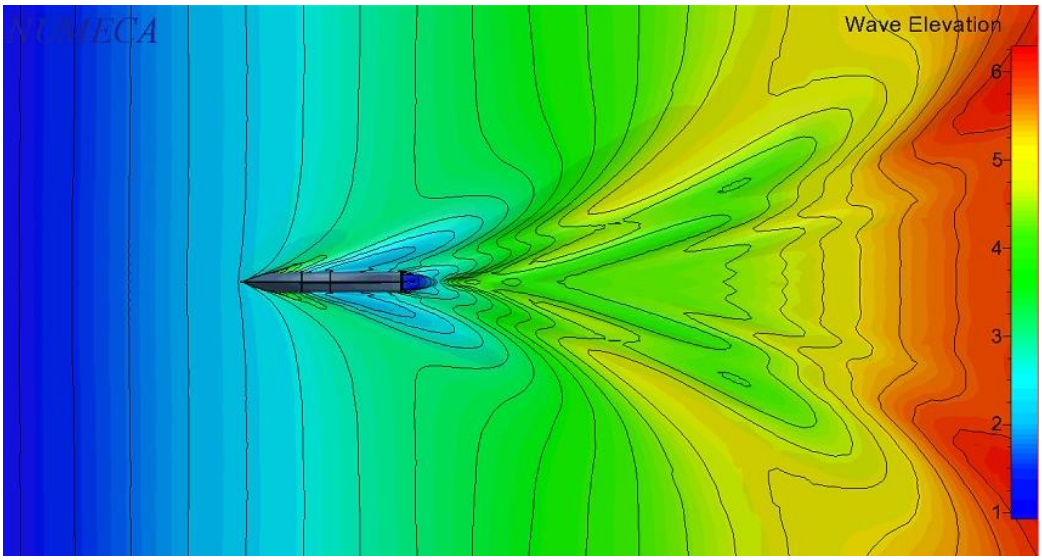
- Pola Gelombang
  - 20 knot



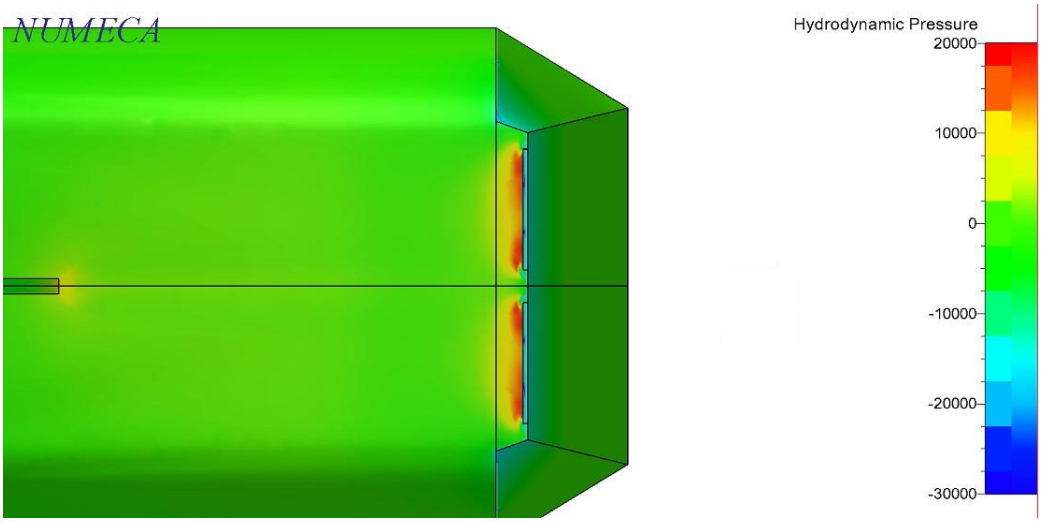

  - 24 knot



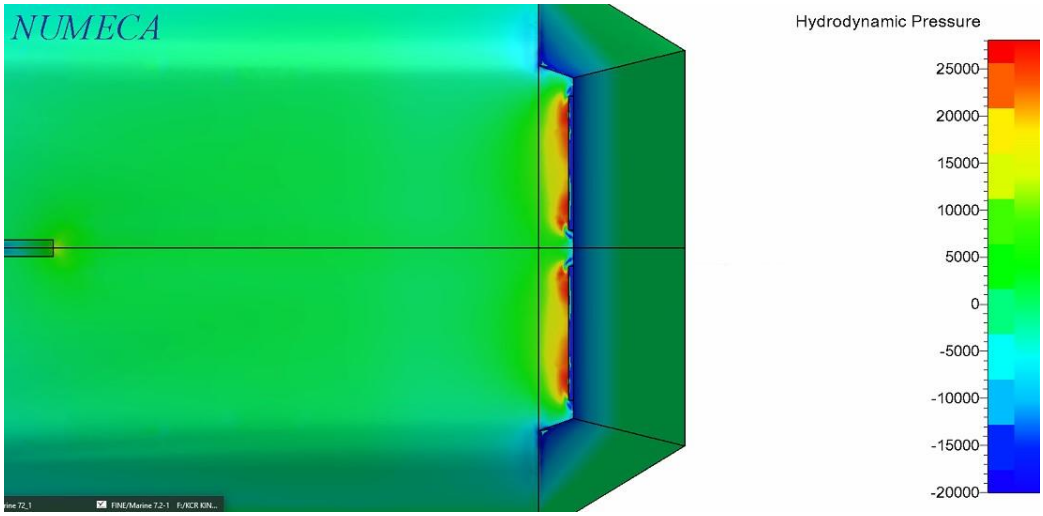
- 28 knot



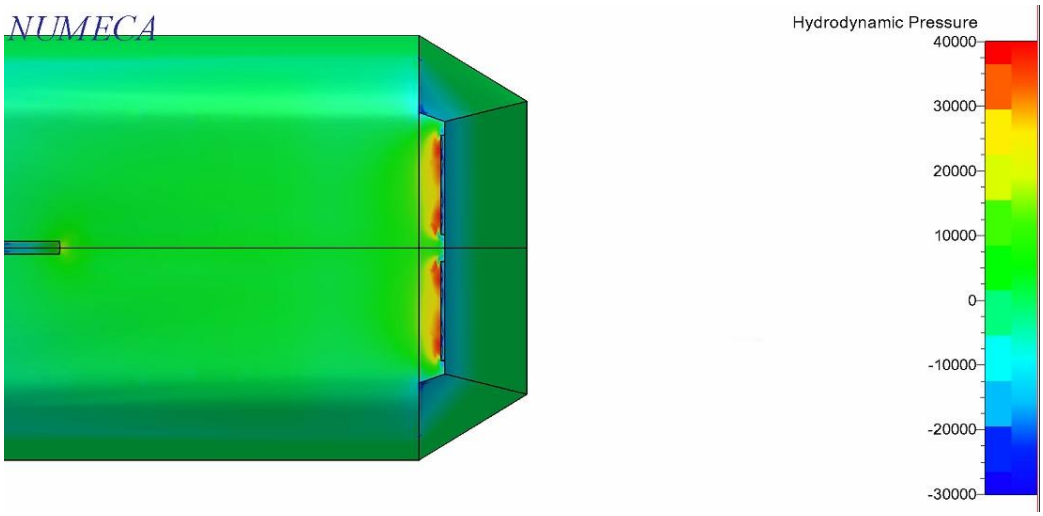

- *Hydrodynamic Pressure*
  - 20 knot



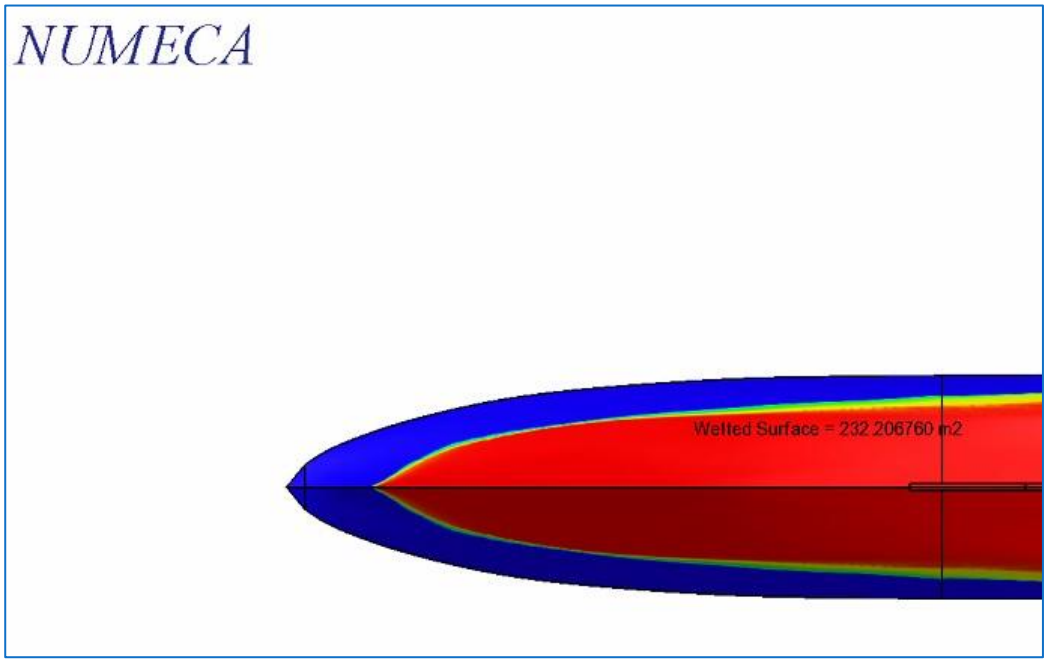
- 24 knot



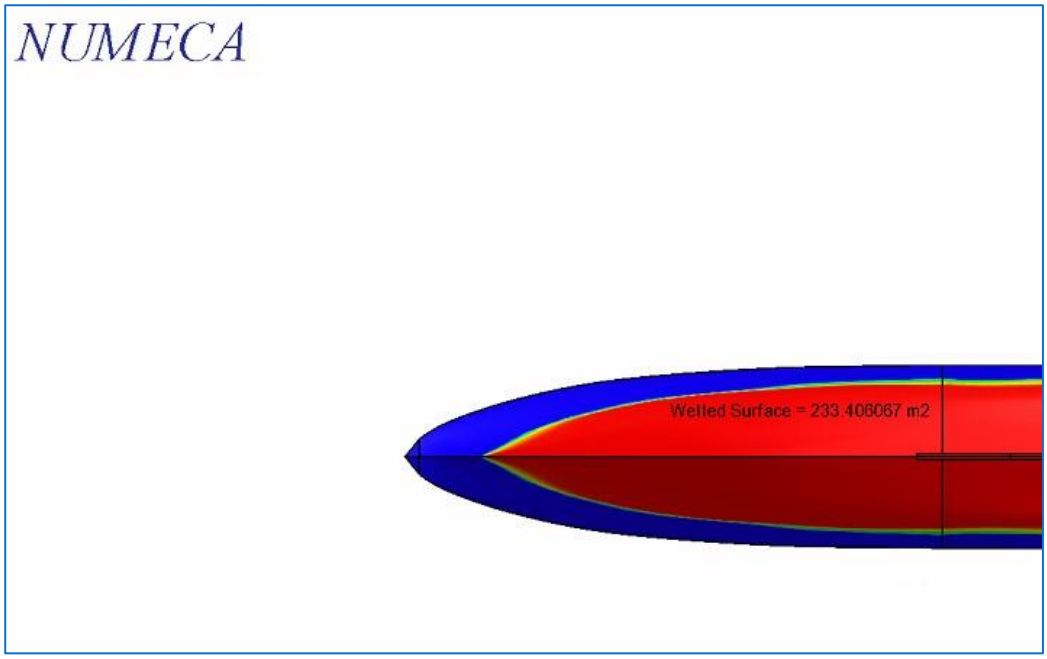

- 28 knot



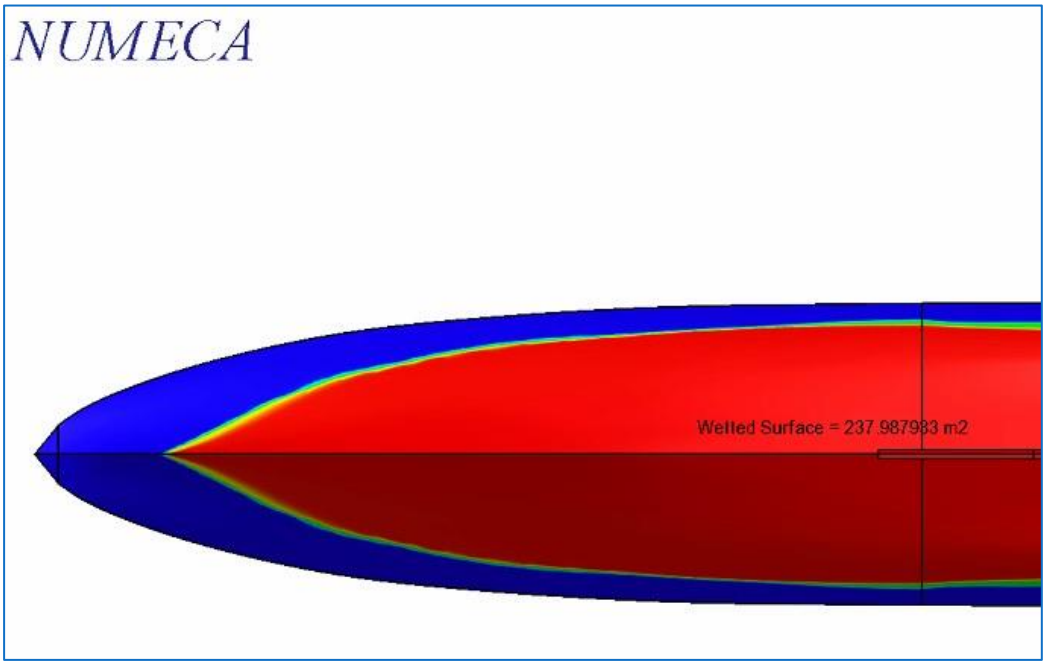
- Luasan Basah
  - 20 knot




  - 24 knot

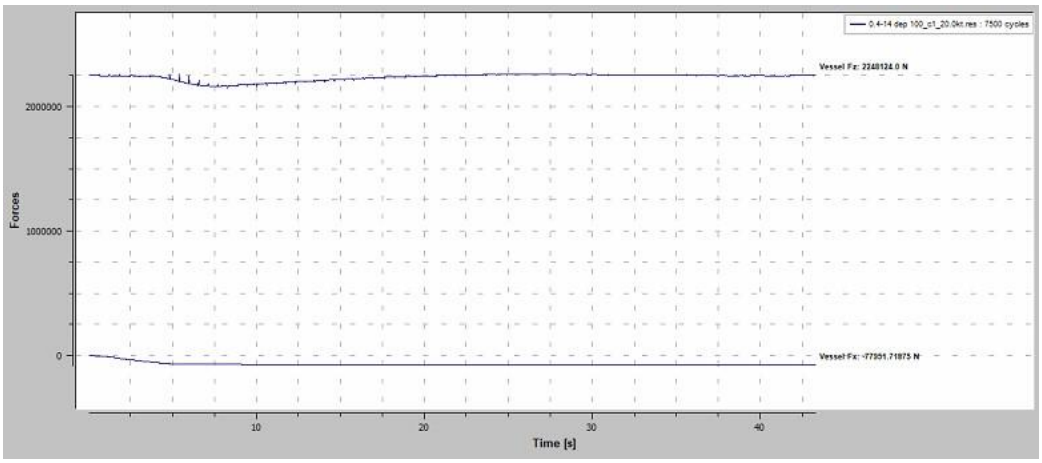


- 28 knot

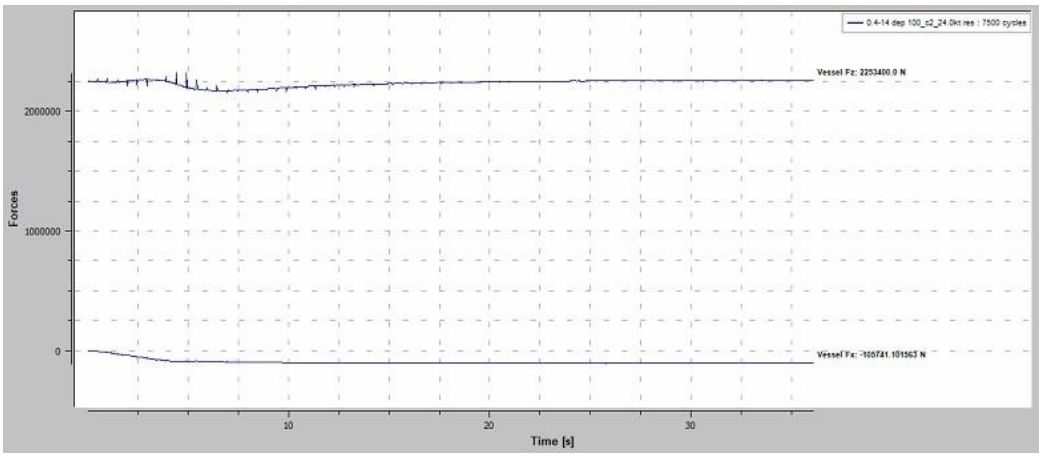


**LAMPIRAN 12** Hasil Simulasi ICT 3 100%

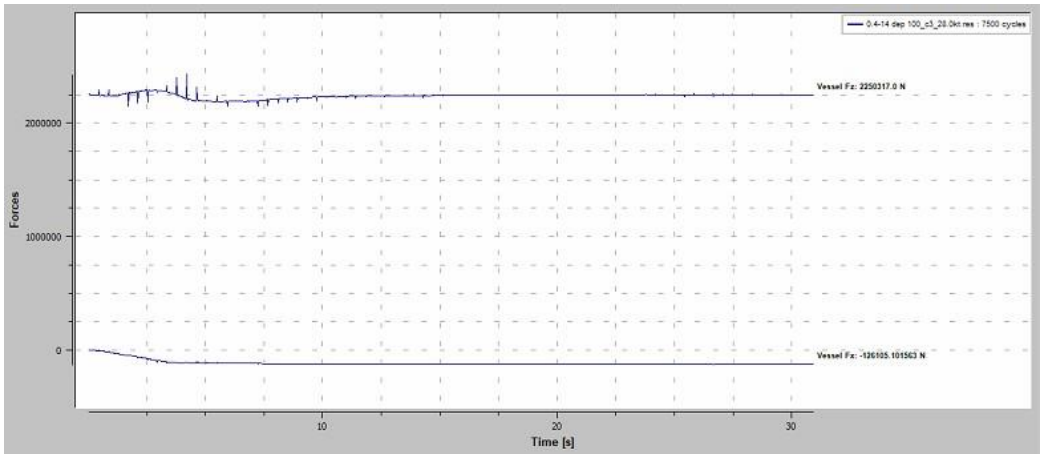
- Hasil Simulasi *Force*
  - 20 knot



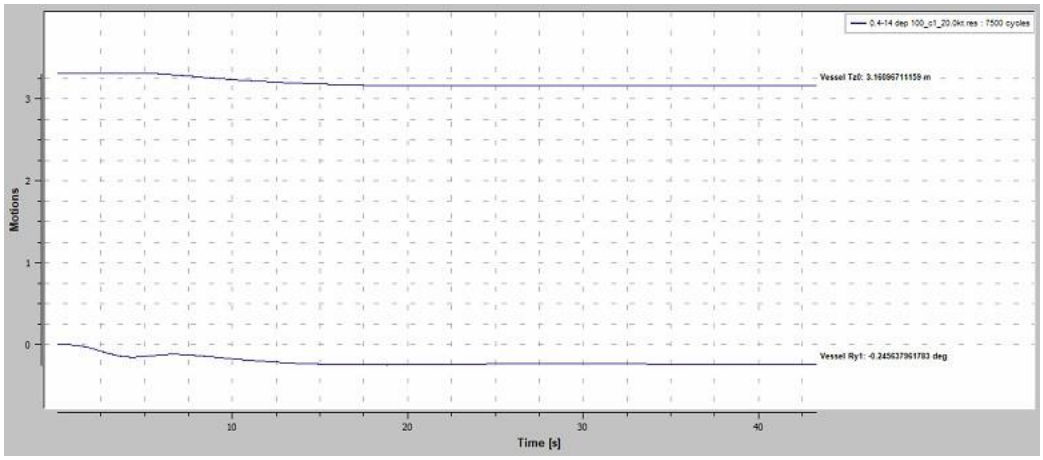

  - 24 knot



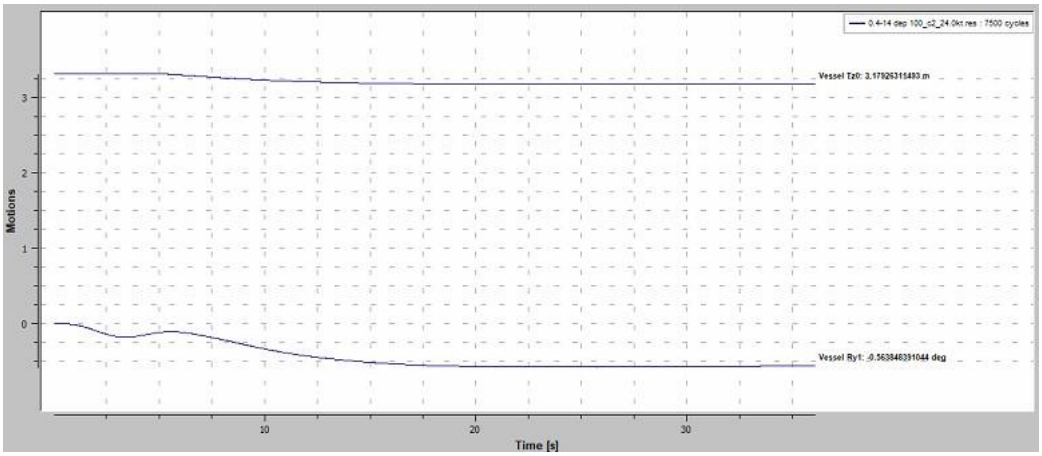
- 28 knot




- Hasil Simulasi *Motion*
  - 20 knot

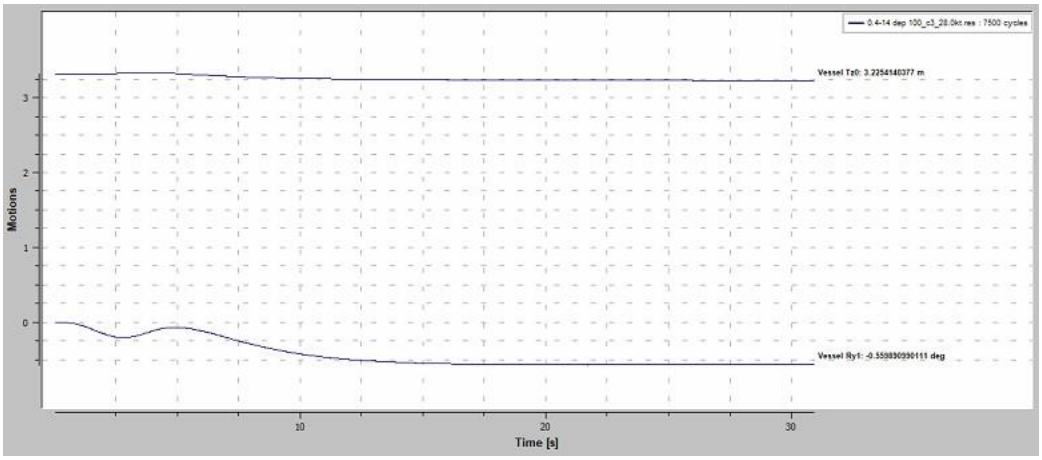


- 24 knot

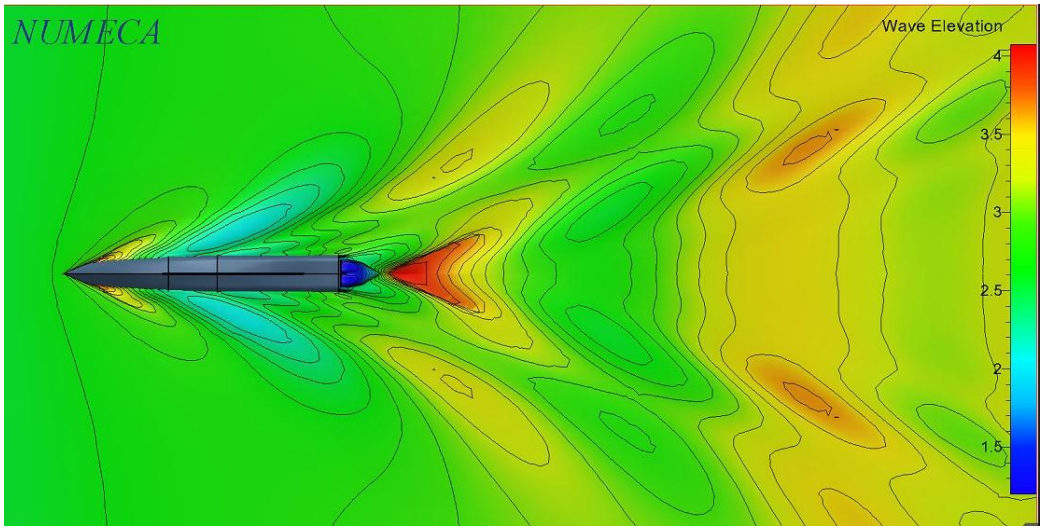



\

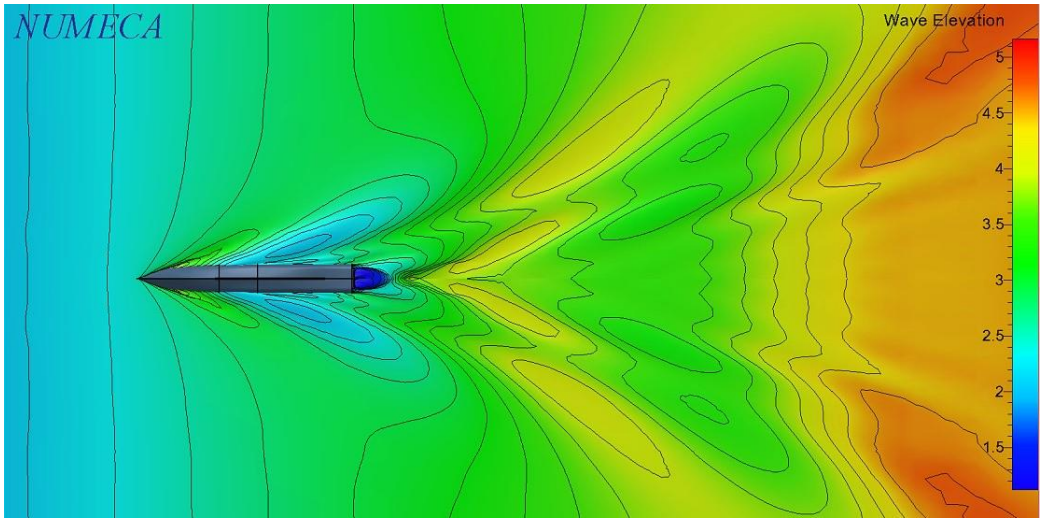
- 28 knot



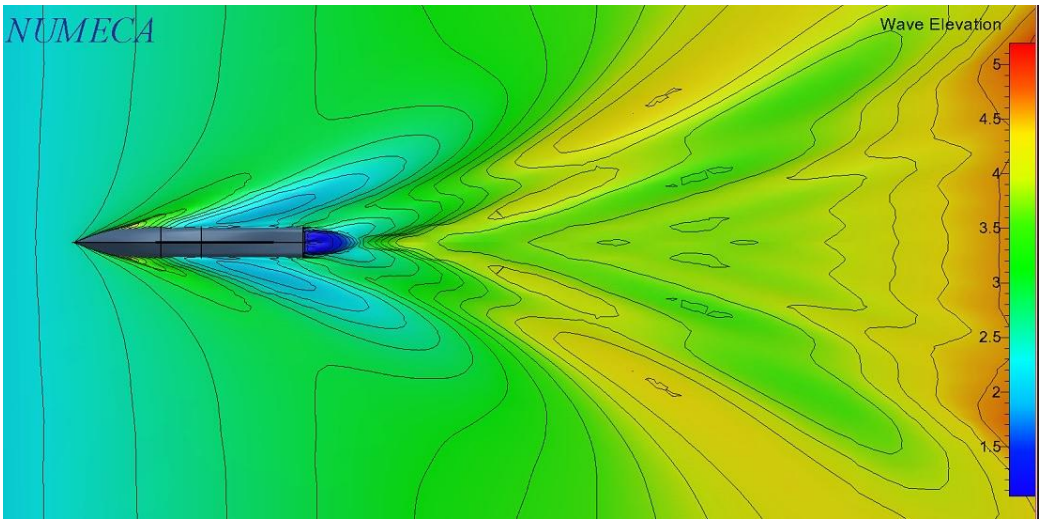
- Pola Gelombang
    - 20 knot



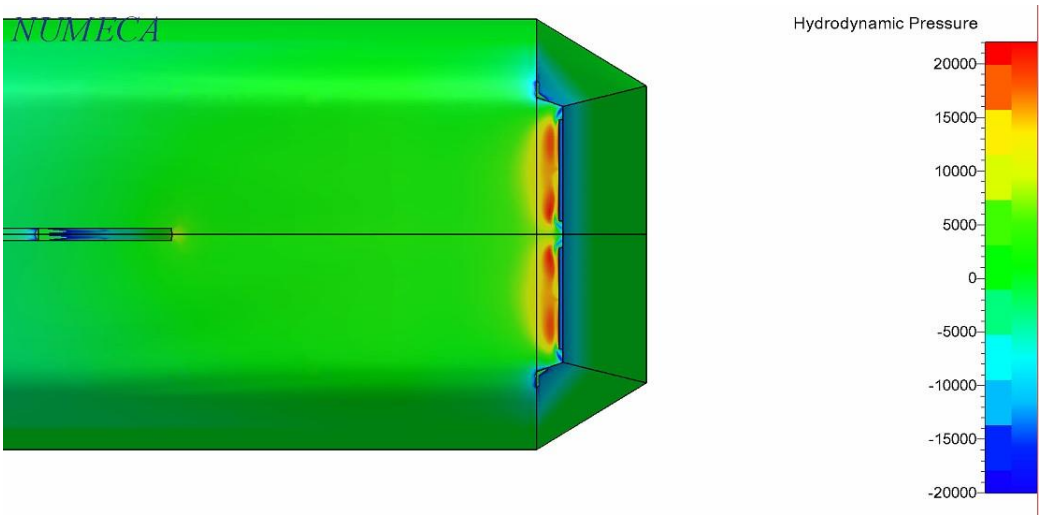

    - 24 knot



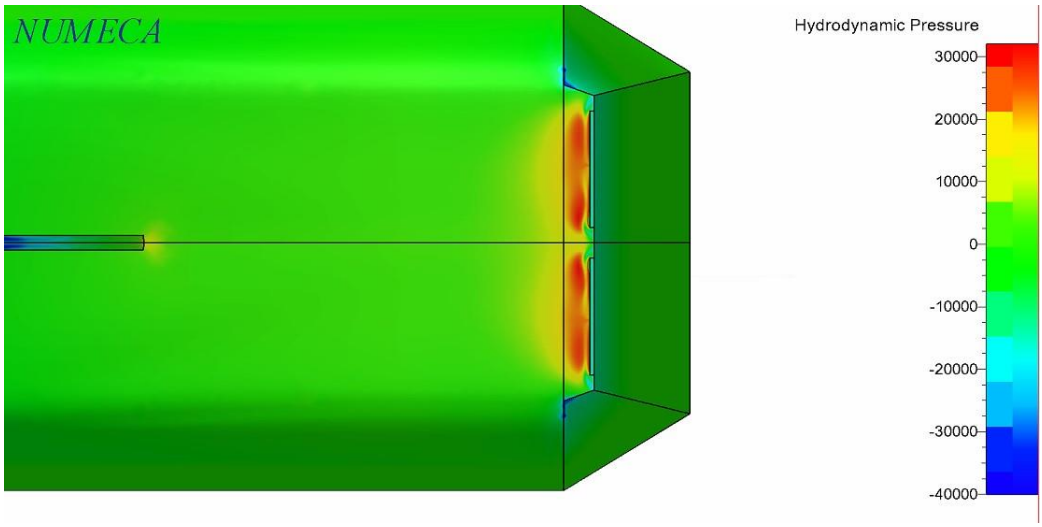
- 28 knot



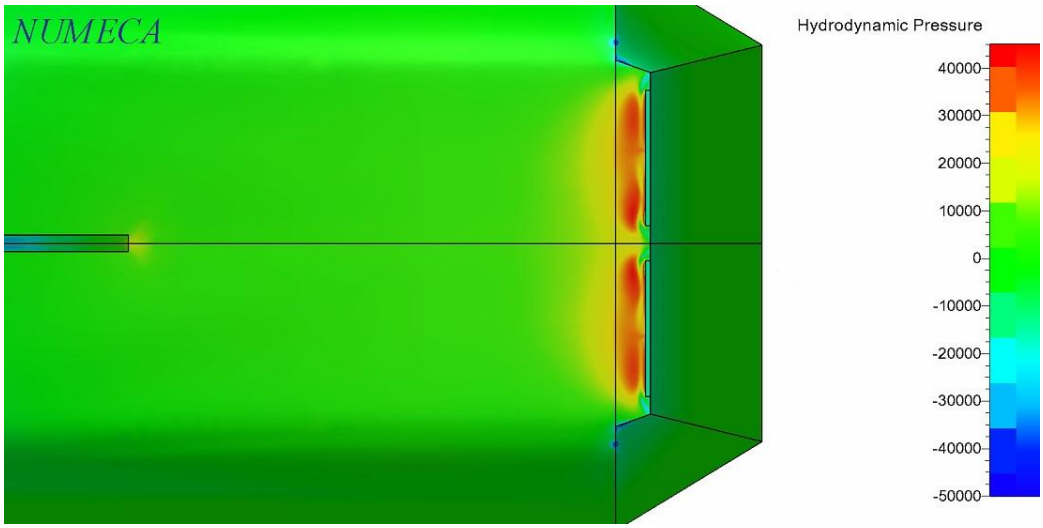

- *Hydrodynamic Pressure*
  - 20 knot



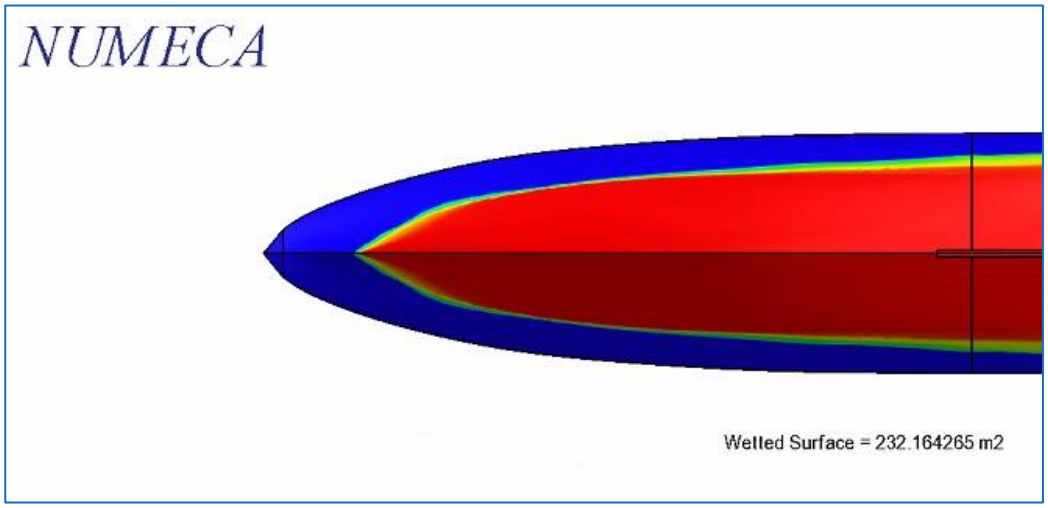
- 24 knot



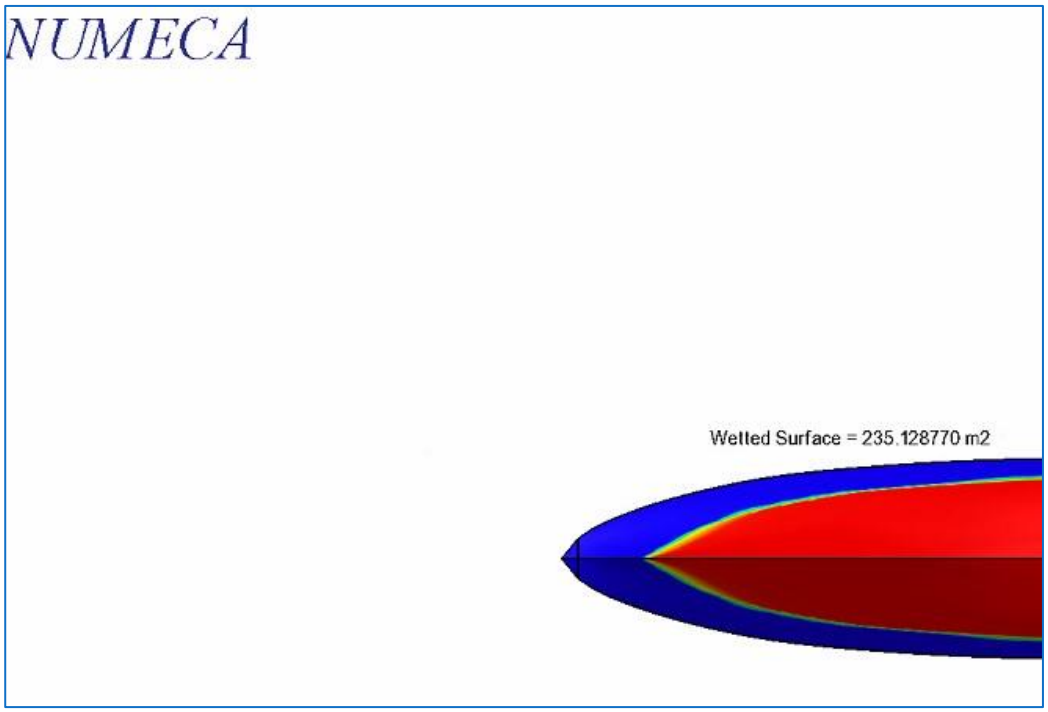

- 28 knot



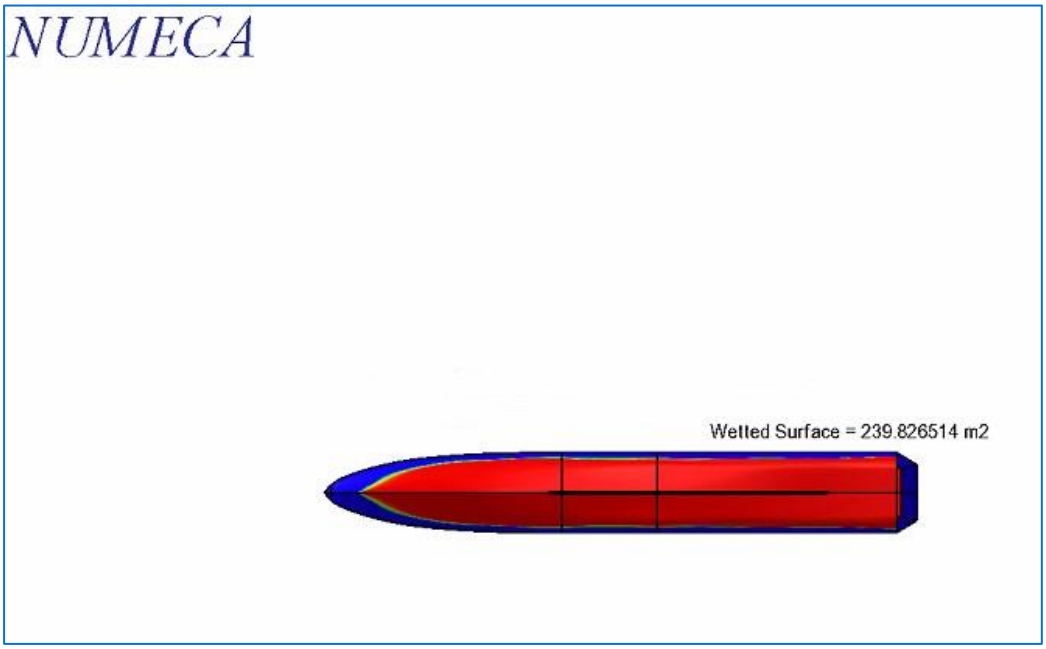
- Luasan Basah
  - 20 knot




  - 24 knot

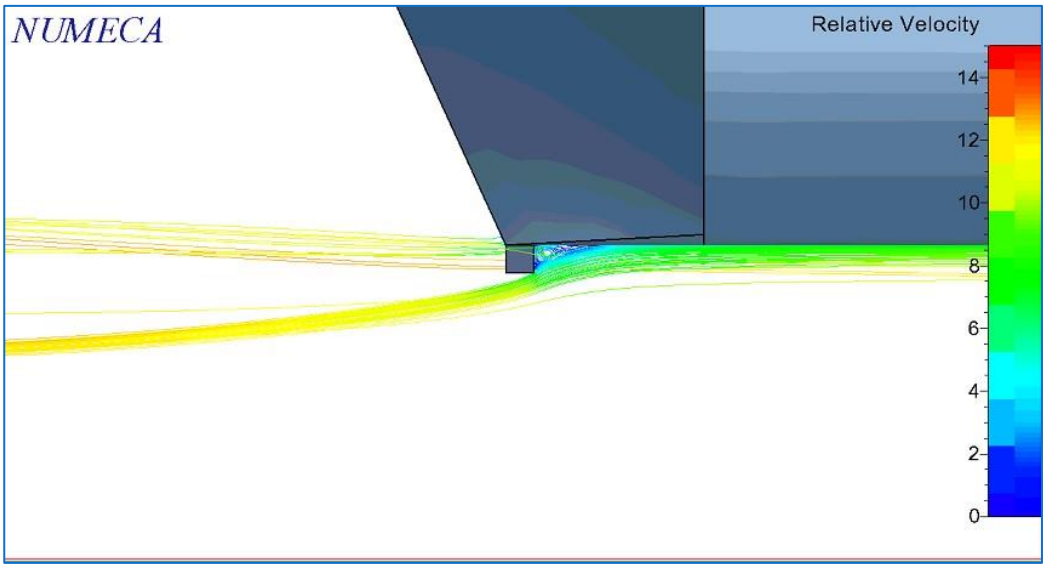


- 28 knot

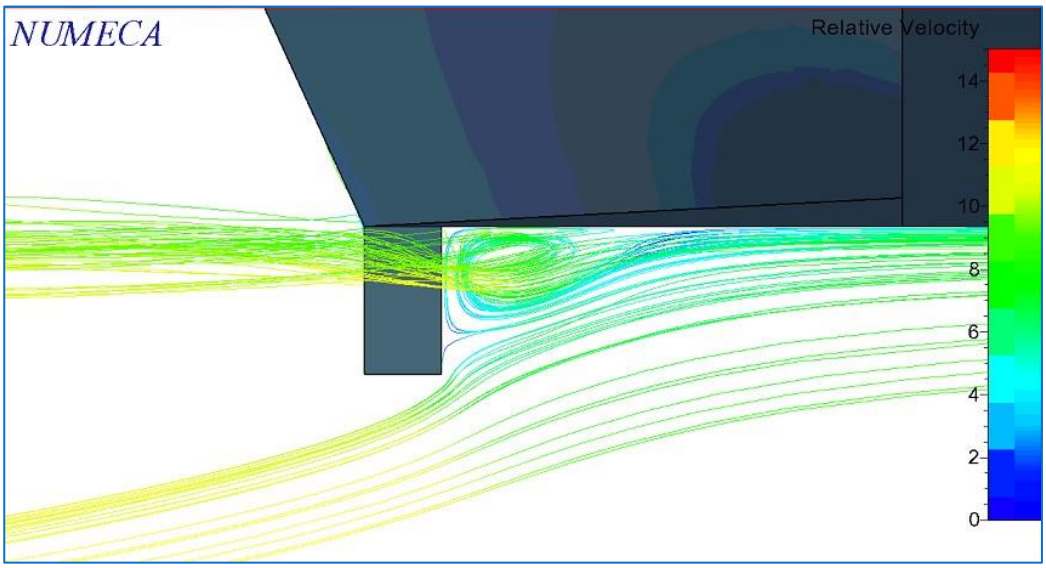


**LAMPIRAN 13** Pola Aliran

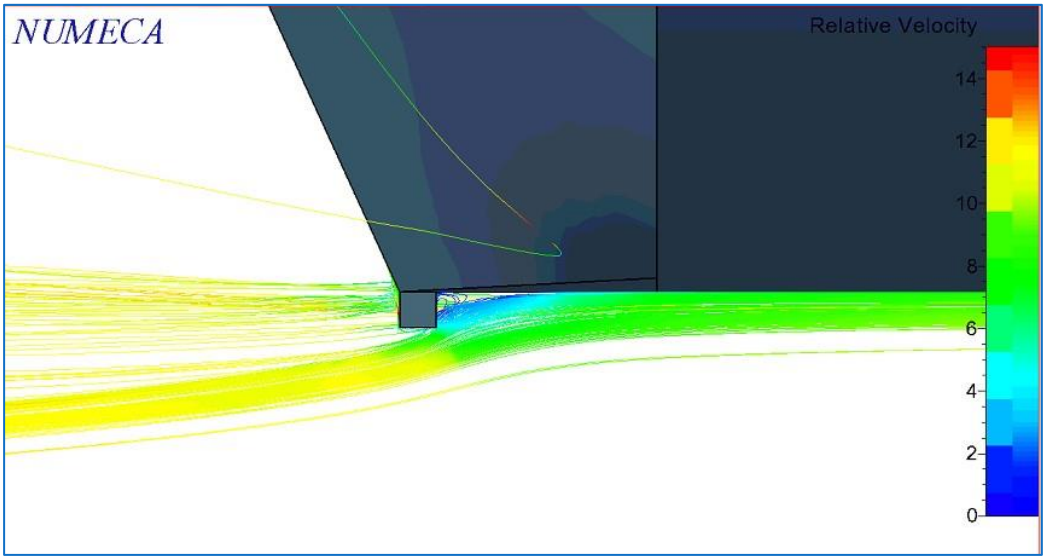
- ICT 1 50%



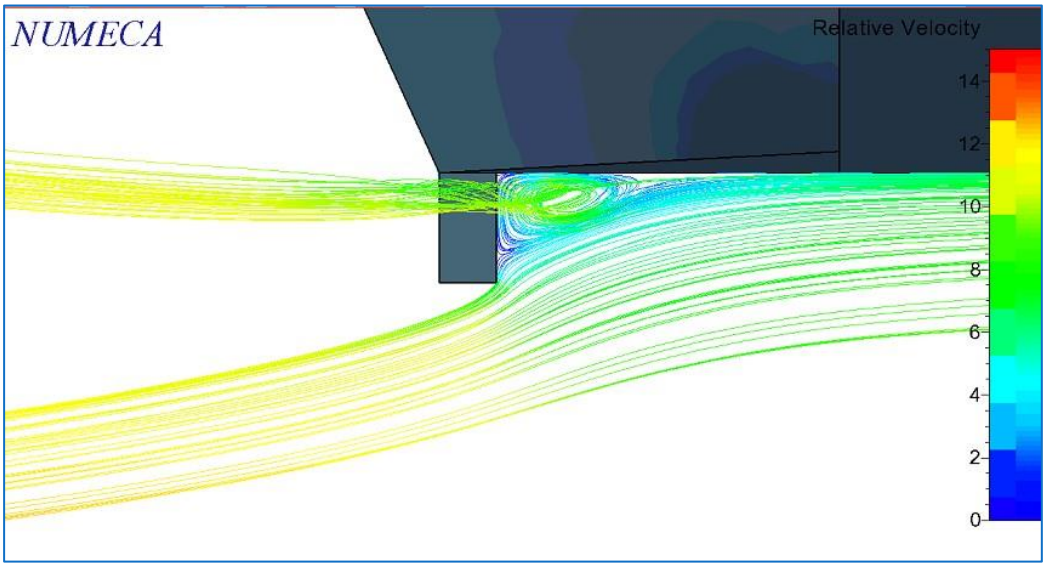

- ICT 1 100%



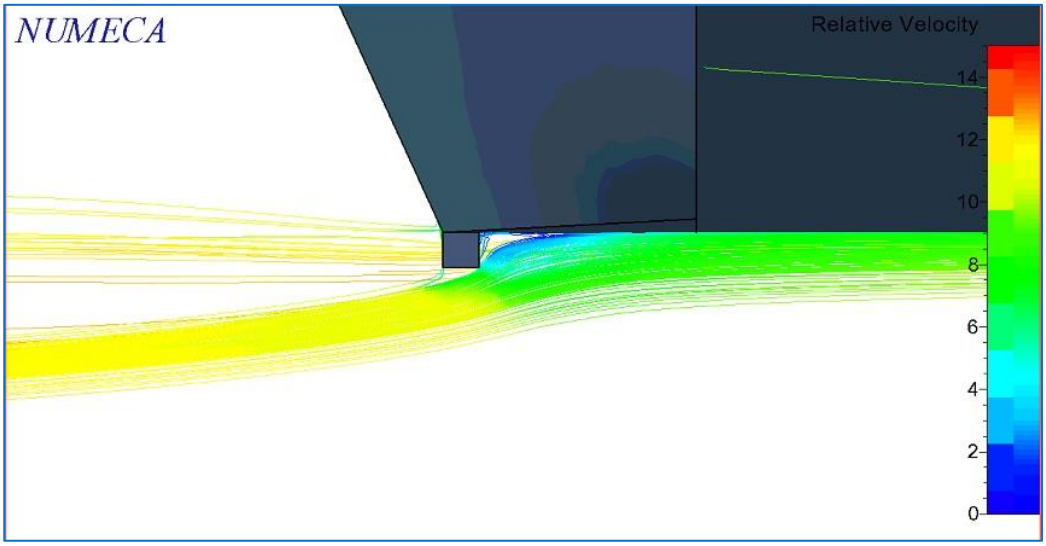
- ICT 2 50%



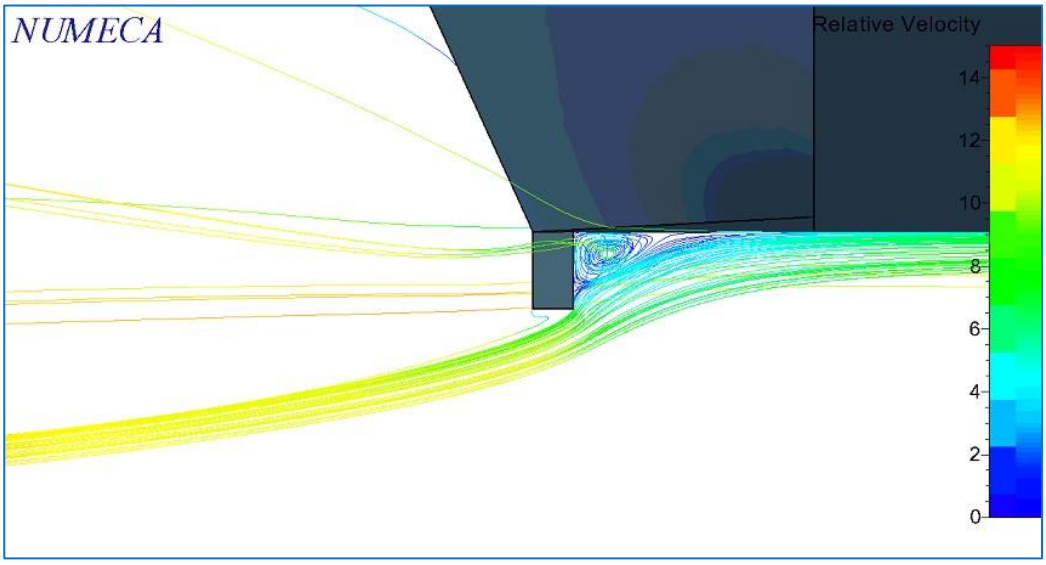

- ICT 2 100%



- ICT 3 50%




- ICT 3 100%



# BIODATA PENULIS

Penulis bernama lengkap Kinanthi Inten Pertiwi. Lahir di Malang pada tanggal 9 Oktober 1998. Menempuh Pendidikan di SMP Negeri 1 Surabaya, kemudian melanjutkan studinya di SMA Negeri 5 Surabaya. Tahun 2016, penulis menempuh jenjang pendidikan Strata-1 (S-1) di Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada Departemen Teknik Sistem Perkapalan dengan memilih bidang keahlian *Marine Manufacturing and Design* (MMD).

Penulis aktif pada organisasi kemahasiswaan dengan bergabung dalam BEM FTK ITS dan BEM ITS pada kementrian komunikasi dan informasi. Selain itu, penulis juga bekerja sebagai desainer grafis pada media massa di Surabaya yaitu, Zetizen Jawa Pos dan DBL Indonesia. Serta bekerja menjadi desainer grafis lepas di kedai kopi JOKOPI.

**Kontak**
E-mail : kinanthiinten@gmail.com
Telepon/WA : 081332034601