



TUGAS AKHIR - MN 184802

**ANALISA PENGARUH *HULL VANE* BERBENTUK V DAN
BERBENTUK LURUS TERHADAP HAMBATAN KAPAL *CREW*
BOAT “ORELA” MENGGUNAKAN CFD**

**Ahmad Septiawan Saputra
NRP 0411164000005**

**Dosen Pembimbing
Dr. Ir. I Ketut Suastika**

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



TUGAS AKHIR - MN 184802

**ANALISA PENGARUH *HULL VANE* BERBENTUK V DAN
BERBENTUK LURUS TERHADAP HAMBATAN KAPAL *CREW*
BOAT “ORELA” MENGGUNAKAN CFD**

**Ahmad Septiawan Saputra
NRP 0411164000005**

**Dosen Pembimbing
Dr. Ir. I Ketut Suastika**

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



FINAL PROJECT - MN 184802

**ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF V SHAPED AND
STRAIGHT SHAPED HULL VANE FOR THE SHIP
RESISTANCE OF "ORELA" CREW BOAT USING CFD**

**Ahmad Septiawan Saputra
NRP 0411164000005**

**Supervisor
Dr. Ir. I Ketut Suastika**

**DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2020**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA PENGARUH *HULL VANE* BERBENTUK V DAN BERBENTUK LURUS TERHADAP HAMBATAN KAPAL *CREW BOAT* “ORELA” MENGGUNAKAN CFD

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

AHMAD SEPTIAWAN SAPUTRA
NRP 0411164000005

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. I Ketut Suastika
NIP 19691231 200604 1 178

Mengetahui,
Kepala Departemen Teknik Perkapalan

Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.
NIP 19640210 198903 1 001



SURABAYA, 4 AGUSTUS 2020

LEMBAR REVISI

ANALISA PENGARUH *HULL VANE* BERBENTUK V DAN BERBENTUK LURUS TERHADAP HAMBATAN KAPAL *CREW BOAT* “ORELA” MENGGUNAKAN CFD

TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir
Tanggal

Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

AHMAD SEPTIAWAN SAPUTRA
NRP 04111640000005

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

1. Prof. Ir. I. K. A. Pria Utama, M.Sc., Ph.D.
2. Aries Sulisetyono, S.T., M.A.Sc., Ph.D.
3. Dony Setyawan, S.T., M.Eng.



Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

1. Dr. Ir. I Ketut Suastika

SURABAYA, 4 AGUSTUS 2020

HALAMAN PERUNTUKAN

Dipersembahkan kepada kedua orang tua atas segala dukungan dan doanya

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas karunianya Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

Pada kesempatan ini Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu penyelesaian Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Dr. Ir. I Ketut Suastika selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan dan motivasinya selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
2. Prof. Ir. I. K. A. Pria Utama, M.Sc., Ph.D., Aries Sulisetyono, S.T., M.A.Sc., Ph.D., dan Dony Setyawan, S.T. M.Eng. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan sarannya untuk perbaikan Laporan Tugas Akhir ini;
3. Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D. selaku Kepala Departemen Teknik Perkapalan ITS;
4. Pak Soegeng Riyadi selaku Direktur dari Orela Shipyard yang telah membantu dalam memberikan informasi.
5. Dan semua pihak yang telah membantu menyelesaikan Tugas Akhir ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Surabaya, 4 Agustus 2020

Ahmad Septiawan Saputra

ANALISA PENGARUH *HULL VANE* BERBENTUK V DAN BERBENTUK LURUS TERHADAP HAMBATAN KAPAL *CREW BOAT* “ORELA” MENGGUNAKAN CFD

Nama Mahasiswa : Ahmad Septiawan Saputra
NRP : 04111640000005
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. I Ketut Suastika

ABSTRAK

Crew boat “Orela” merupakan *crew boat* yang dimiliki oleh PT. Orela Shipyard yang berada di Gresik, Indonesia. Untuk mengoptimalkan efisiensi penggunaan bahan bakar, direncanakan akan dipasang sebuah *foil* di belakang transom kapal yang disebut *hull vane*. *Hull vane* adalah suatu *lifting surface* yang dapat menghasilkan gaya angkat pada posisi dimana *hull vane* tersebut dipasang. Terdapat 2 jenis *hull vane* yang akan dipasang, yakni *hull vane* dengan *span* berbentuk lurus, dan berbentuk V sesuai dengan bentuk buritan kapal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh penggunaan *hull vane* pada hambatan total yang dihasilkan oleh kapal.

Untuk mengetahui hambatan kapal yang dihasilkan, digunakan metode perhitungan numerikal CFD (*Computational Fluid Dynamics*) dengan pembuatan 3D model kapal menggunakan data *Lines plan* kapal dan disesuaikan dengan data hidrostatisnya. Untuk memvalidasi hasil simulasi digunakan perhitungan empirik hambatan kapal dengan metode Savitsky untuk kapal *planning*.

Dari hasil simulasi didapatkan bahwa penggunaan *hull vane* V efektif mengurangi hambatan pada $Fr < 0.6$ dengan pengurangan hambatan mencapai 30.7% pada $Fr = 0.34$. Penggunaan *hull vane* V juga mengurangi hambatan lebih besar dibanding penggunaan *hull vane* lurus pada setiap variasi simulasi. Penggunaan *hull vane*, untuk kedua bentuk menambah hambatan kapal pada $Fr > 0.6$, hal ini dikarenakan penggunaan *hull vane* pada kecepatan tinggi membuat kapal trim haluan yang menjadikan bagian haluannya lebih tercelup. Selain itu, gelombang yang dihasilkan cukup tinggi sehingga menyebabkan *wave resistance* yang lebih besar dibanding kapal tanpa *hull vane*.

Kata kunci: Hambatan, *Hull vane*, metode Savitsky, CFD (*Computational Fluid Dynamics*)

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF V SHAPED AND STRAIGHT SHAPED HULL VANE FOR THE SHIP RESISTANCE OF "ORELA" CREW BOAT USING CFD

Author : Ahmad Septiawan Saputra
Student Number : 0411164000005
Department / Faculty : Naval Architecture / Marine Technology
Supervisor : Dr. Ir. I Ketut Suastika

ABSTRACT

The "Orela" crew boat is a crew boat owned by PT. Orela Shipyard in Gresik, Indonesia. To optimize the efficiency of the use of fuel, the ship is planned to be installed a foil behind the transom of the ship called the hull vane. Hull vane is a lifting surface that can produce lift in the position where the hull vane is installed. There are 2 types of hull vane that will be installed on this ship, namely hull vane with a straight-shaped span, and V-shaped span in accordance with the stern shape of the ship. This study aims to determine how the influence of the use of hull vane on the total resistance produced by the ship.

To determine the ship resistance produced, the CFD (Computational Fluid Dynamics) numerical calculation method is used, and 3D modeling of the ship using data from the Lines plan of the ship and adjusted to the hydrostatic data. To validate the simulation results, an empirical calculation of ship resistance using the Savitsky method is used for planning ship.

From the simulation results it was found that the use of V-shaped hull vane effectively reduced the resistance at $Fr < 0.6$ with the reduction in resistance reaching 30.7% at $Fr = 0.34$. The use of V-shaped hull vane also reduces resistance greater than the use of straight-shaped hull vane in each variation of the simulation. The use of hull vane, both shape increase the resistance of the ship at $Fr > 0.6$, this is because the use of hull vane at high speed makes the ship bow-down trim which makes the bow more immersed. Moreover, the resulting waves are high enough to cause greater wave resistance compared to ships without hull vane.

Keywords: Resistance, Hull vane, Savitsky method, CFD (Computational Fluid Dynamics)

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	v
LEMBAR REVISI.....	vii
HALAMAN PERUNTUKAN.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
ABSTRAK.....	xiii
ABSTRACT.....	xv
DAFTAR ISI.....	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xxi
DAFTAR TABEL.....	xxv
DAFTAR SIMBOL.....	xxvii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Manfaat.....	3
1.6. Hipotesis.....	3
BAB 2 STUDI LITERATUR.....	5
2.1. Dasar Teori.....	5
2.1.1. Gaya dorong.....	5
2.1.2. Koreksi <i>trim</i>	6
2.1.3. Mengurangi gelombang.....	6
2.2. Tinjauan Pustaka.....	7
2.2.1. <i>Crew Boat</i>	7
2.2.2. Hambatan Pada Kapal.....	8
2.2.3. <i>Lift</i> dan <i>Drag</i>	12
2.2.4. <i>NACA Airfoil Series</i>	14
2.2.5. <i>Computational Fluid Dynamics (CFD)</i>	16
BAB 3 METODOLOGI.....	19
3.1. Diagram Alir.....	19
3.2. Tahap Pengerjaan.....	20
3.2.1 Studi Literatur.....	20
3.2.2 Pengumpulan Data Kapal <i>Crew Boat</i> “Orela”.....	20
3.2.3 Pembuatan 3D Model Kapal <i>Crew Boat</i> “Orela” dan <i>Foil</i> Belakang.....	20
3.2.4 Konversi Model untuk CFD.....	20
3.2.5 Simulasi CFD Tiap Model dengan Variasi Kecepatan.....	20
3.2.6 Analisa Data Numerik.....	21
3.2.7 Kesimpulan dan Saran.....	21
BAB 4 PEMBUATAN 3D MODEL, <i>MESHING</i> , DAN SIMULASI <i>HULL VANE</i>	23
4.1. Pendahuluan Pembuatan 3D Model <i>Hull Vane</i> dan Kapal.....	23
4.2. Data <i>Foil</i> untuk pembuatan model <i>hull vane</i>	23
4.2.1. Data <i>foil</i> yang digunakan untuk <i>hull vane</i> berbentuk lurus dan V.....	23
4.2.2. Data <i>foil</i> yang digunakan untuk <i>struts hull vane</i>	24

4.3.	Pembuatan 3D Model <i>Hull Vane</i>	24
4.4.	Pembuatan <i>Meshing</i> dari 3D Model <i>Hull Vane</i>	25
4.4.1.	Pembuatan Domain untuk Kondisi Batas Simulai <i>Hull Vane</i>	26
4.4.2.	Pengaturan <i>Meshing</i> pada <i>Software</i> Simulasi CFD	26
4.5.	Simulasi 3D Model <i>Hull Vane</i>	29
4.6.	Validasi Hasil Simulasi <i>Hull Vane</i>	30
BAB 5	PEMBUATAN 3D MODEL, <i>MESHING</i> , SERTA SIMULASI KAPAL DENGAN & TANPA <i>HULL VANE</i>	35
5.1.	Pembuatan 3D Model Kapal dan Kapal dengan <i>Hull Vane</i>	35
5.2.	Pembuatan <i>Meshing</i> dari 3D Model Kapal.....	38
5.2.1.	<i>Import</i> 3D Model Kapal <i>Crew Boat "Orela"</i> ke NUMECA <i>Finemarine</i> beserta pembuatan <i>Domain</i> Kapal	38
5.2.2.	<i>Setup Meshing</i> 3D Model Kapal <i>Crew Boat "Orela"</i> di NUMECA <i>Finemarine</i>	40
5.3.	<i>Grid Independent</i> untuk Simulasi 3D Model Kapal dengan dan tanpa <i>Hull Vane</i>	45
5.4.	<i>Setup Solver</i> untuk Simulasi 3D Model Kapal	46
5.5.	Validasi Hasil Simulasi 3D Model Kapal <i>Crew Boat "Orela"</i>	49
5.5.1.	Perhitungan <i>Resistance</i> Kapal dengan Rumus Empirik	49
5.5.2.	Perhitungan <i>Resistance</i> Kapal dengan <i>Maxsurf Resistance</i>	52
5.5.3.	Validasi Hasil Simulasi 3D Model Kapal ke Data Perbandingan Lainnya	54
BAB 6	HASIL DAN PEMBAHASAN	57
6.1.	<i>Resistance</i> Kapal Hasil Simulasi CFD untuk Setiap Variasi Penggunaan <i>Hull Vane</i>	57
6.2.	Perbandingan <i>Resistance</i> Kapal pada Kecepatan 11 Knot untuk Setiap Variasi Penggunaan <i>Hull Vane</i>	58
6.3.	Perbandingan <i>Resistance</i> Kapal pada Kecepatan 17 Knot untuk Setiap Variasi Penggunaan <i>Hull Vane</i>	63
6.4.	Perbandingan <i>Resistance</i> Kapal pada Kecepatan 20 Knot untuk Setiap Variasi Penggunaan <i>Hull Vane</i>	67
6.5.	Perbandingan <i>Resistance</i> Kapal pada Kecepatan 26 Knot untuk Setiap Variasi Penggunaan <i>Hull Vane</i>	71
BAB 7	Kesimpulan dan saran	75
7.1.	Kesimpulan	75
7.2.	Saran	75
DAFTAR PUSTAKA	77
LAMPIRAN		
	LAMPIRAN A "PERHITUNGAN <i>RESISTANCE</i> KAPAL TANPA <i>HULL VANE</i> DENGAN RUMUS EMPIRIK SAVITSKY SECARA MANUAL"	
	LAMPIRAN B "GRAFIK <i>MONITORING</i> HAMBATAN DAN GERAKAN KAPAL"	
	LAMPIRAN C "VISUALISASI BENTUK GELOMBANG DAN BENTUK ALIRAN"	
	BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 <i>Crew Boat “Orela” Shipyard Body Hard Chine</i>	1
Gambar 1. 2 <i>Resistance</i> Kapal <i>Crew Boat “Orela”</i> pada Setiap Variasi Posisi <i>Hull Vane</i>	2
Gambar 2. 1 Skema komponen Gaya pada <i>Foil</i> Belakang	5
Gambar 2. 2 Perbedaan <i>Wave Pattern</i> pada Kapal Dengan dan Tanpa Menggunakan <i>Foil</i> Belakang.....	7
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penyusunan Tugas Akhir	19
Gambar 4. 1 <i>Profile section</i> NACA 0010	24
Gambar 4. 2 <i>Hull Vane</i> Berbentuk Lurus dan Berbentuk V	25
Gambar 4. 3 Sudut Kemiringan <i>Hull Vane</i> Berbentuk V Berdasarkan Bentuk Buritan Kapal	25
Gambar 4. 4 Kondisi Batas Simulasi <i>Hull Vane</i>	26
Gambar 4. 5 <i>Setting Mesh</i> pada Aplikasi Simulasi CFD	27
Gambar 4. 6 Hasil <i>Meshing</i> 3D Model <i>Hull Vane</i>	29
Gambar 4. 7 <i>Setting Solver</i> Simulasi CFD.....	30
Gambar 4. 8 Perbedaan Nilai sudut untuk C_L yang sama pada <i>Foil</i> ber-Aspek Ratio Berbeda	31
Gambar 4. 9 Nilai C_L pada Reynolds Number yang berbeda.....	31
Gambar 4. 10 Grafik Validasi Hasil Simulasi	33
Gambar 4. 11 <i>Drag Force</i> dan <i>Lift Force</i> <i>Foil</i> NACA 64(1)212 pada Kecepatan 20 Knot....	33
Gambar 5. 1 <i>Lines Plan</i> Kapal <i>Crew Boat “Orela”</i>	35
Gambar 5. 2 3D Model Kapal <i>Crew Boat “Orela”</i>	36
Gambar 5. 3 3D Model Kapal <i>Crew Boat “Orela”</i> dengan <i>Hull Vane</i> berbentuk V	37
Gambar 5. 4 <i>Setting C-Wizard</i> dan <i>Import</i> 3D Model Kapal.....	39
Gambar 5. 5 Ukuran Domain untuk Simulasi	40
Gambar 5. 6 Tahap-tahap <i>Meshing</i> pada <i>software</i> HEXPRESS	40
Gambar 5. 7 <i>Setting</i> yang Digunakan pada <i>Initial Mesh</i>	41
Gambar 5. 8 <i>Setting</i> yang Digunakan pada <i>Adapt to Geometry</i>	42
Gambar 5. 9 <i>Setting</i> yang Digunakan pada <i>Snap to Geometry</i>	42
Gambar 5. 10 <i>Setting</i> yang Digunakan pada <i>Optimize</i>	43
Gambar 5. 11 <i>Setting</i> yang Digunakan pada <i>Viscous Layers</i>	44
Gambar 5. 12 Hasil <i>Mesh</i> 3D Model Kapal tanpa <i>Hull Vane</i>	44
Gambar 5. 13 Hasil <i>Mesh</i> 3D Model Kapal dengan <i>Hull Vane</i> Berbentuk V.....	45
Gambar 5. 14 <i>Grid Independent</i> Simulasi 3D Model Kapal <i>Crew Boat “Orela”</i>	46
Gambar 5. 15 <i>Fluid Properties</i> yang Digunakan untuk Simulasi	46
Gambar 5. 16 <i>Setup Solver</i> pada <i>Body Motion</i>	47
Gambar 5. 17 <i>Setup Solver</i> Untuk <i>Initial Solution Parameters</i>	48
Gambar 5. 18 <i>Setup</i> pada <i>Computational Control</i>	49
Gambar 5. 19 <i>Nomogram for Equilibrium</i>	51
Gambar 5. 20 Penyesuaian Sarat, LWL, dan LPP Kapal.....	52
Gambar 5. 21 Grafik Perbandingan Hasil <i>Resistance</i> Simulasi Kapal tanpa <i>Hull Vane</i>	55
Gambar 6. 1 Grafik <i>Resistance</i> Kapal <i>Crew Boat “Orela”</i>	57
Gambar 6. 2 Posisi Koordinat Absolut pada Simulasi yang Dilakukan	58
Gambar 6. 3 WSA Kapal Hasil Simulasi CFD pada Kecepatan 11 Knot.....	59
Gambar 6. 4 Visualisasi Gelombang di Buritan Kapal pada Kecepatan 11 Knot.....	60

Gambar 6. 5 <i>Hydrodynamics Pressure</i> di Lambung Kapal pada Kecepatan 11 Knot.....	61
Gambar 6. 6 <i>Hydrodynamics Pressure</i> Kapal dengan <i>Hull Vane</i> Lurus dan V (11 Knot)	61
Gambar 6. 7 Vektor Gaya Kapal dengan <i>Hull Vane</i> Lurus dan V (11 Knot)	62
Gambar 6. 8 Vektor Kecepatan Aliran <i>Hull Vane</i> Lurus dan V (11 Knot).....	62
Gambar 6. 9 WSA Kapal Hasil Simulasi CFD pada Kecepatan 17 Knot.....	63
Gambar 6. 10 Visualisasi Gelombang di Buritan Kapal pada Kecepatan 17 Knot	64
Gambar 6. 11 <i>Hydrodynamics Pressure</i> di Lambung Kapal pada Kecepatan 17 Knot.....	65
Gambar 6. 12 <i>Hydrodynamics Pressure</i> di Haluan Kapal pada Kecepatan 17 Knot	65
Gambar 6. 13 Vektor Gaya Kapal dengan <i>Hull Vane</i> Lurus dan V (17 Knot)	66
Gambar 6. 14 Vektor Kecepatan Aliran <i>Hull Vane</i> Lurus dan V (17 Knot).....	66
Gambar 6. 15 WSA Kapal Hasil Simulasi CFD pada Kecepatan 20 Knot.....	67
Gambar 6. 16 Visualisasi Gelombang di Buritan Kapal pada Kecepatan 20 Knot	68
Gambar 6. 17 <i>Hydrodynamics Pressure</i> di Lambung Kapal pada Kecepatan 20 Knot.....	69
Gambar 6. 18 <i>Hydrodynamics Pressure</i> di Haluan Kapal pada Kecepatan 20 Knot	69
Gambar 6. 19 Vektor Gaya Kapal dengan <i>Hull Vane</i> Lurus dan V (20 Knot)	70
Gambar 6. 20 Vektor Kecepatan Aliran <i>Hull Vane</i> Lurus dan V (20 Knot).....	70
Gambar 6. 21 WSA Kapal Hasil Simulasi CFD pada Kecepatan 26 Knot.....	71
Gambar 6. 22 Visualisasi Gelombang di Buritan Kapal pada Kecepatan 26 Knot	72
Gambar 6. 23 <i>Hydrodynamics Pressure</i> di Lambung Kapal pada Kecepatan 26 Knot.....	73
Gambar 6. 24 <i>Hydrodynamics Pressure</i> di Haluan Kapal pada Kecepatan 26 Knot	73
Gambar 6. 25 Vektor Gaya Kapal dengan <i>Hull Vane</i> Lurus dan V (26 Knot)	74
Gambar 6. 26 Vektor Kecepatan Aliran <i>Hull Vane</i> Lurus dan V (26 Knot).....	74

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 <i>Coordinat & Station</i> NACA 0010.....	24
Tabel 4. 2 Nilai <i>WSA Hull Vane</i> berbentuk Lurus dan V	25
Tabel 4. 3 Hasil Penelitian <i>Foil</i> oleh Firdhaus (2019).....	32
Tabel 4. 4 Data <i>Foil</i> Hasil Simulasi dengan Kecepatan 20 Knot	32
Tabel 5. 1 Data Hidrostatik Kapal <i>Crew Boat "Orela"</i>	36
Tabel 5. 2 Perbandingan Data Hidrostatik 3D Model Kapal dengan Kapal Sebenarnya	37
Tabel 5. 3 <i>Grid Independent</i> Simulasi 3D Model Kapal <i>Crew Boat "Orela"</i>	46
Tabel 5. 4 Pemeriksaan Ukuran Utama Kapal <i>Crew Boat "Orela"</i>	50
Tabel 5. 5 Hasil <i>Resistance</i> Kapal <i>Crew Boat "Orela"</i> Berdasarkan Metode Savitsky	52
Tabel 5. 6 Hasil <i>Resistance</i> Kapal <i>Crew Boat "Orela"</i> Menggunakan <i>Maxsurf Resistance</i>	53
Tabel 5. 7 Hasil Eksperimen oleh Riyadi dan Suastika (2019)	54
Tabel 5. 8 Hasil <i>Resistance</i> Kapal <i>Crew Boat "Orela"</i> dengan Menggunakan Simulasi CFD	54
Tabel 5. 9 Selisih Hasil <i>Resistance</i> CFD dengan Metode Lain dan Eksperimen.....	54
Tabel 6. 1 Nilai <i>Resistance</i> Kapal pada Setiap Variasi Kecepatan	57
Tabel 6. 2 Nilai Sudut <i>Pitch</i> Kapal untuk Setiap Variasi Penggunaan <i>Hull Vane</i> (11 Knot) ..	61
Tabel 6. 3 Nilai Sudut <i>Pitch</i> Kapal untuk Setiap Variasi Penggunaan <i>Hull Vane</i> (17 Knot) ..	64
Tabel 6. 4 Nilai Sudut <i>Pitch</i> Kapal untuk Setiap Variasi Penggunaan <i>Hull Vane</i> (20 Knot) ..	68
Tabel 6. 5 Nilai Sudut <i>Pitch</i> Kapal untuk Setiap Variasi Penggunaan <i>Hull Vane</i> (26 Knot) ..	72

DAFTAR SIMBOL

C_L	= Koefisien <i>Lift</i>
C_D	= Koefisien <i>Drag</i>
C_f	= Koefisien Hambatan Gesek
C_T	= Koefisien Hambatan Total
C_v	= Koefisien Hambatan <i>Viscous</i>
C_w	= Koefisien Hambatan Gelombang
C_v	= Koefisien Kecepatan
C	= Koefisien Hambatan Gelombang
ρ	= Massa Jenis Fluida (kg/m^3)
u	= Kecepatan (m/s)
A	= Luas Permukaan (m^2)
S	= Luas Permukaan Basah (m^2)
Re	= <i>Reynold Number</i>
Fr	= <i>Froude Number</i>
L	= Karakteristik Panjang Objek (m)
μ	= Viskositas Dinamis Fluida (kg/ms)
P	= Tekanan Fluida (Pa)
F	= Gaya yang Bekerja pada Objek (N)
F_{lift}	= <i>Lift Force Foil</i> (N)
F_{drag}	= <i>Drag Force Foil</i> (N)
R	= Hambatan (N)
R_f	= Hambatan Gesek (N)
R_T	= Hambatan Total Kapal (N)
Δy_1	= <i>First Layer Thickness</i> (m)
y^+	= Jarak antara <i>First Layer Thickness</i> dengan Objek
U_τ	= <i>Frictional Velocity</i>
τ_w	= <i>Skin Frictional Coefficient</i>
g	= Percepatan Gravitasi (m/s^2)
b	= <i>Max Beam</i> (m)
Δ	= <i>Displacement</i> Berat Kapal (kg)
β	= Sudut <i>Deadrise</i> pada Posisi Midship Kapal (derajat)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Indonesia merupakan Negara yang terdiri dari banyak pulau dan pemisah antar pulau-pulau tersebut tentu saja laut. Untuk menjaga keberlangsungan hubungan dan perekonomian antar pulau, maka kapal merupakan moda transportasi yang sangat penting untuk menunjang hal tersebut. Tidak hanya sebagai penghubung antar pulau, kapal juga menjadi transportasi penghubung untuk suatu perusahaan yang bergerak di bidang maritim ke suatu bangunan lepas pantai milik perusahaan tersebut. Kapal yang dimaksud dalam hal ini adalah kapal “*crew boat*” yang berguna sebagai angkutan pekerja ke bangunan lepas pantai.

Crew Boat sendiri adalah kapal kecil yang digunakan untuk mengangkut pekerja dan juga bahan logistik seperti bahan bakar dan air minum untuk ke atau dari bangunan lepas pantai seperti *oil platforms* dan *drill rig*. Tidak hanya ke bangunan lepas pantai, kapal *crew boat* juga dapat mengangkut bahan logistik dan kru ke kapal selam di tengah laut yang sedang tidak beroperasi (Karanassos, 2016).

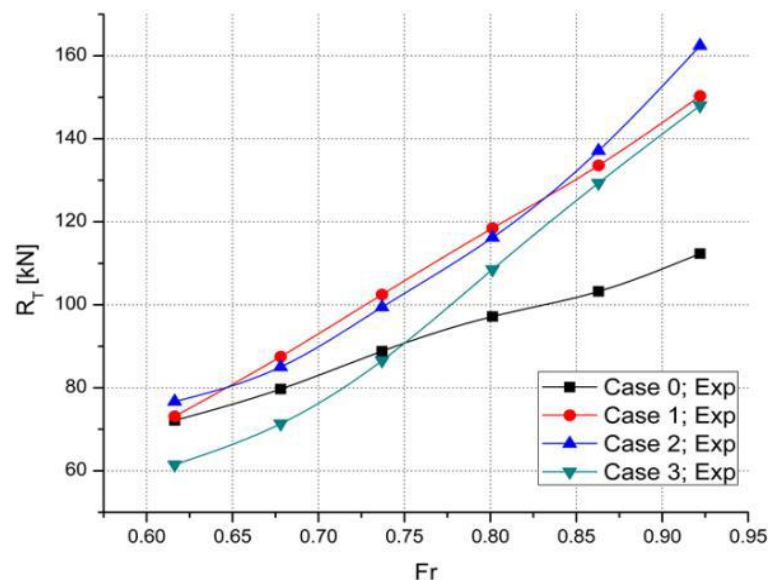


Gambar 1. 1 *Crew Boat “Orela” Shipyard Body Hard Chine*
(Sumber: Riyadi, S., 2019)

Crew boat “Orela” merupakan *crew boat* yang dimiliki oleh PT. Orela Shipyard yang berada di Gresik, Indonesia. Untuk mengoptimalkan efisiensi penggunaan bahan bakar, pada

kapal ini direncanakan akan dipasang sebuah *foil* di belakang transom kapal yang disebut *hull vane*. *Hull vane* adalah suatu *lifting surface*, atau permukaan yang dapat menghasilkan gaya angkat pada posisi dimana *hull vane* tersebut dipasang. Pada saat kapal beroperasi biasanya akan terjadi trim pada buritan kapal, sehingga dipasangnya *hull vane* di belakang transom kapal akan mengangkat buritan kapal dan memberikan koreksi trim pada kapal (Uithof et al., 2002). Sehingga kapal menjadi lebih *even keel* dan meningkatkan kenyamanan penumpang.

Pada kapal *crew boat* “Orela” ini, sebelumnya sudah dilakukan penelitian mengenai pemasangan *hull vane* pada transom kapal yang dilakukan oleh Riyadi dan Suastika (2020), dan didapatkan jarak secara memanjang yang optimal untuk *hull vane* tersebut adalah pada jarak 2 *chord length* di belakang *transom* kapal pada kedalaman 0.75T dimana T adalah sarat kapal sesuai dengan yang ditunjukkan oleh case 3 pada grafik pada gambar 1.2.



Gambar 1. 2 *Resistance* Kapal *Crew Boat* “Orela” pada Setiap Variasi Posisi *Hull Vane*
(Sumber: Riyadi, S dan Suatika, K., 2020)

Akan tetapi, perancangan *hull vane* yang dilakukan hanya meninjau satu bentuk *hull vane* saja. Sementara bentuk *hull vane* lain bisa saja menjadi lebih optimal dalam mengurangi hambatan kapal. Untuk itu, perlu dilakukan analisa untuk bentuk *hull vane* yang lain.

Tujuan dari penggunaan *hull vane* berbentuk V ini diharapkan akan memberikan *lift* yang lebih optimal terhadap kapal, sehingga akan mengurangi hambatan kapal dan kapal menjadi lebih *even keel*. Dengan berkurangnya hambatan kapal maka penggunaan bahan bakar pun akan menjadi lebih sedikit dalam mencapai kecepatan yang sama dan biaya pengoperasian kapal pun dapat lebih ditekan.

1.2. Perumusan Masalah

Dari latar belakang yang sudah dijelaskan sebelumnya, perumusan masalah yang didapatkan yaitu, dalam penggunaan *hull vane* berbentuk V pada kapal *crew boat* “Orela” adalah bagaimana pengaruh *hull vane* berbentuk V dan berbentuk lurus terhadap hambatan kapal?

1.3. Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah mengetahui pengaruh *hull vane* berbentuk V dan berbentuk lurus terhadap hambatan kapal.

1.4. Batasan Masalah

Karena keterbatasan waktu dan sumber daya maka penelitian ini dibatasi sebagai berikut:

1. Kapal yang dijadikan objek adalah kapal yang telah dibangun di “Orela” *Shipyards*
2. Jenis profil *hull vane* yang digunakan adalah NACA 64(1)212. Sementara untuk jenis profil *strut*-nya adalah NACA 0010.
3. Analisa dilakukan pada *hull vane* dengan posisi pada 2 *chord length* di belakang transom
4. Analisa dilakukan pada kecepatan 11 knot ($Fr = 0.34$), 17 knot ($Fr = 0.53$), 20 knot ($Fr = 0.62$), dan 26 knot ($Fr = 0.8$) untuk setiap variasi bentuk

1.5. Manfaat

Adapun manfaat dari analisis ini antara lain:

1. Untuk menjadi referensi bagi instansi terkait dalam penggunaan bentuk maupun posisi *hull vane* yang optimal dalam pengurangan hambatan kapal
2. Untuk meningkatkan pengetahuan dalam penelitian selanjutnya di bidang penggunaan *hull vane* pada kapal

1.6. Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah bahwa penggunaan *hull vane* berbentuk V untuk kapal *crew boat* “Orela” dapat lebih optimal dalam mengurangi hambatan dibanding bentuk lurus karena lebih sesuai dengan bentuk/pola aliran air di belakang kapal.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 2

STUDI LITERATUR

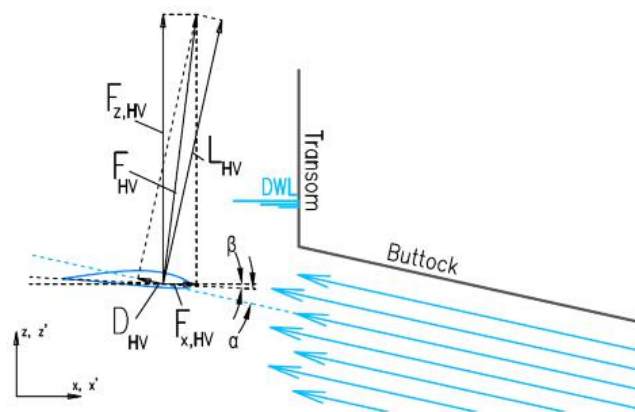
2.1. Dasar Teori

Foil belakang atau dipatenkan dengan nama *Hull Vane* oleh Uithof et al. (2002) yang terpasang di belakang *transom* kapal dapat berfungsi sebagai berikut:

2.1.1. Gaya dorong

Memberi gaya angkat dinamis sehingga lambung kapal dapat terangkat. Pemakaian optimal dari *foil* belakang adalah ketika kecepatan bertambah dan lambung kapal mulai terangkat sehingga memperkecil luas hambatan yang terjadi akibat gaya gesek antara lambung kapal yang tercelup dengan air, *foil* belakang memberikan efek meningkatkan gaya angkat pada kapal ketika kecepatan ditambahkan. Setelah lambung kapal terangkat dari air sampai batas maksimum, gaya angkat yang diperlukan konstan (Uithof et al., 2002).

Foil belakang dapat memperoleh energi dari aliran air dekat buritan kapal. Gaya angkat itu dihasilkan oleh foil belakang memiliki komponen yang mengarah kedepan. Ketika hambatan *foil* belakang sendiri kurang dari gaya dorong kedepan ini, maka hasil resultannya adalah gaya dorong tambahan pada kapal.



Gambar 2. 1 Skema komponen Gaya pada *Foil* Belakang
(Sumber: Uithof et al., 2002)

Foil membuat gaya *lift vector* L_{HV} dengan mendefinisikan sebagai sejajar dengan aliran air, dan vector gaya *drag* D_{HV} pada arah dari aliran, Penjumlahan dari *vector* F_{HV} dapat dikomposisikan sebagai x-komponen dan z-komponen:

$$L_{HV} + D_{HV} = F_{HV} = F_{x,HV} + F_{z,HV} \dots\dots\dots (2.1)$$

Apabila pada komponen-x pada vector *lift* adalah lebih besar dari komponen x dari vector drag, maka jumlah gaya pada arah x memberikan gaya dorong. Gaya angkat dan gaya *drag* dapat diestimasi menggunakan persamaan berikut. Pada formula tersebut C_L dan C_D tidak hanya bergantung pada bentuk dari *foil* tetapi juga bentuk permukaan bebas.

$$L_{HV} = C_L \frac{1}{2} \rho u^2 A \dots\dots\dots (2.2)$$

$$D_{HV} = C_D \frac{1}{2} \rho u^2 A \dots\dots\dots (2.3)$$

Jika θ didefinisikan sebagai sudut kemiringan, maka gaya dorong dihasilkan oleh *foil* dapat diuraikan dengan persamaan berikut

$$F_{x,HV} = \sin(\alpha + \beta + \theta) L_{HV} - \cos(\alpha + \beta + \theta) D_{HV} \dots\dots\dots (2.4)$$

2.1.2. Koreksi trim

Pada kapal yang bergerak dengan kecepatan relatif cepat memberikan keuntungan dengan koreksi *trim* pada kecepatan yang lebih tinggi. Gaya angkat yang dihasilkan oleh *foil* belakang dapat mengurangi *trim* dan menjaga kapal tetap *even keel* pada kecepatan yang lebih tinggi (Uithof et al., 2002). Demikian juga hal yang sama pada arah x, persamaan arah z diestimasi dengan persamaan berikut:

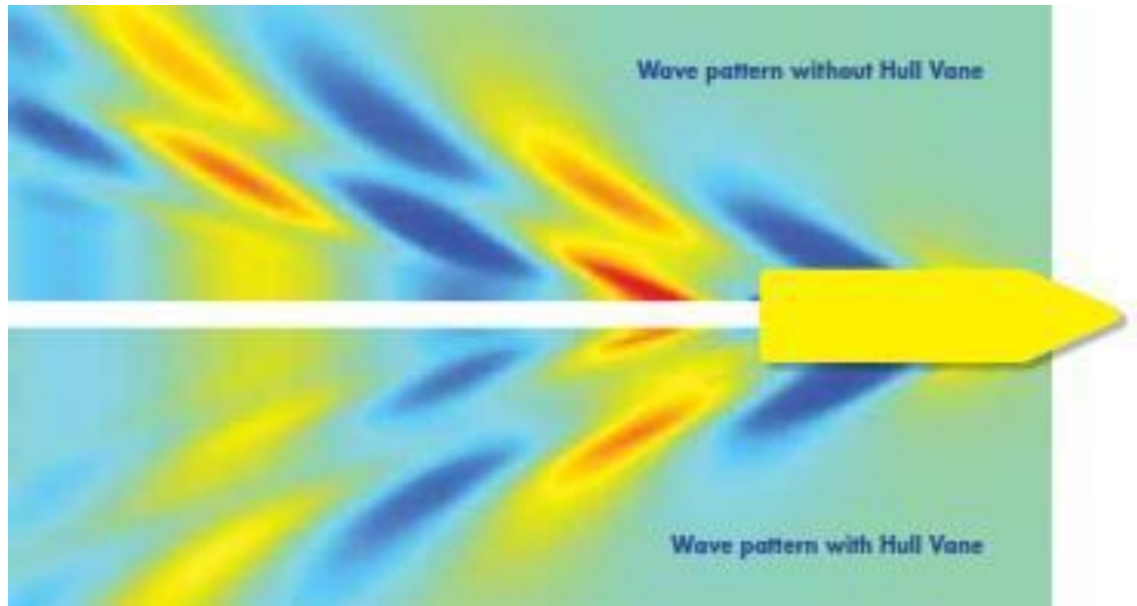
$$F_{z,HV} = \sin(\alpha + \beta + \theta) L_{HV} - \cos(\alpha + \beta + \theta) D_{HV} \dots\dots\dots (2.5)$$

Sehingga efek dari *foil* buritan pada trim ketika bergerak dapat diformulasikan dengan persamaan berikut:

$$\delta\theta = \frac{\text{trimming moment}}{\text{righting moment per degree of trim}} \approx \frac{F_z \text{ arm}}{GM_L \Delta g \sin(1^\circ)} \dots\dots\dots (2.6)$$

2.1.3. Mengurangi gelombang

Dengan menambahnya kecepatan kapal dengan pemasangan *foil* belakang, gelombang buritan kapal dapat berkurang, seperti *bulbous bow* mengurangi gelombang haluan (Uithof et al., 2002). Pola gelombang yang dihasilkan oleh kapal tersebut energi yang dihabiskan oleh sistem propulsi. Dengan berkurangnya gelombang buritan, maka hambatan total kapal berkurang dan karena itu mengurangi konsumsi bahan bakar kapal.



Gambar 2. 2 Perbedaan *Wave Pattern* pada Kapal Dengan dan Tanpa Menggunakan *Foil* Belakang
(Sumber: Uithof et al. 2002)

2.2. Tinjauan Pustaka

Adapun tinjauan pustaka yang mengacu pada dasar teori sesuai dengan literatur yang telah ditinjau meliputi.

2.2.1. *Crew Boat*

Crew Boat merupakan kapal beroperasi berfungsi sebagai alat transportasi kru atau penumpang khusus yang digunakan sebagai memindahkan dari pelabuhan (*on shore*) menuju suatu tempat di tengah laut (*offshore*) secara teratur ataupun secara insidental. Penumpang dari kapal ini dikategorikan sebagai spesial personil atau penumpang khusus yang sudah mendapatkan *training* berkaitan keselamatan di laut. Sehingga secara umum bentuk kapal *crew boat* dan kapal penumpang mempunyai bentuk yang berbeda dan perhitungan konstruksi dan stabilitas juga berbeda (Karanassos, 2016).

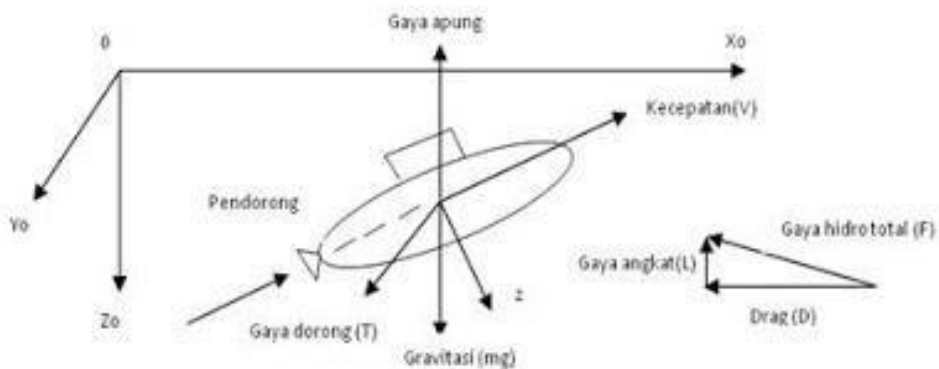
Besarnya dan kapasitas *crew boat* bergantung tempat dan daerah operasinya, terdapat jenis *crew boat* yang beroperasi di sungai (*inland waterway*), perairan pantai, dan perairan laut (*ocean going*). Secara umum *crew boat* mempunyai kecepatan yang cukup tinggi sehingga tipe kapal yang umum adalah semi-planing dengan bahan bangunan dari aluminium marine. Dan salah satu ciri khas dari *crew boat* adalah mempunyai tempat untuk transfer dari *offshore rig* ke kapal pada *deck* yang terbuka, sehingga ketika dalam kondisi bergelombang tidak berpengaruh.



Gambar 2. 3 Contoh-contoh Kapal Crew Boat
(Sumber: Wintermar.com)

2.2.2. Hambatan Pada Kapal

Hambatan (*resistance*) kapal pada suatu kecepatan adalah gaya fluida yang bekerja pada kapal sedemikian rupa sehingga melawan gerakan kapal tersebut. Hambatan tersebut sama dengan gaya fluida yang bekerja sejajar dengan sumbu gerakan kapal. Sedangkan suatu hambatan kapal ini adalah sama dengan suatu gaya dan karena dihasilkan oleh air, maka ini disebut gaya hidrodinamika. Gaya hidrodinamika ini semata-mata disebabkan oleh gerakan relatif kapal terhadap air.



Gambar 2. 4 Gaya yang bekerja pada kapal
(Sumber: Putra A. B., 2019)

Gaya-gaya pada gambar diatas timbul karena adanya:

1. Kecepatan kapal (v), relatif terhadap air dan udara atau yang dilintasi oleh kapal tersebut.
2. Gaya gravitasi bumi yang bekerja baik pada kapal maupun pada air yang dibebani oleh kapal itu.
3. Aksi yang dilakukan oleh pendorong kapal. (*propeller*).

Pada dasarnya hambatan kapal dibagi menjadi dua, yaitu hambatan yang berada diatas permukaan air dan hambatan yang berasal dari bawah permukaan air. Hambatan yang di atas permukaan air, disini pengaruh adanya udara yang menimbulkan hambatan. Komponen hambatan yang bekerja pada kapal dalam gerakan mengapung di air adalah:

➤ Hambatan Gesek (*Friction Resistance*)

Hambatan gesek (*friction resistance*) timbul akibat kapal bergerak melalui fluida yang memiliki viskositas seperti air laut, fluida yang berhubungan langsung dengan permukaan badan kapal yang tercelup sewaktu bergerak akan menimbulkan gesekan sepanjang permukaan tersebut, inilah yang disebut sebagai hambatan gesek. Hambatan gesek terjadi akibat adanya gesekan permukaan badan kapal dengan media yang dilewatinya. Semua fluida mempunyai viskositas, dan viskositas inilah yang menimbulkan gesekan tersebut. Penting tidaknya gesekan ini dalam situasi fisik tergantung pada jenis fluida dan konfigurasi fisik atau pola alirannya (*flow pattern*).

Viskositas adalah ukuran hambatan fluida terhadap gesekan apabila fluida tersebut bergerak. Jadi, hambatan viskos (RV) adalah komponen hambatan yang terkait dengan energi yang dikeluarkan akibat pengaruh viskos. Hambatan viskos merupakan hambatan yang terjadi karena adanya efek viskositas fluida. Hambatan ini sering dipresentasikan sebagai koefisien CV, memiliki 2 komponen utama yaitu hambatan gesek (*friction resistance*) dan hambatan bentuk atau yang sering dikenal seagai hambatan tekanan (*pressure resistance*).

Rumus yang digunakan untuk mencari hambatan gesek pada kapal adalah:

$$R_F = C_F \left(\frac{1}{2} \rho u^2 \right) S \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana:

C_F = Koefisien hambatan gesek

ρ = Massa jenis fluida (kg/m^3)

u = Kecepatan (m/s)

S = Luas permukaan basah (m^2)

C_F dapat dihitung menggunakan rumus berdasarkan “*International Towing Tank Conference (ITTC) 1957*” yaitu:

$$C_F = \frac{0.075}{(\log_{10} R_e - 2)^2} \dots\dots\dots (2.8)$$

dimana nilai Re (*Reynold Number*) dapat dicari dengan rumus:

$$Re = \frac{\rho u L}{\mu} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana:

Re = Reynold Number

L = Karakteristik panjang objek (m)

u = Kecepatan kapal (m/s)

ρ = massa jenis fluida (kg/m^3)

μ = Viskositas dinamis fluida (kg/ms)

➤ Hambatan Sisa (*Residual Resistance*)

Hambatan sisa didefinisikan sebagai kuantitas yang merupakan hasil pengurangan dari hambatan kapal dengan hambatan gesek dari permukaan kapal. Hambatan sisa terdiri dari:

1. Hambatan Gelombang (*Wave Resistance*)

Hambatan gelombang adalah hambatan yang diakibatkan oleh adanya gerakan kapal pada air sehingga dapat menimbulkan gelombang baik pada saat air tersebut dalam keadaan tenang maupun pada saat air tersebut sedang bergelombang. Hambatan gelombang dialami kapal akibat adanya energi yang hilang karena digunakan dalam pembentukan gelombang. Gelombang ini terbentuk akibat interaksi antar badan/lambung kapal yang memindahkan air seiring dengan pergerakan kapal. Koefisien hambatan gelombang dapat dicari dengan rumus yang sama dengan koefisien hambatan total dan *viscous*, yaitu:

$$C = \frac{R}{0.5 \rho S u^2} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana:

C = koefisien hambatan gelombang (CW untuk hambatan gelombang, CV untuk hambatan *viscous* dan CT untuk hambatan total)

R = Hambatan dalam satuan newton (RW untuk hambatan gelombang dan RT untuk hambatan total)

ρ = massa jenis air laut (1025 kg/m^3)

S = Luas permukaan basah model (m^2)

u = Kecepatan kapal (m/s)

Koefisien hambatan total didefinisikan sebagai:

$$C_T = C_V + C_W \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana:

C_T = Koefisien hambatan total

C_V = Koefisien hambatan *viscous*

C_W = Koefisien hambatan gelombang

2. Hambatan Udara

Hambatan udara diartikan sebagai hambatan yang dialami oleh bagian badan kapal utama yang berada di atas air dan bangunan atas (*superstructure*) karena gerakan kapal di udara. Hambatan ini tergantung pada kecepatan kapal dan luas serta bentuk bangunan atas tersebut. Jika angin bertiup maka hambatan tersebut juga akan tergantung pada kecepatan kapal dan luas serta bentuk bangunan atas tersebut. Jika angin bertiup maka hambatan tersebut juga akan tergantung pada kecepatan angin dan arah relatif angin terhadap kapal.

3. Hambatan Bentuk (*Form Resistance*)

Hambatan ini erat kaitannya dengan bentuk badan kapal, dimana bentuk lambung kapal yang tercelup dibawah air menimbulkan suatu hambatan karena adanya pengaruh dari bentuk kapal tersebut.

4. Hambatan Tambahan (*Added Resistance*)

Hambatan ini mencakup hambatan untuk korelasi model kapal. Hal ini akibat adanya pengaruh kekasaran permukaan kapal, mengingat bahwa permukaan kapal tidak akan pernah semulus permukaan model. Hambatan tambahan juga termasuk hambatan udara, anggota badan kapal dan kemudi.

Komponen hambatan kapal terdiri dari:

1. Hambatan anggota badan (*Appendages Resistance*), adalah hambatan dari bos poros, penyangga poros, lunas bilga, daun kemudi, dan sebagainya.
2. Hambatan kekasaran, adalah terjadi akibat kekasaran dari korosi air, pengotoran pada bahan kapal, dan tumbuhan laut.
3. Hambatan kemudi (*Steering Resistance*), terjadi akibat pemakaian kemudi.

Variabel kecepatan didapatkan dari nilai *Froude Number* (Fr) dengan menggunakan rumus:

$$Fr = \frac{u}{\sqrt{gL}} \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana:

Fr = *Froude Number*

u = Kecepatan kapal (m/s)

g = percepatan gravitasi (9.81 m/s²)

L = Panjang kapal (m)

2.2.3. *Lift dan Drag*

Benda yang terbenam dalam aliran fluida akan mengalami gaya-gaya akibat interaksi fluida dengan benda, gaya yang ditimbulkan akibat interaksi fluida dan benda berupa gaya normal yang disebabkan tekanan dan gaya geser yang disebabkan pengaruh viskositas fluida. Pada aliran horizontal jika dilihat dari sisi dua dimensi, gaya yang tegak lurus dengan arah aliran disebut gaya angkat (*lift force*) sedangkan gaya yang searah dengan aliran disebut dengan *drag*.

Dalam konsep aerodinamik, gaya angkat (*lift force*) didefinisikan sebagai gaya dengan arah normal ke atas pada suatu benda yang ditimbulkan oleh pengaruh tekanan fluida sehingga gaya normal kebawah akibat tekanan fluida disebut dengan *negatif lift force*. Sedangkan gaya *drag* adalah gaya yang mengakibatkan pergerakan atau pergeseran benda yang ditimbulkan oleh aliran fluida. Vektor gaya *drag* searah dengan arah aliran fluida. Gaya pada sayap (*foil*) dihasilkan oleh fenomena aliran fluida pada luasan permukaan sayap. Pada sayap kecepatan aliran fluida pada permukaan cembung (bagian atas) lebih cepat dari pada kecepatan aliran permukaan yang datar (bagian bawah) (Levin dan Hart, 2010). Berdasarkan hukum Bernoulli hal tersebut akan mengakibatkan tekanan permukaan bagian bawah lebih besar dan permukaan bagian atas lebih kecil sehingga mengakibatkan gaya angkat keatas (*lift force*).

$$P + \frac{1}{2}\rho u^2 + \rho gh = C \dots\dots\dots (2.13)$$

Karena *foil* yang digunakan tipis, maka h dapat diabaikan sehingga didapatkan:

$$P + \frac{1}{2}\rho u^2 = C \dots\dots\dots (2.14)$$

$$P_{Lift} + \frac{1}{2}\rho u^2 = C \dots\dots\dots (2.15)$$

$$P_{Drag} + \frac{1}{2}\rho u^2 = C \dots\dots\dots (2.16)$$

Dimana:

P = tekanan fluida (Pa)

ρ = massa jenis fluida (kg/m³)

u = kecepatan aliran fluida (m/s)

Dari persamaan Bernoulli diatas jumlah energi adalah konstan, pada aliran disekitar sayap (*foil*) kecepatan aliran fluida pada permukaan bagian atas (cembung) lebih besar sedangkan kecepatan aliran fluida pada permukaan bagian bawah (datar) lebih kecil, sebaliknya tekanan pada bagian atas akan mengecil dan bagian bawah akan membesar.

Hukum Newton II menyatakan bahwa perubahan momentum yang terjadi pada partikel fluida adalah sama dengan jumlah gaya-gaya pada partikel tersebut. Sehingga gaya yang terjadi akibat tekanan fluida sama dengan perubahan momentum aliran fluida.

$$P = \frac{1}{2}\rho u^2 \dots\dots\dots (2.17)$$

$$\frac{F}{S} = \frac{1}{2}\rho u^2 \dots\dots\dots (2.18)$$

$$F = \frac{1}{2}\rho \cdot S \cdot u^2 \dots\dots\dots (2.19)$$

Gaya aerodinamik yang bekerja pada sayap mempunyai persamaan umum sebagai berikut:

$$F = C_F \frac{1}{2}\rho \cdot S \cdot u^2 \dots\dots\dots (2.20)$$

Dimana:

F = gaya yang bekerja pada *foil* (N)

C_F = koefisien gaya

ρ = massa jenis fluida (kg/m³)

u = kecepatan (m/s)

S = plan area (m²)

Untuk analisa gaya angkat (*lift force*) dan *drag* yang bekerja pada sayap (*foil*) dapat dinyatakan dalam besaran berupa koefisien seperti berikut:

$$C_L = \frac{F_{lift}}{\frac{1}{2}\rho S u^2} \dots\dots\dots (2.21)$$

$$C_D = \frac{F_{drag}}{\frac{1}{2}\rho Su^2} \dots\dots\dots (2.22)$$

Dimana:

C_L = koefisien lift foil

C_D = koefisien drag foil

F_{lift} = lift force foil (N)

F_{drag} = drag force foil (N)

2.2.4. NACA Airfoil Series

NACA *airfoil* adalah bentuk foil yang dikembangkan oleh *National Advisory Committee for Aeronautics* (NACA). Bentuk dari NACA *airfoil* dijelaskan dengan nomor seri yang diawali dengan “NACA”. Nomor seri tersebut dapat digunakan untuk menghitung luas *cross-section*-nya dan memprediksi karakteristik *foil* tersebut (Allen, 2017).

Seri NACA *airfoil* generasi awal seperti 4-digit, 5-digit, dan modifikasi 4/5-digit, dibuat dengan menggunakan perhitungan analitis yang menjelaskan *camber* dari *mean-line airfoil* tersebut termasuk distribusi ketebalan sepanjang *airfoil*.

Jenis *foil* yang digunakan pada penelitian ini adalah NACA 6-Series. NACA 6-Series dikembangkan dengan bentuk yang lebih rumit dan menggunakan metode yang lebih teoritis, tidak seperti generasi-generasi sebelumnya yang dikembangkan dengan metode geometris.

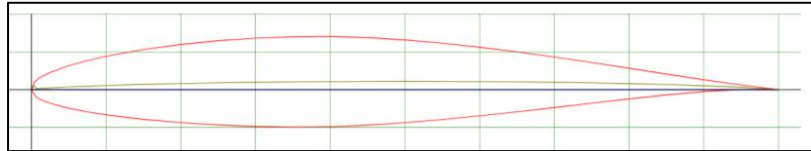
NACA 6-Series dikembangkan menggunakan metode teoritis yang lebih baik, dengan menentukan distribusi tekanan yang diinginkan pada *foil*, kemudian menentukan bentuk geometri *foil* yang sesuai. Tujuannya adalah untuk memaksimalkan daerah pada *foil* dimana aliran fluidanya laminar, sehingga hambatannya lebih kecil jika dibandingkan seri NACA sebelumnya.

Pada penelitian ini, digunakan jenis *foil* NACA 64₁-212, penjelasan dari nomor serinya adalah sebagai berikut:

1. Angka “6” menjelaskan seri *foil* NACA.
2. Angka “4” adalah, pada jarak 0.4 area tekanan minimum dalam sepersepuluh *chord*.
3. Angka “1” menjelaskan bahwa, pada jarak 0.4 hambatan rendah pada 0.1 di atas atau di bawah koefisien *lift* 0.2, yang dijelaskan pada angka “2” setelahnya.

4. Dua angka terakhir yaitu “12” menjelaskan bahwa, ketebalan maksimal pada jarak 0.4 adalah 12% dari *chord*.

Pada penelitian ini *hull vane* yang digunakan tipe NACA 64(1)212 dengan panjang *chord* 1 m dan *length span* 6.8 m seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.4 di bawah ini.



Gambar 2.4 *Profile section* NACA 64(1)212

Untuk tabel *offset foil* tipe NACA 64(1)212 ditunjukkan pada Tabel 2.1 berikut dengan angka yang tertera pada tabel merupakan persentase dari panjang *chord*.

Tabel 2. 1 *Coordinat & Station* NACA 64(1)212

Upper Surface		Lower Surface	
Station X-direction	Coordinate Y-direction	Station X-direction	Coordinate Y-direction
0,000	0,0000	0,000	0,0000
0,004	0,0103	0,006	-0,0093
0,007	0,0125	0,008	-0,0111
0,011	0,0159	0,014	-0,0138
0,024	0,0222	0,026	-0,0185
0,049	0,0312	0,051	-0,0249
0,074	0,0382	0,076	-0,0297
0,099	0,0439	0,101	-0,0335
0,149	0,0529	0,151	-0,0395
0,199	0,0597	0,201	-0,0438
0,249	0,0647	0,251	-0,0468
0,299	0,0682	0,301	-0,0487
0,349	0,0701	0,351	-0,0495
0,400	0,0705	0,400	-0,0491
0,450	0,0689	0,450	-0,0470
0,500	0,0658	0,500	-0,0438
0,550	0,0615	0,550	-0,0396
0,600	0,0562	0,600	-0,0348
0,650	0,0500	0,650	-0,0294
0,700	0,0432	0,700	-0,0238
0,750	0,0359	0,750	-0,0180
0,800	0,0283	0,800	-0,0123
0,850	0,0205	0,850	-0,0071
0,900	0,0130	0,900	-0,0027
0,950	0,0060	0,950	0,0003
1,000	0,0000	1,000	0,0000

2.2.5. Computational Fluid Dynamics (CFD)

Tanpa diragukan lagi, CFD telah menjadi bagian penting dari riset berbagai bidang keilmuan berkat kemudahan dan manfaat yang ditawarkannya. Kundu (2008) menjelaskan bahwa CFD merupakan perangkat digital yang dapat menghasilkan prediksi kuantitatif dari fenomena aliran fluida. Hal ini dapat dihasilkan karena CFD tidak lepas dari hukum-hukum konservasi alam (hukum massa, momentum dan energi) sebagai dasar algoritmanya. CFD dapat menghasilkan prediksi-prediksi secara *numeric* dengan beberapa metode *numeric* umum, yaitu *finite element method*, *finite difference*, *finite volume* dan *spectral methods*.

CFD sudah banyak digunakan untuk melakukan banyak eksperimen dalam berbagai macam bidang seperti hidrodinamika, aeronautika dan sebagainya. Alexander et al. (1997) melakukan percobaan dengan menggunakan *wind tunnel* serta menggunakan CFD untuk mendesain ventilasi pada kapal. Walaupun terdapat perbedaan pada hasilnya, CFD tetap dapat menghasilkan hasil yang akurat dan konsisten pada temperatur dan tekanan yang diuji oleh Alexander et al. (1997). Wortley (2013) menyimpulkan pada analisis yang ia lakukan terhadap trim dan hambatan kapal bahwa CFD dapat menghasilkan hasil yang konsisten terhadap hambatan viskositas dengan perbedaan minimum sebesar 2% dengan model eksperimental.

Perhitungan CFD menggunakan metode *Reynolds-averaged Navier-Stokes* untuk menyelesaikan karakteristik kekentalan aliran. Persamaan massa dan momentum dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho u_i) = 0 \dots\dots\dots (2.23)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho u_i) + \frac{\partial}{\partial t} (\rho u_i u_j) = - \frac{\partial}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} - \frac{2}{3} \delta_{ij} \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial x_j} (-\rho u'_i u'_j) \quad (2.24)$$

Dimana $-\rho u'_i u'_j$ adalah *Reynold stresses*.

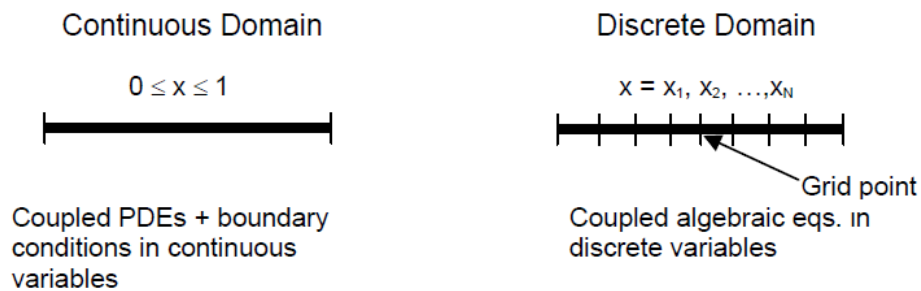
Model Turbulensi yang digunakan sekarang adalah SST $k - \omega$ model (Menter, 1994). Kombinasi dari $k - \omega$ model untuk aliran pada *inner boundary layer* dan $k - \varepsilon$ model untuk aliran pada daerah luar dari *boundary layer*. Persamaan dari SST $k - \omega$ model adalah sebagai berikut :

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho k u_i) = - \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\Gamma_k \frac{\partial k}{\partial x_i} \right) + G_k + Y_k \dots\dots\dots (2.25)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho\omega) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho k u_t) = - \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\Gamma_\omega \frac{\partial \omega}{\partial x_i} \right) + G_\omega - Y_\omega + D_\omega \dots\dots\dots(2.26)$$

Pada persamaan (21) & (22), merepresentasikan turunan dari energi kinetik turbulensi yang disebabkan oleh rata-rata gradien kecepatan, sementara G_ω merepresentasikan turunan dari ω . Y_k dan Y_ω merepresentasikan hilangnya k dan ω yang disebabkan oleh turbulensi. Γ_k dan Γ_ω mewakili *effective diffusivity* dari k dan ω , sedangkan D_ω mewakili *cross-diffusion term*.

Metode yang biasa digunakan untuk menyelesaikan persamaan dinamika fluida adalah metode diskrit. Metode ini mendefinisikan permasalahan fluida yang bada dasarnya bersifat kontinu dari *inlet* ke *outlet* menjadi model diskrit atau terpotong-potong. Tujuannya adalah untuk mempermudah perhitungan. Ilustrasi dapat dilihat pada. Semua parameter, gaya, kecepatan, tekanan dll dianalisa pada setiap potong elemen yang nantinya akan diintegalkan untuk memperoleh penyelesaian secara menyeluruh dan kontinu.



Gambar 2.6 Diskritasi model
(Sumber: Fluent, 2007)

Lebih lanjut, teori diskritasi ini dikembangkan menjadi metode yang lebih kompleks, yang sering digunakan dalam permasalahan fluida. Adapun metode tersebut meliputi *finite element method*, *finite volume method*, *finite difference method*, dan lain – lain.

Finite element method, Metode ini menggunakan fungsi bentuk sederhana (linear atau kuadrat) pada elemen yang menggambarkan variasi variabel aliran. Persamaan pengendali dapat dipenuhi dengan penyelesaian secara eksak. Jika perkiraan persamaan tersebut tidak terpenuhi maka akan terjadi sisa (residual) yang dapat diukur kesalahannya. Kemudian sisa tersebut diminimumkan dengan cara mengalikannya dengan fungsi berat dan pengintegralan. hasilnya adalah fungsi aljabar untuk koefisien yang tidak diketahui dari fungsi perkiraan.

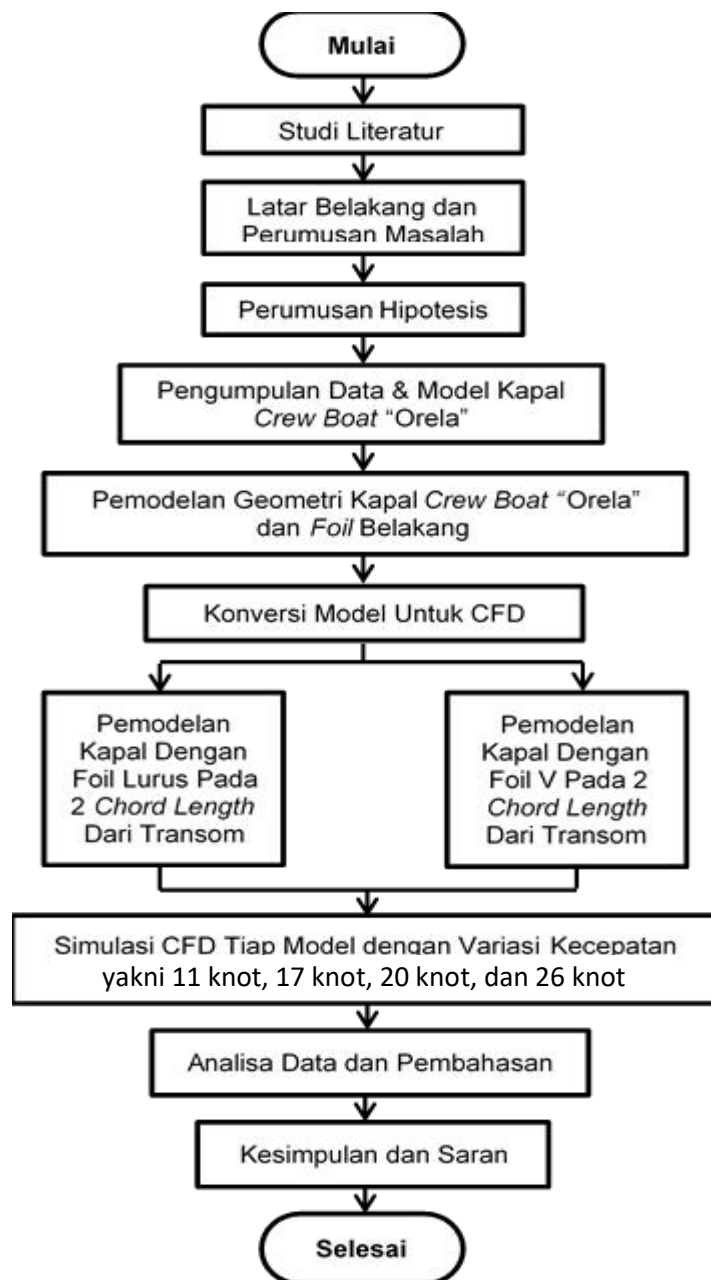
Finite Volume Method, metode ini dikembangkan dengan formulasi khusus metode volume hingga. Secara global, algoritma numerik yang dimiliki oleh metode volume hingga

adalah dengan melakukan pengintegralan persamaan pengendali aliran fluida terhadap seluruh kontrol volume dari domain penyelesaian. Kemudian dilanjutkan dengan pendiskritan yang meliputi substitusi berbagai pendekatan beda hingga dari suku-suku persamaan yang diintegrasikan tersebut. Sehingga menggambarkan proses aliran seperti konveksi, difusi dan *source*. Pada tahap ini setiap persamaan integral akan diubah menjadi persamaan aljabar. Setelah itu persamaan-persamaan aljabar akan diselesaikan dengan metode iterasi

BAB 3 METODOLOGI

3.1. Diagram Alir

Berikut adalah diagram alir pengerjaan Tugas Akhir yang ditunjukkan Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penyusunan Tugas Akhir

3.2. Tahap Pengerjaan

Secara garis besar Tugas Akhir ini dibagi menjadi beberapa tahapan sebagai berikut:

3.2.1 Studi Literatur

Pada tahap ini penulis mencari sumber informasi mengenai materi sebagai referensi untuk penelitian yang akan dilakukan. Informasi tersebut dapat diambil dari berbagai sumber seperti buku, jurnal ilmiah, pendapat ahli, ataupun dari penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya.

3.2.2 Pengumpulan Data Kapal *Crew Boat* “Orela”

Data untuk kapal *crew boat* “Orela” yang dibutuhkan untuk penelitian ini adalah *Lines plan* kapal sehingga dapat diketahui bentuk lambung kapal. Selain *Lines plan* data lain yang diperlukan adalah tipe *foil* untuk *hull vane* dan *strut*. Dan untuk *hull vane* menggunakan seri NACA 64(1)212, dan untuk *strut*-nya menggunakan seri NACA 0010. Data lain yang diperlukan adalah data mengenai penggunaan *hull vane* pada kapal *crew boat* “Orela” dari penelitian yang sudah ada sebelumnya. Data ini dapat digunakan sebagai referensi sekaligus data pembandingan untuk penelitian ini.

3.2.3 Pembuatan 3D Model Kapal *Crew Boat* “Orela” dan *Foil* Belakang

Pembuatan model 3D dari kapal *crew boat* “Orela” dapat dilakukan dengan menggunakan *software* Maxsurf Modeler. Model 3D dibuat berdasarkan *lines plan* kapal. Sementara untuk pembuatan model 3D dari *hull vane* dapat dilakukan dengan menggunakan *software* AutoCAD.

3.2.4 Konversi Model untuk CFD

Model 3D yang sebelumnya dibuat, harus dikonversi atau di-*import* terlebih dahulu ke dalam *software* FINE/Marine, untuk kemudian dilakukan analisa CFD.

3.2.5 Simulasi CFD Tiap Model dengan Variasi Kecepatan

Model yang sudah dikonversi selanjutnya dilakukan simulasi dengan analisa CFD untuk tiap model dengan setiap variasi kecepatan. Antara lain variasi tersebut adalah *hull vane* lurus dengan kecepatan 11 knot, 17 knot, 20 knot, dan 26 knot, serta *hull vane* berbentuk V dengan kecepatan 11 knot, 17 knot, 20 knot, dan 26 knot

3.2.6 Analisa Data Numerik

Pada tahap ini, hasil yang keluar setelah *running* CFD pada model dianalisa dan dibandingkan hasilnya untuk setiap model. Setelah itu, dibuat pembahasannya.

3.2.7 Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini, hasil penelitian, evaluasi, maupun masukan yang didapatkan selama penelitian, dirangkum dan disimpulkan untuk pengembangan atau penelitian selanjutnya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 4

PEMBUATAN 3D MODEL, *MESHING*, DAN SIMULASI *HULL VANE*

4.1. Pendahuluan Pembuatan 3D Model *Hull Vane* dan Kapal

Pembuatan 3D Model untuk simulasi numerik ini sesuai dengan penjelasan pada bab sebelumnya yakni untuk model yang dibuat adalah model kapal, *foil* untuk *hull vane*, *foil* untuk *struts hull vane*, serta model kapal dengan *hull vane*. Untuk pembuatan model *hull vane* sendiri terdapat 2 jenis yakni untuk *span* berbentuk lurus dan *span* berbentuk V sesuai dengan bentuk buritan kapal.

Untuk *hull vane* berbentuk lurus, panjang *span* yang digunakan adalah selebar kapal, namun untuk *hull vane* berbentuk V, panjang *span* disesuaikan agar nilai WSA dari *hull vane* berbentuk V sama besar dengan *hull vane* berbentuk lurus. Hal ini dilakukan agar *resistance* kedua *hull vane* tersebut dapat sama.

Validasi dilakukan pada *hull vane* berbentuk lurus, lalu *treatment* yang sama dilakukan pada *hull vane* berbentuk V agar hasil simulasi dari kedua *hull vane* tersebut dapat dibandingkan.

4.2. Data *Foil* untuk pembuatan model *hull vane*

Foil yang digunakan adalah terdapat 2 jenis, yakni *foil* yang berfungsi untuk mendapatkan gaya angkat pada bagian buritan kapal dan *foil* yang berfungsi untuk memegang *foil lift*. Sehingga karakter yang dibutuhkan berbeda. Foil untuk *struts* simetris agar tidak mempengaruhi aliran fluida.

4.2.1. Data *foil* yang digunakan untuk *hull vane* berbentuk lurus dan V

Tipe *foil* yang digunakan untuk simulasi ini adalah tipe NACA 64(1)212. Dipilihnya tipe *foil* ini menyesuaikan dengan penelitian yang dilakukan oleh Riyadi pada tahun 2019, dimana tipe *foil* yang paling optimal dalam mengurangi hambatan kapal adalah tipe NACA 64(1)212. Data tersebut adalah data koordinat dari *upper surface* dan *lower surface* yang merupakan persentase dari panjang *chord foil* yang digunakan. Data tersebut sesuai dengan tabel yang sudah ditunjukkan pada bab sebelumnya tepatnya pada Tabel 2.1.

4.2.2. Data foil yang digunakan untuk struts hull vane

Tipe foil yang digunakan sebagai struts hull vane dalam simulasi ini adalah tipe NACA 0010. Dan dipilihnya tipe foil ini juga sesuai dengan tipe foil yang digunakan sebagai struts pada penelitian Riyadi pada tahun 2019.

Berikut adalah data offset tabel untuk foil NACA 0010 dan gambar section. Gambar section ditampilkan agar dapat diketahui bentuk dari foil yang digunakan sebagai struts.

Tabel 4. 1 *Coordinat & Station NACA 0010*

Upper Surface		Lower Surface	
Station X-direction	Coordinate Y-direction	Station X-direction	Coordinate Y-direction
0,000	0,0000	0,000	0,0000
0,013	0,0158	0,013	-0,0158
0,025	0,0218	0,025	-0,0218
0,050	0,0296	0,050	-0,0296
0,075	0,0350	0,075	-0,0350
0,100	0,0390	0,100	-0,0390
0,150	0,0446	0,150	-0,0446
0,200	0,0478	0,200	-0,0478
0,250	0,0495	0,250	-0,0495
0,300	0,0500	0,300	-0,0500
0,400	0,0484	0,400	-0,0484
0,500	0,0441	0,500	-0,0441
0,600	0,0380	0,600	-0,0380
0,700	0,0305	0,700	-0,0305
0,800	0,0219	0,800	-0,0219
0,900	0,0121	0,900	-0,0121
0,950	0,0067	0,950	-0,0067
1,000	0,0011	1,000	-0,0011

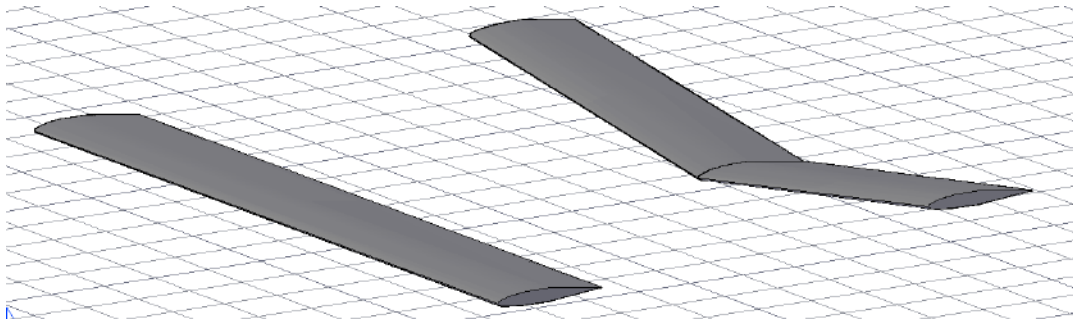


Gambar 4. 1 *Profile section NACA 0010*

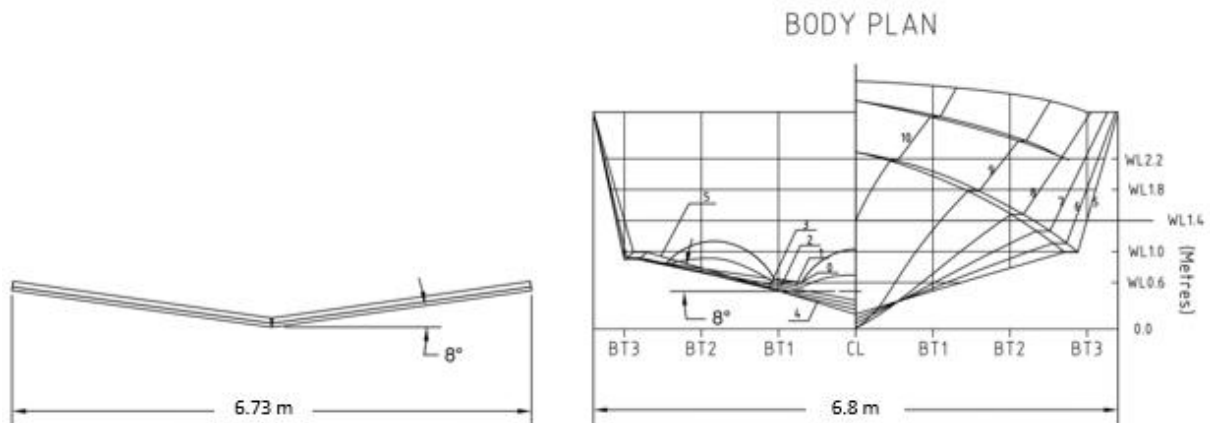
4.3. Pembuatan 3D Model Hull Vane

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, bahwa pembuatan model hull vane terdapat 2 bentuk yakni dengan span lurus dan span berbentuk V sesuai bentuk buritan

kapal. Untuk *hull vane* berbentuk lurus panjang *span* adalah selebar kapal yakni 6.8 m, sedangkan untuk *hull vane* berbentuk V panjang *span* menyesuaikan agar WSA nya sama dengan *hull vane* berbentuk lurus, dan didapatkan panjangnya adalah 6.73 m. Pembuatan 3D Model *Hull Vane* menggunakan bantuan *software* AutoCAD.



Gambar 4. 2 *Hull Vane* Berbentuk Lurus dan Berbentuk V



Gambar 4. 3 Sudut Kemiringan *Hull Vane* Berbentuk V Berdasarkan Bentuk Buritan Kapal

Dari panjang *span hull vane* berbentuk lurus dan berbentuk V, didapatkan nilai WSA kedua *hull vane* yang hampir sama dengan perbedaan WSA yang dihasilkan hanyalah sebesar 0.0358 % seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 4. 2 Nilai WSA *Hull Vane* berbentuk Lurus dan V

Bentuk	L span secara horizontal (m)	WSA (m ²)
Lurus	6.90	13.948
V	6.73	13.943

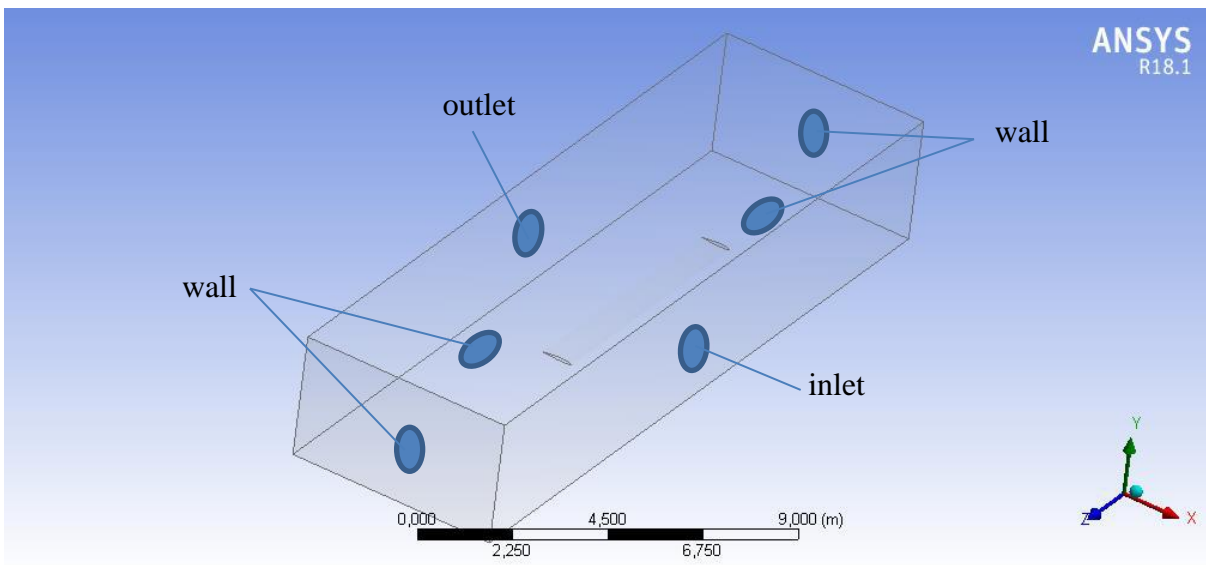
4.4. Pembuatan *Meshing* dari 3D Model *Hull Vane*

3D Model *hull vane* berbentuk V dan berbentuk lurus yang sudah dibuat selanjutnya diubah format nya dalam bentuk igs atau igg. Hal ini bertujuan agar 3D model tersebut dapat di-*import* pada aplikasi simulasi CFD. Lalu selanjutnya dibuat domain untuk 3D model *hull vane* tersebut dimana domain tersebut merupakan kondisi batas yang digunakan dalam

simulasi. Pembuatan *meshing* untuk 3D Model *Hull Vane* ini menggunakan *software* Ansys versi 18.1.

4.4.1. Pembuatan Domain untuk Kondisi Batas Simulasi *Hull Vane*

Kondisi batas untuk simulasi numerik *domain* sesuai dengan penelitian (Versteeg, H.K., Malalasekera, W., 2007) yakni pada *inlet boundary* jaraknya 1 *chord* dari *leading edge object foil* dan diberikan aliran yang *uniform* sesuai dengan kecepatan kapal. Pada outlet boundary jaraknya adalah 4 *chord* dari *leading edge* dan jarak antara bagian bottom dan top dengan jarak 2 *chord* termasuk di samping kanan dan kiri. Pembuatan domain ini dimulai dengan membuka *DesignModeler* Ansys pada *step* awal yakni *Geometry*. Pada *DesignModeler* ini dapat di-*import file* 3D Model yang sebelumnya sudah dibuat pada *software* AutoCAD dan disimpan dalam format *igg*. atau *igs*. Sehingga dapat dilakukan pembuatan domain pada 3D Model ini.



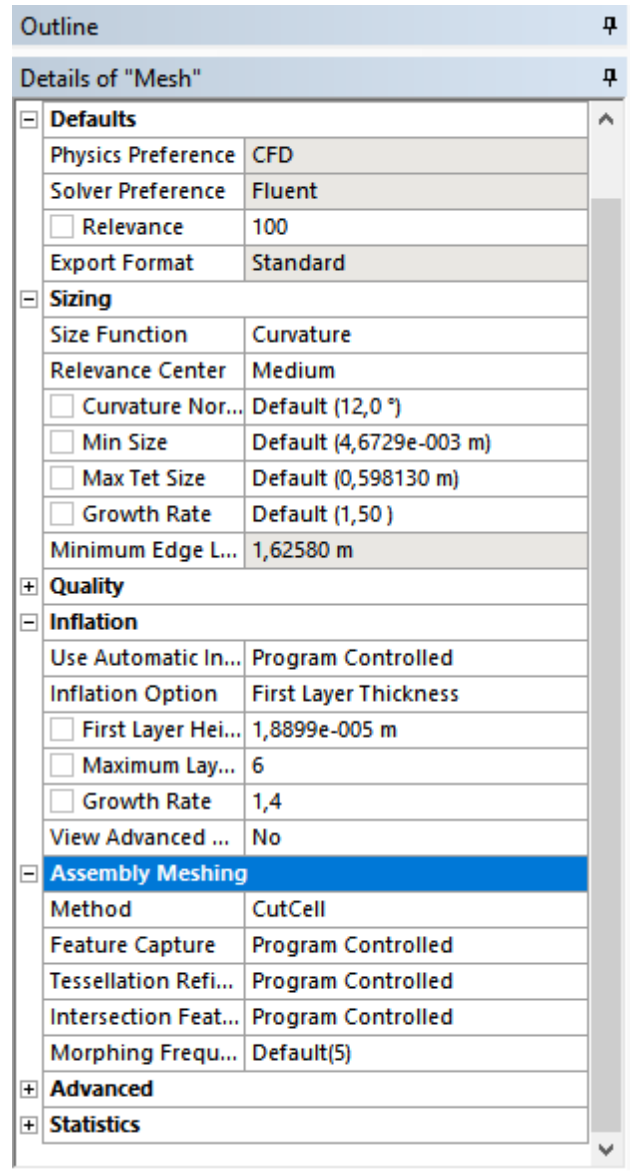
Gambar 4. 4 Kondisi Batas Simulasi *Hull Vane*

4.4.2. Pengaturan *Meshing* pada *Software* Simulasi CFD

Dilanjutkan pembuatan *mesh* pada program *Meshing* Ansys yang dapat dibuka pada langkah kedua yakni *mesh*. Dalam pengaturan *meshing*, *physics preference* yang digunakan adalah CFD dan untuk *solver preference* yang digunakan adalah Fluent lalu untuk *relevance center* digunakan adalah medium. Sedangkan untuk *method meshing* yang digunakan adalah *cutcell*, dimana hal ini bertujuan agar ketika dilakukan perhitungan untuk simulasi dapat dilakukan dengan lebih cepat jika dibandingkan dengan menggunakan metode *meshing* yang

lain. Pengaturan lain yang dilakukan adalah pada penambahan *inflation* yang juga berguna sebagai *boundary layer* sehingga hasil perhitungan simulasi yang dilakukan dapat lebih akurat.

Untuk pengaturan *meshing* lainnya dibiarkan secara *default*, sehingga program CFD sendiri yang akan menentukan sisanya. Hal ini bertujuan agar tidak terjadi error pada dimensi *cell*-nya apabila *setting* ukuran dimensi *cell* dilakukan secara manual.



Gambar 4. 5 *Setting Mesh* pada Aplikasi Simulasi CFD

Pada kolom *first layer height* pada pengaturan untuk penambahan *inflation* pada *meshing*, nilai dari *first layer thickness* tersebut perlu dilakukan perhitungan terlebih dahulu. Perhitungan untuk *first layer thickness* tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan rumus berikut.

$$\Delta y_1 = \frac{y^+ \mu}{\rho U_\tau} \dots\dots\dots (4.1)$$

Dimana:

$\Delta y_1 =$ *first layer thickness* (m)

y^+ = besar nilai y^+ yang diinginkan

μ = viskositas dinamis fluida (kg/ms)

ρ = Massa jenis fluida (kg/m³)

$U_\tau =$ *frictional velocity*

Untuk nilai U_τ dapat dihitung dengan rumus berikut.

$$U_\tau = \sqrt{\frac{\tau_w}{\rho}} \dots\dots\dots (4.2)$$

Dimana:

$\tau_w =$ *skin friction coefficient*

Dengan nilai dari τ_w dapat dihitung dengan rumus berikut.

$$\tau_w = \frac{1}{2} C_f \rho u^2 \dots\dots\dots (4.3)$$

Dimana:

$C_f =$ *empirical estimate*

u = kecepatan fluida (m/s)

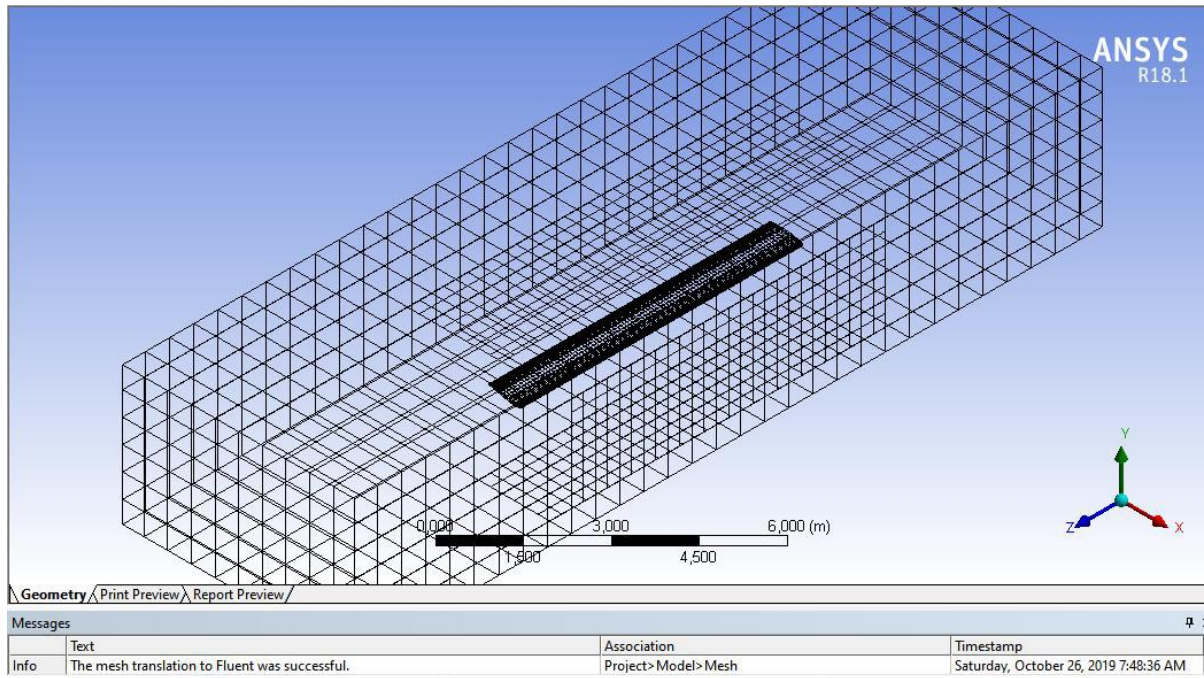
Nilai dari C_f tergantung pada jenis aliran yang terjadi pada objek, dimana terdapat 2 jenis aliran yakni *internal flow* dan *external flow*. Dalam simulasi CFD ini tipe aliran yang digunakan adalah *external flow* dikarenakan fluida mengalir di permukaan *foil*, bukan di dalam *foil*. Menurut LEAP CFD (2013), pendekatan nilai C_f dapat dicari dengan pendekatan rumus berikut.

$$C_f = 0.058 . Re^{-0.2} \dots\dots\dots (4.4)$$

Dimana:

$Re =$ *Reynolds Number*

Ketika seluruh *setting* untuk *meshing* selesai dilakukan, maka akan didapatkan hasil *meshing* seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut ini.



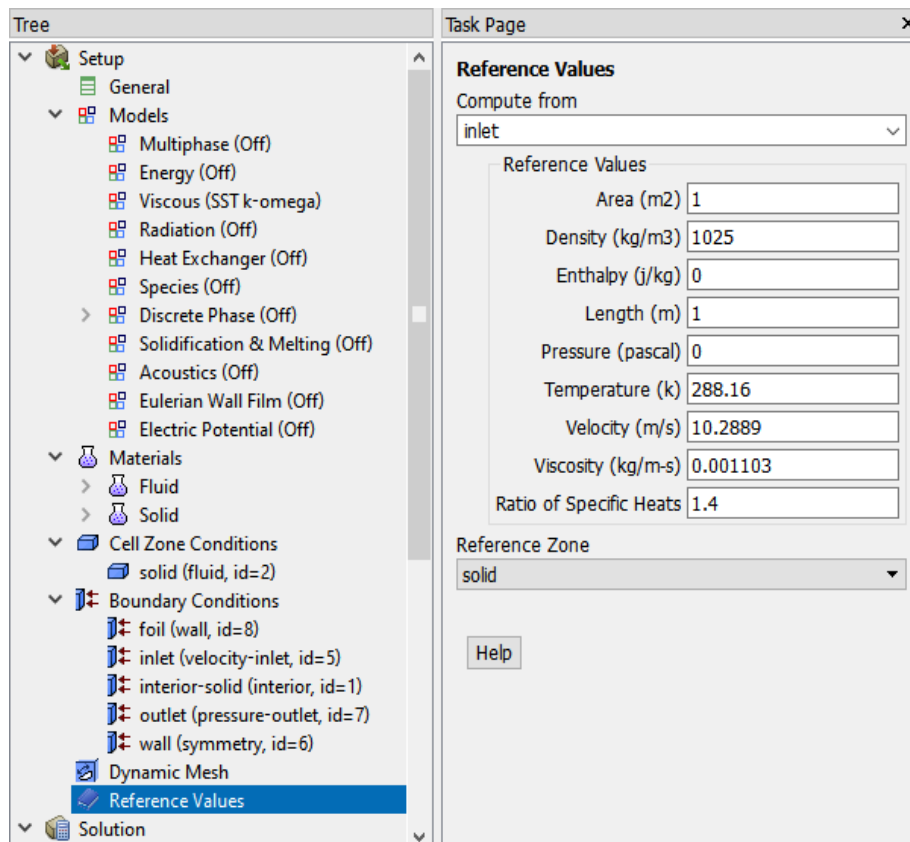
Gambar 4. 6 Hasil *Meshing* 3D Model *Hull Vane*

4.5. Simulasi 3D Model *Hull Vane*

Setelah proses *meshing* selesai dilakukan, selanjutnya dilakukan pengaturan pada *solver* untuk dapat dilakukan simulasi CFD terhadap *hull vane*. Pengaturan *solver* ini dilakukan di program *Fluent* Ansys tepatnya pada langkah ketiga yakni *Setup*. *Setting* yang digunakan pada *solver* adalah sebagai berikut:

1. Model aliran yang digunakan adalah SST (*shear stress transport*)
2. Material fluida yang digunakan adalah air laut dengan massa jenis 1025 kg/m^3 , sedangkan untuk *foil* nya sendiri menggunakan *solid* yang terbuat dari Aluminium
3. Untuk *boundary conditions* yang digunakan terdapat *inlet* yang menggunakan *velocity inlet* dan dimasukkan nilai kecepatan yang diinginkan, untuk *wall* menggunakan *symmetry* agar *wall* tersebut dianggap *far field* dan tidak mempengaruhi aliran fluida di sekitar *foil*, lalu untuk *outlet* menggunakan *pressure outlet*, sedangkan untuk *foil* nya sendiri menggunakan tipe *wall no slip* dengan *roughness* merupakan *default* dari aplikasi CFD.
4. *Reference value* yang dihitung dari *inlet* dengan *reference zone* nya dipilih *solid* yang merupakan *foil* itu sendiri
5. Untuk *report* yang di-plot pada proses perhitungan simulasi adalah *residual*, *lift force*, dan *drag force*

6. *Setting* untuk *residual* yang digunakan pada 10^{-5} sehingga hasil perhitungan simulasi dapat lebih akurat.

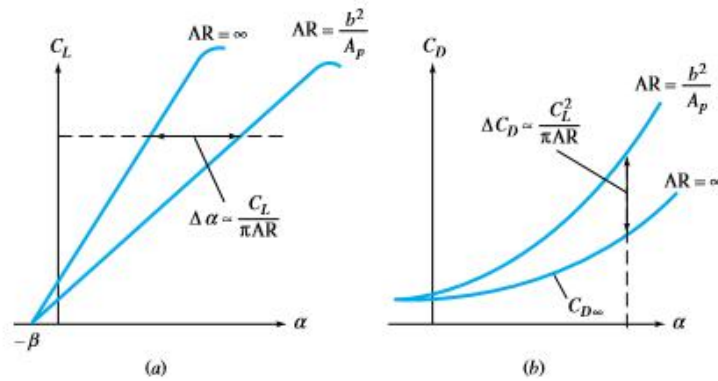


Gambar 4. 7 *Setting Solver* Simulasi CFD

Selanjutnya dilakukan proses *initialization* terhadap *setting solver* yang sudah diatur sehingga *setting* tersebut dapat diterapkan oleh program untuk digunakan pada proses simulasi. Setelah proses *initialization* selesai dilakukan selanjutnya dapat dilakukan proses *calculation* dengan jumlah iterasi yang digunakan sebanyak 600 iterasi. Selanjutnya hanya menunggu hingga proses simulasi selesai dilakukan dan didapatkan hasil dari *lift force* serta *drag force* dari *foil* untuk *hull vane* tersebut.

4.6. Validasi Hasil Simulasi *Hull Vane*

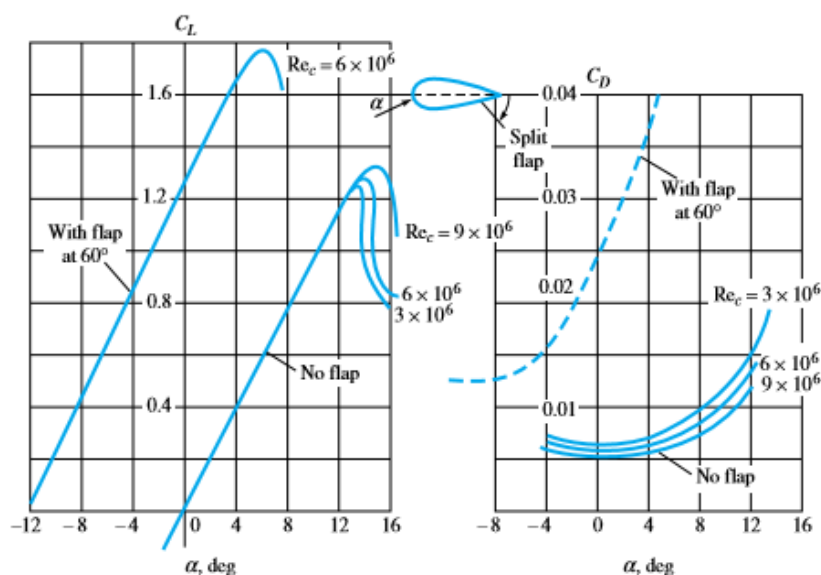
Setelah simulasi *foil* untuk *hull vane* selesai dilakukan dan didapatkan nilai dari *lift force* serta *drag force* nya. Hasil simulasi ini dapat dilihat pada langkah keempat yakni *Solution*, dan untuk *contour* dari hasil simulasi tersebut dapat dilihat pada program *CFD-Post* Ansys pada langkah kelima yakni *Result* dari urutan proses simulasi ini. Hasil simulasi tersebut perlu untuk dilakukan validasi terlebih dahulu agar dapat diketahui bahwa simulasi yang dilakukan sudah benar.



Gambar 4. 8 Perbedaan Nilai sudut untuk C_L yang sama pada *Foil* ber-Aspect Ratio Berbeda
 Sumber: *Fluids Mechanics* oleh Frank M. White.

Validasi yang dilakukan adalah dengan menghitung nilai perbedaan sudut serang pada nilai C_L yang sama antara *foil* dengan ratio antara *span per length* berhingga dengan *foil* yang beratio antara *span per length* tak berhingga berdasarkan rumus pada Gambar 4.8 sesuai dengan buku *Fluids Mechanics* oleh Frank M. White.

Untuk mencapai tujuan ini, sehingga pengujian pada *foil* dilakukan pada beberapa sudut serang agar nantinya dapat di-plot grafik nilai C_L terhadap perubahan sudut serangnya dan hasil tersebut dapat divalidasikan. Validasi juga dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi CFD dengan penelitian yang dilakukan oleh Firdhaus pada tahun 2019 dimana penelitian tersebut menggunakan tipe *foil* dan *ratio span per chord length* yang sama. Namun, penelitian yang dilakukan oleh Firdhaus dilakukan pada nilai *reynolds number* yang berbeda yakni pada 10^6 sedangkan simulasi *foil* yang dilakukan pada *reynolds number* 9.8×10^6 .



Gambar 4. 9 Nilai C_L pada Reynolds Number yang berbeda
 Sumber: *Fluids Mechanics* oleh Frank M. White.

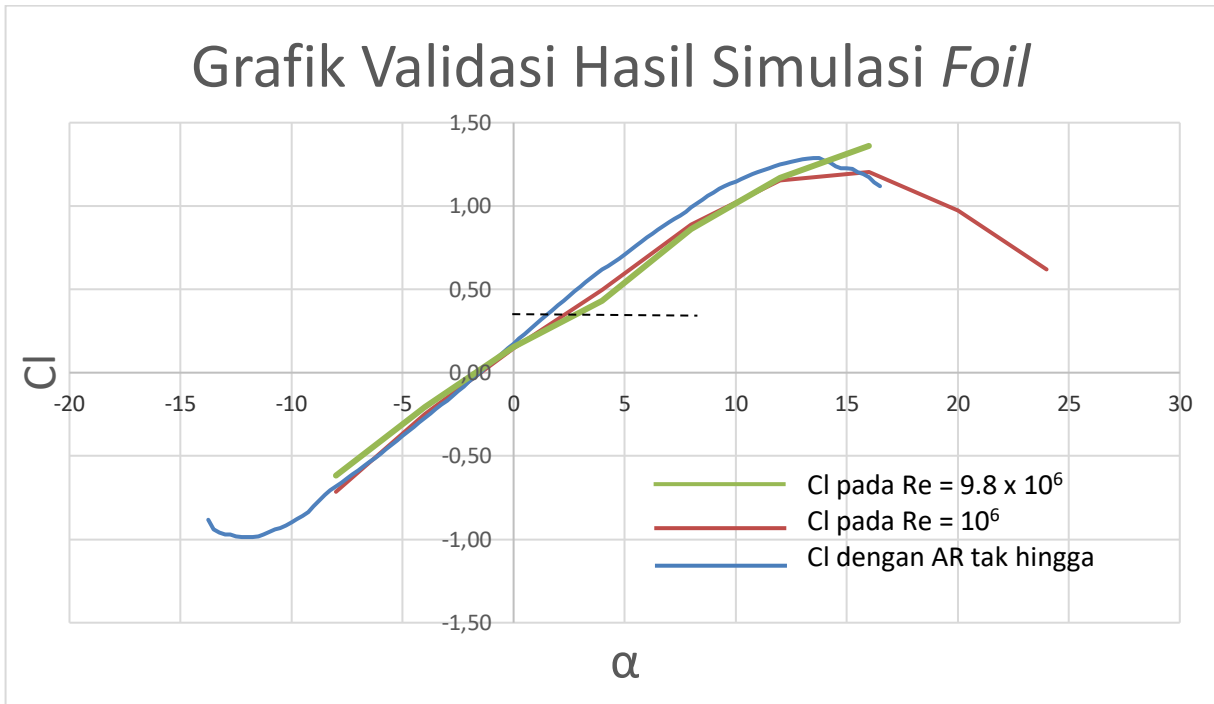
Berdasarkan buku *Fluids Mechanics* oleh Frank M. White, bahwa semakin tinggi nilai *Reynolds number* hanya akan berpengaruh pada *stole* dari nilai C_L dimana sebelum mencapai nilai *stole* tersebut, nilai C_L yang dihasilkan pada setiap sudut besarnya adalah sama seperti yang dapat dilihat pada gambar di atas. Sehingga untuk nilai C_L di bawah *stole* masih dapat divalidasi dengan hasil simulasi pada *Reynolds Number* yang berbeda. Berikut disajikan tabel dan grafik hasil simulasi beserta validasinya.

Tabel 4. 3 Hasil Penelitian *Foil* oleh Firdhaus (2019)

Data Foil berdasarkan Penelitian Firdhaus pada tahun 2019						
sudut	Drag	Lift	Cd	Cl	L/D	Re
-8	225.34	-3440.00	0.047	-0.71	-8.564148038	1.0E+06
-4	142.21	-1192.00	0.030	-0.25	-2.601033333	1.0E+06
0	124.12	702.75	0.026	0.15	7.277863977	1.0E+06
4	153.46	2397.00	0.032	0.50	13.3858669	1.0E+06
8	290.48	4274.27	0.060	0.89	10.55979579	1.0E+06
12	409.14	5559.44	0.085	1.16	7.674172368	1.0E+06
16	683.50	5795.30	0.142	1.20	6.145919786	1.0E+06
20	962.67	4684.00	0.200	0.97	4.775776978	1.0E+06
24	1554.72	2979.48	0.323	0.62	1.763588519	1.0E+06

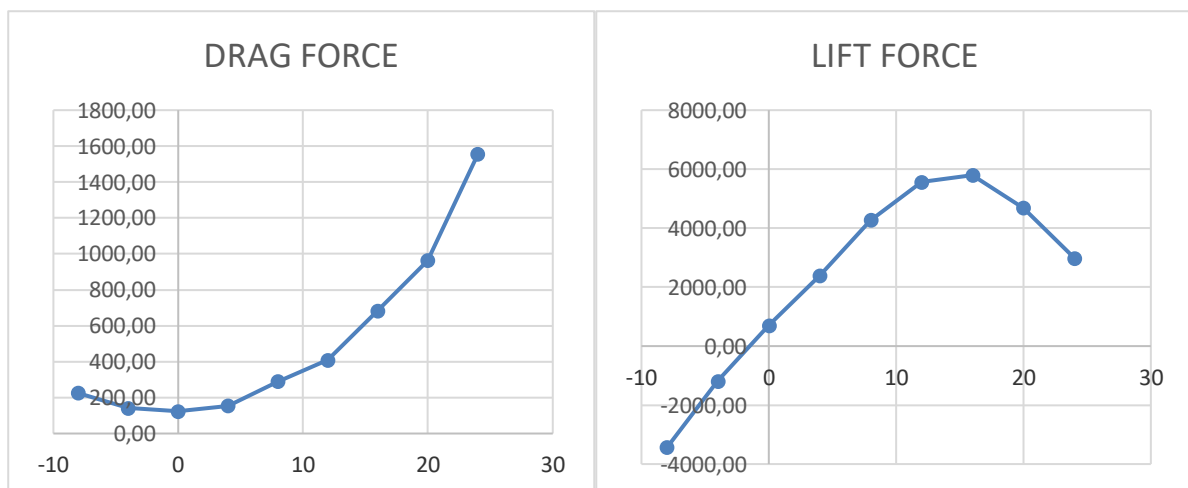
Tabel 4. 4 Data *Foil* Hasil Simulasi dengan Kecepatan 20 Knot

Data Foil Kecepatan		10.2889	m/s	20	Knot	
sudut	drag	Lift	Cd	cl	l/d	Re
-8	7785.685	-182305.35	0.02636147	-0.62	-23.41545473	9.8E+06
-4	3528.901	-61136.891	0.01194847	-0.21	-17.3246253	9.8E+06
0	3004.991	45645.586	0.01017457	0.15	15.18992638	9.8E+06
4	4244.861	127138.25	0.01437263	0.43	29.95109993	9.8E+06
8	10716.69	254041.23	0.03628552	0.86	23.7052042	9.8E+06
12	23525.99	345214.85	0.0796564	1.17	14.67376818	9.8E+06
16	35233.19	401835.53	0.11929571	1.36	11.40502768	9.8E+06



Gambar 4. 10 Grafik Validasi Hasil Simulasi

Dapat dilihat pada grafik di atas, bahwa nilai C_L hasil simulasi CFD pada *Reynolds Number* 9.8×10^6 berhimpit dengan hasil simulasi yang dilakukan oleh Firdhaus pada tahun 2019 dan *stole* yang dihasilkan pada $Re = 9.8 \times 10^6$ lebih tinggi, hal ini membuktikan bahwa hasil simulasi *foil* untuk *hull vane* sudah valid sesuai dengan buku *Fluids Mechanics* oleh Frank M. White. Dan berikut ini disajikan grafik *drag force* dan *lift force* dari hasil simulasi ini.



Gambar 4. 11 *Drag Force* dan *Lift Force* Foil NACA 64(1)212 pada Kecepatan 20 Knot

Halaman ini sengaja dikosongkan

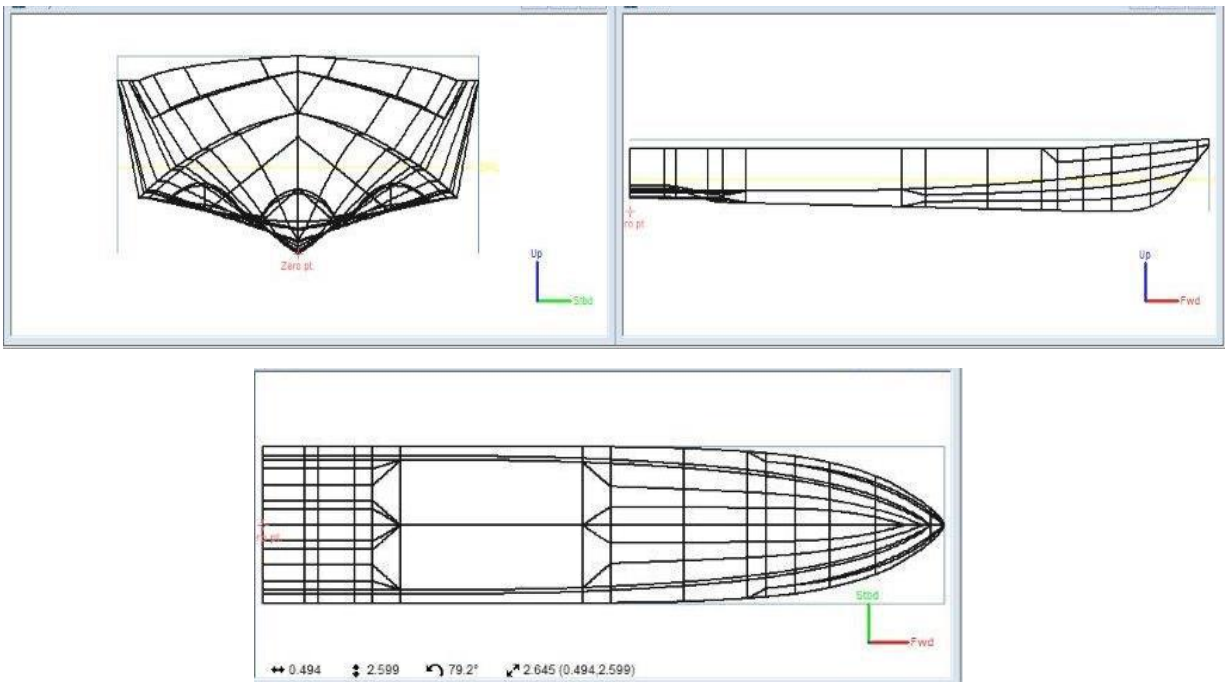
BAB 5

PEMBUATAN 3D MODEL, *MESHING*, SERTA SIMULASI KAPAL DENGAN & TANPA *HULL VANE*

5.1. Pembuatan 3D Model Kapal dan Kapal dengan *Hull Vane*

Data yang digunakan untuk pembuatan 3D Model kapal *Crew Boat "Orela"* adalah *lines plan* kapal tersebut. *Lines plan* kapal yang sudah ada di aplikasi AutoCAD, selanjutnya di-*import* ke aplikasi pembuatan 3D model kapal dengan bantuan *software* Maxsurf dan Rhinoceros 5 dengan format *file* yang disesuaikan yakni *igs*. Agar *lines plan* tersebut dapat terbaca pada program pembuatan 3D model.

Selain dibutuhkan data *lines plan* kapal yang sudah memuat info mengenai ukuran utamanya, dibutuhkan pula data hidrostatis kapal. Hal ini dibutuhkan agar data hidrostatis kapal yang dibuat dapat mengacu pada data hidrostatis tersebut, dengan deviasi data hidrostatis 3D model dengan kapal sebenarnya tidak boleh lebih dari 2%, sehingga karakteristik keduanya dapat di katakan sama.



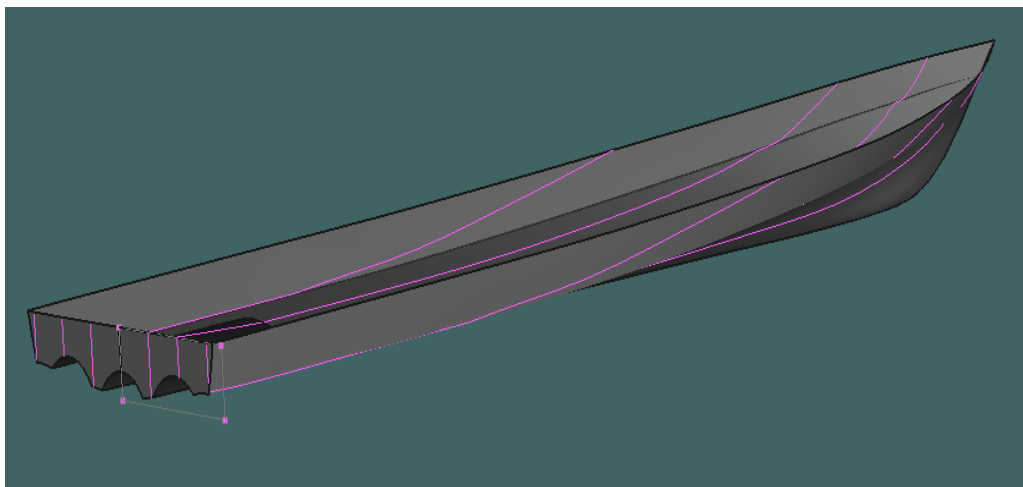
Gambar 5. 1 *Lines Plan* Kapal Crew Boat "Orela"

Untuk data hidrostatis kapal didapatkan dari penelitian yang dilakukan oleh Riyadi pada tahun 2019, dimana data hidrostatis tersebut dapat dilihat pada tabel di halaman selanjutnya.

Tabel 5. 1 Data Hidrostatik Kapal *Crew Boat "Orela"*

no	Item	Value	Satuan
		Data Kapal	
1	Loa (<i>Length over All</i>)	31.00	M
2	B (<i>Breadth</i>)	6.09	M
3	T (<i>Draft</i>)	1.40	M
4	<i>Displacement</i>	104.15	Ton
5	WPA (<i>wetted Plan Area</i>)	180.34	m ²
6	CB (<i>Coef. Block</i>)	0.402	
7	CM (<i>Coef. Midhsip</i>)	0.476	
8	CW (<i>Coef. Waterplan</i>)	0.81	
9	LCB (<i>Longitudinal C. Bouyancy</i>)	11.59	M
10	LCF (<i>Longitudinal C. Floatation</i>)	11.27	m

Selanjutnya 3D model kapal yang akan digunakan untuk simulasi dapat dibuat dengan acuan dari data hidrostatik yang sudah disajikan di atas. Hasil dari 3D model kapal yang sudah dibuat untuk dilakukan simulasi dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 5. 2 3D Model Kapal *Crew Boat "Orela"*

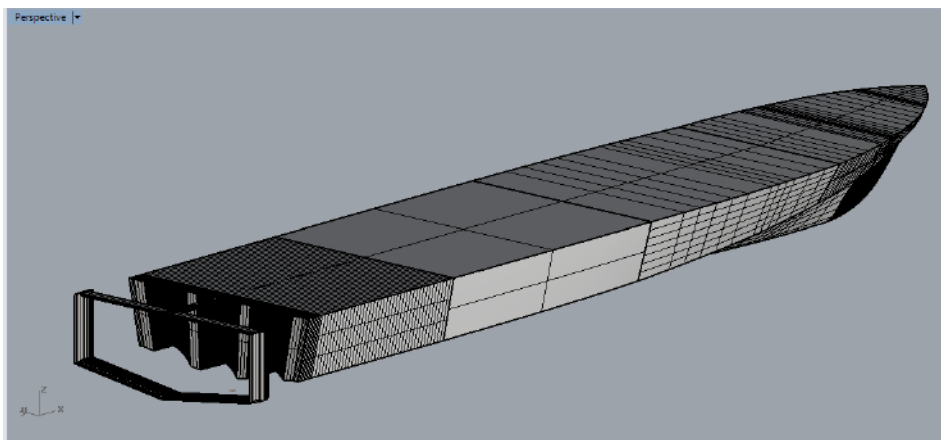
Dari hasil 3D Model kapal *crew boat "Orela"* yang sudah dibuat tersebut, dapat dilakukan perbandingan terhadap karakteristik data hidrostatik dimana seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya bahwa perbedaan data hidrostatik kapal 3D Model dengan kapal sebenarnya tidak boleh lebih dari 2%, di bawah ini disajikan tabel perbandingan data hidrostatik tersebut.

Tabel 5. 2 Perbandingan Data Hidrostatik 3D Model Kapal dengan Kapal Sebenarnya

No.	Item	Data		Satuan	Deviasi (%)
		Kapal	Model 3D		
1	Loa (<i>Length over All</i>)	31	31	m	0.000%
2	B (<i>Breadth</i>)	6.9	6.9	m	0.000%
3	T (<i>Draft</i>)	1.4	1.4	m	0.000%
4	<i>Displacement</i>	104.33	105.9	ton	1.505%
5	WSA (<i>Wetted Surface Area</i>)	177.13	177.477	m ²	0.196%
6	CB (<i>Coef. Block</i>)	0.409	0.415		1.467%
7	CM (<i>Coef. Midhsip</i>)	0.47	0.47887		1.887%
8	CW (<i>Coef. Waterplan</i>)	0.83	0.822		-0.964%
9	LCB (<i>Longitudinal C. Bouyancy</i>)	11.79	11.733	m	-0.483%
10	LCF (<i>Longitudinal C. Floatation</i>)	11.44	11.444	m	0.035%

Dapat dilihat pada tabel di atas bahwa perbedaan data hidrostatik antara 3D model kapal dengan kapal sebenarnya yang paling besar terjadi pada *Coefficient Midship* kapal, dimana perbedaan tersebut sebesar 1.887% dan masih di bawah 2% yang artinya bahwa 3D model kapal yang dibuat untuk simulasi sudah dianggap memiliki karakteristik yang sama dengan kapal sebenarnya.

Setelah 3D Model kapal tanpa *hull vane* selesai dibuat, selanjutnya adalah pembuatan *hull vane* berbentuk V untuk dipasangkan pada bagian buritan kapal. Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya bahwa pembuatan *hull vane* berbentuk V adalah dengan ketentuan sudut kemiringan sebesar 8° sesuai dengan *deadrise* kapal pada bagian buritan dan dengan *angle of attack* pada *foil* sebesar 2°. Berikut adalah gambar kapal yang sudah dipasangkan dengan *hull vane* berbentuk V.



Gambar 5. 3 3D Model Kapal Crew Boat "Orela" dengan Hull Vane berbentuk V

Selanjutnya, 3D Model kapal yang sudah dibuat dan dipasangkan dengan *hull vane* berbentuk V lalu diubah *format file* nya dalam bentuk *Parasolid*, sehingga 3D model yang sudah dibuat tersebut dapat di-*import* ke *software* NUMECA FineMarine untuk nantinya dapat dilakukan proses simulasi.

5.2. Pembuatan *Meshing* dari 3D Model Kapal

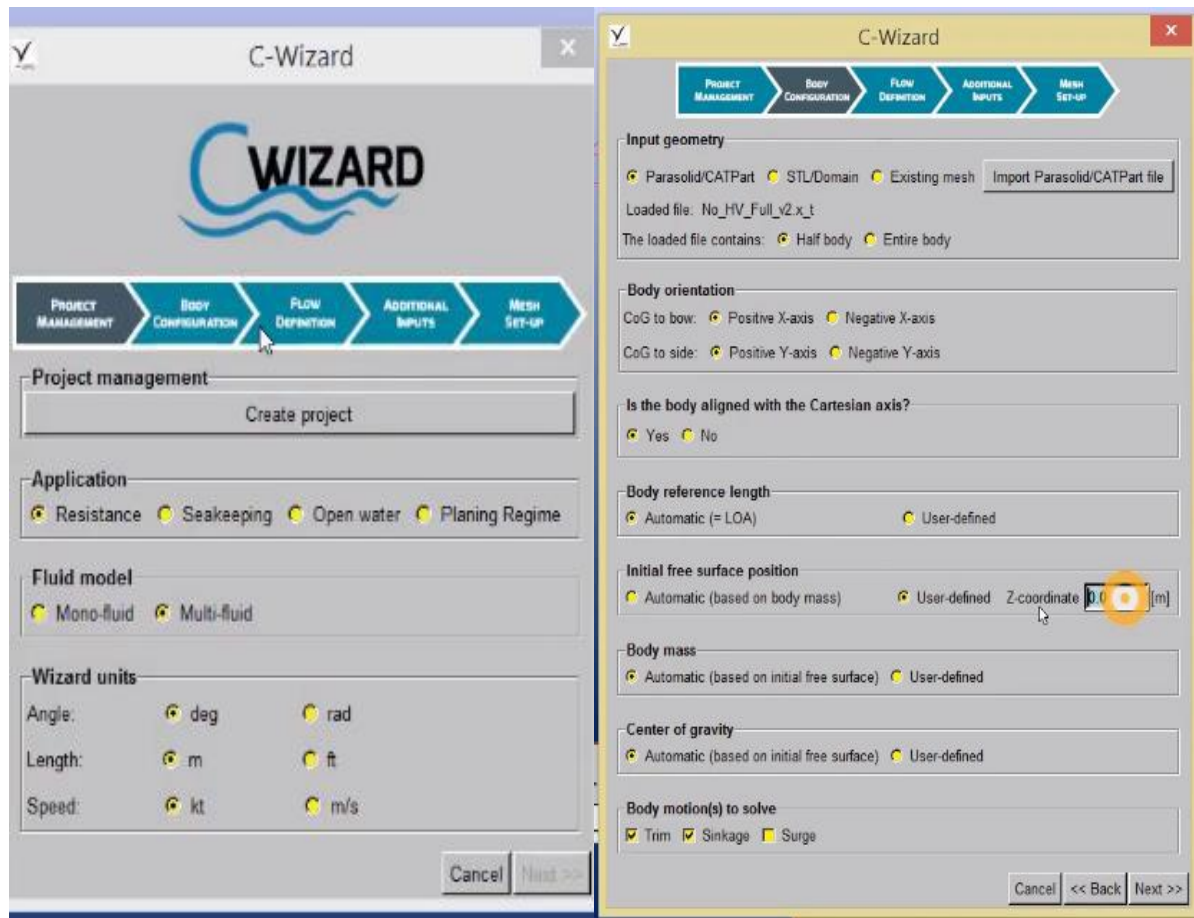
Pembuatan *meshing* dari 3D model kapal *crew boat "Orela"* dilakukan pada *software* NUMECA *Finemarine* versi 7.2.1. Pada *software* ini juga akan dilakukan proses simulasi pada 3D model kapal tersebut. Simulasi yang dilakukan terdapat beberapa jenis, dimulai dari simulasi kapal tanpa *hull vane* yang bertujuan sebagai validasi dari proses simulasi di *software* NUMECA *Finemarine*. Lalu simulasi yang selanjutnya adalah kapal dengan *hull vane*, baik itu untuk *hull vane* yang berbentuk lurus maupun untuk *hull vane* yang berbentuk V, dimana *setting mesh* dan *solver* yang dilakukan akan menyesuaikan dengan *setting* dari kapal tanpa *hull vane* yang sudah divalidasi.

Sebelum 3D model kapal dapat dilakukan simulasi pada *software* NUMECA *Finemarine*, *format file* dari 3D model kapal yang sebelumnya sudah dibuat harus diubah ke *format parasolid* terlebih dahulu, karena *format file* inilah yang dapat dibaca oleh *software* NUMECA *Finemarine* sehingga dapat dilakukan proses simulasi.

5.2.1. *Import* 3D Model Kapal *Crew Boat "Orela"* ke NUMECA *Finemarine* beserta pembuatan *Domain* Kapal

Model yang sudah dibuat sebelumnya lalu di *import* ke *software* NUMECA *Finemarine* dengan menggunakan *tools C-Wizard* yang sudah disediakan oleh *software* tersebut. Untuk pengaplikasian terhadap simulasi ini menggunakan *resistance* yang umum dipakai pada pengujian untuk kapal dengan satuan yang digunakan adalah *degree* untuk sudut, meter untuk panjang, dan knot untuk kecepatan. Setelah itu dapat dibuat *creat project* untuk simulasi kapal, lalu pada *tab* selanjutnya 3D model kapal yang sudah dibuat dapat di-*import* pada pilihan *input geometry* untuk selanjutnya dipilih model kapal tersebut.

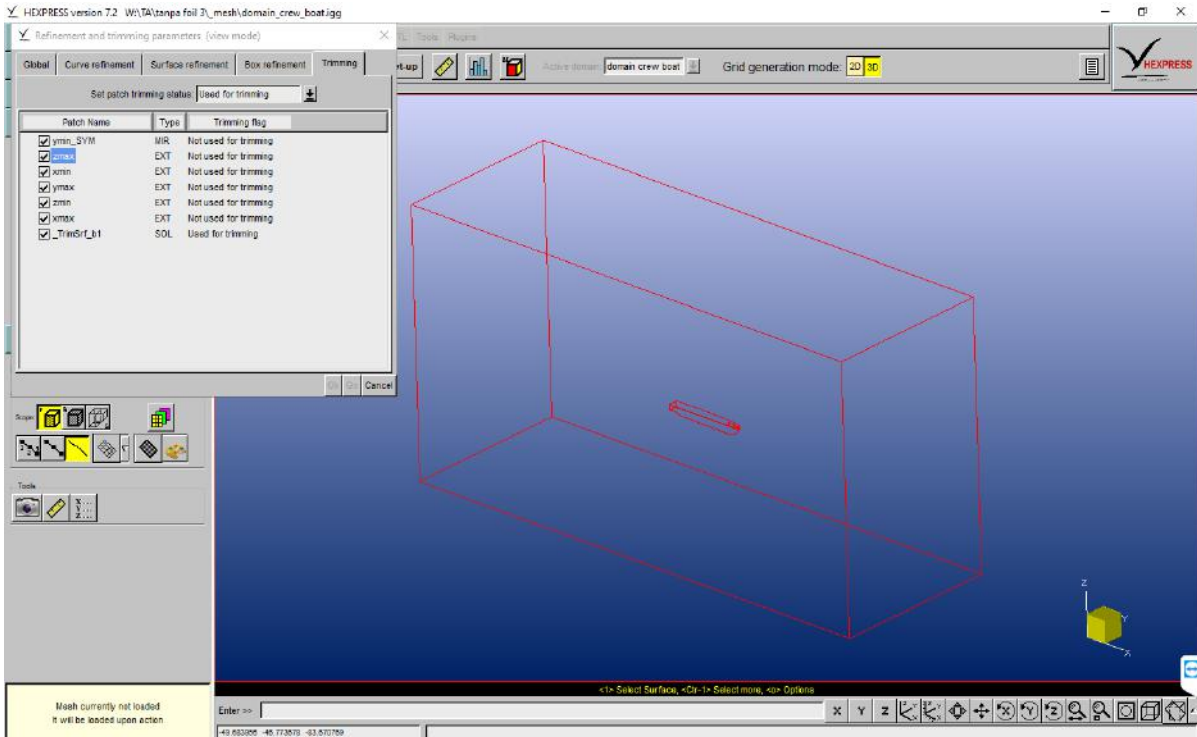
Setup C-Wizard yang digunakan pada model baik itu untuk 3D model kapal saja maupun untuk 3D model kapal yang sudah dipasang oleh *hull vane* berbentuk V, keduanya menggunakan *setup C-Wizard* yang sama. Dimana *setup C-Wizard* yang dimaksud akan lebih dijelaskan di bawah ini.



Gambar 5. 4 Setting C-Wizard dan Import 3D Model Kapal

Selanjutnya dapat dimasukkan data pendukung lainnya seperti kecepatan kapal yang akan dilakukan simulasi serta massa jenis fluida yang akan digunakan. Setelah itu, dilakukan pembuatan domain dari kapal dimana ukuran domain tersebut dapat ditentukan sendiri agar domain yang dihasilkan tidaklah terlalu besar yang nantinya akan berpengaruh terhadap jumlah *mesh* yang akan dibuat agar tidak terlalu besar, sehingga proses simulasi pun akan dapat berjalan lebih cepat. Untuk ukuran domain yang digunakan adalah:

1. 1.5 kali LOA ke arah bawah kapal
2. 1 kali LOA ke arah atas kapal
3. 1.5 kali LOA ke arah samping kapal
4. 1.5 kali LOA ke arah depan kapal
5. 3 kali LOA ke arah belakang kapal



Gambar 5. 5 Ukuran Domain untuk Simulasi

Setelah *setting* untuk *C-Wizard* sudah dilakukan, dapat dilakukan ke tahap selanjutnya yakni pembuatan *mesh* dari 3D model tersebut dengan menekan tombol *start mesh set-up*.

5.2.2. Setup Meshing 3D Model Kapal Crew Boat "Orela" di NUMECA Finemarine

Pembuatan *meshing* dilakukan pada *software* HEXPRESS yang juga merupakan bagian dari *software* NUMECA *Finemarine* yang berguna untuk pembuatan *meshing* beserta manipulasi domain dari 3D model kapal. Pembuatan *meshing* pada *software* ini terdapat 5 tahap yakni *initial mesh*, *adapt to geometry*, *snap to geometry*, *optimize*, dan *viscous layers*.

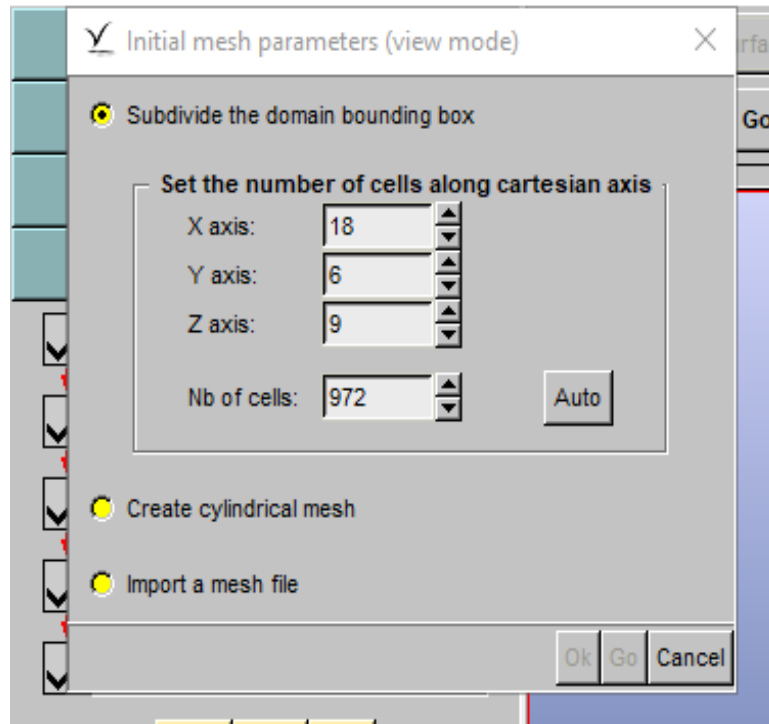


Gambar 5. 6 Tahap-tahap *Meshing* pada *software* HEXPRESS berikut penjelasan dan *setting* dari masing-masing tahap tersebut:

1. *Initial mesh*

Merupakan tahap awal dalam proses *meshing* pada *software* HEXPRESS, dimana pada tahap ini *software* akan secara otomatis membuat *structured mesh* untuk memenuhi *domain* yang

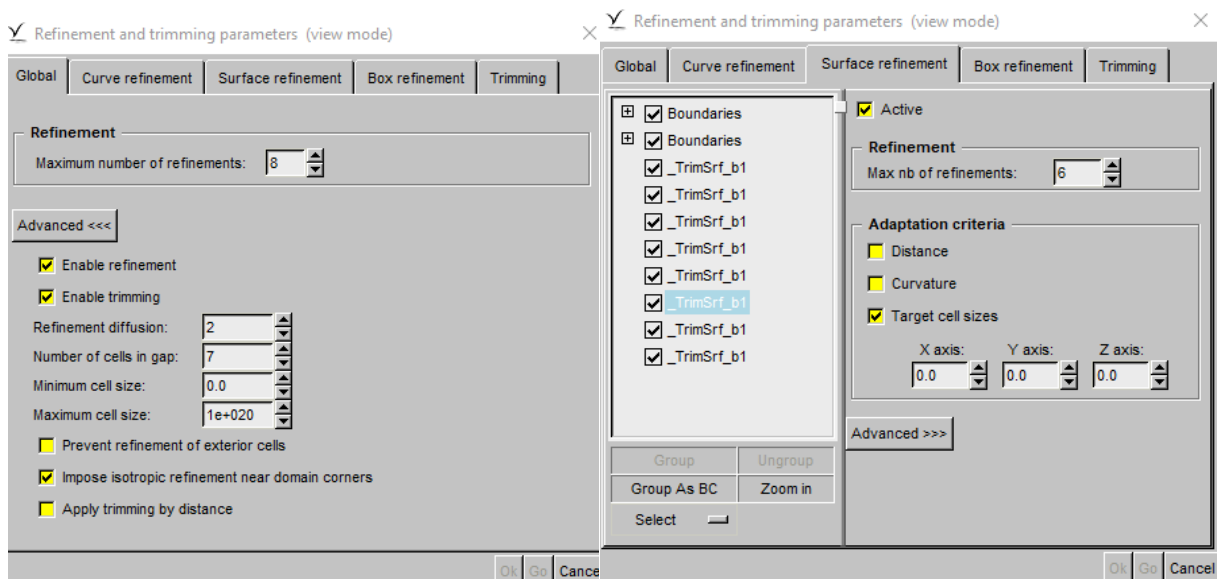
sudah dibuat tersebut sehingga ukuran *cell* pada setiap sisinya berukuran sama. *Setting* yang digunakan untuk *initial mesh* ini dapat dilihat pada gambar berikut.

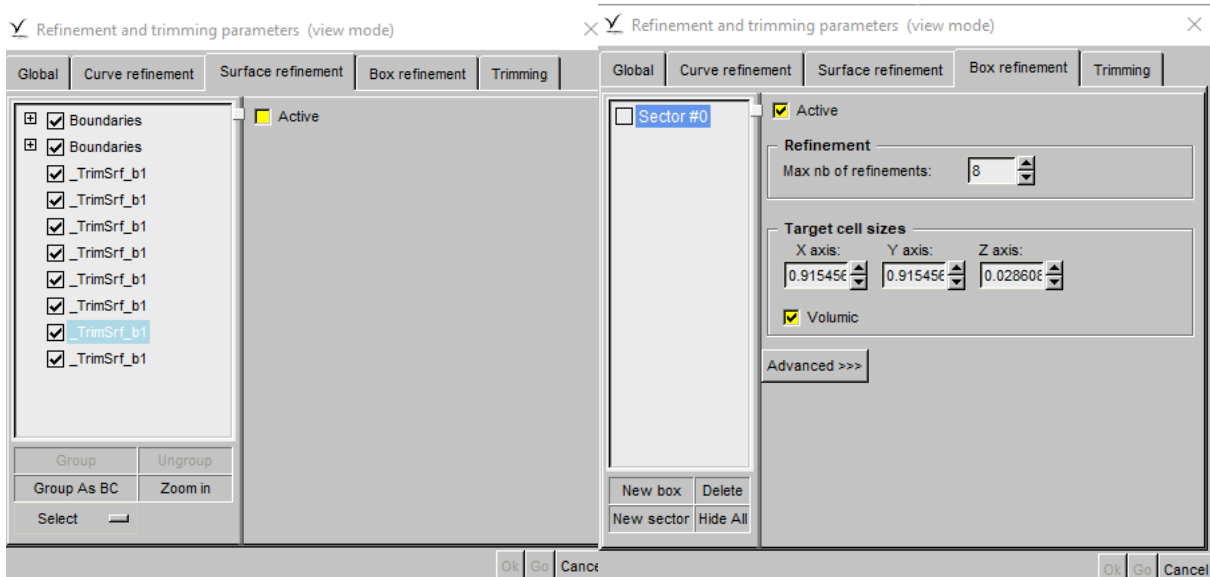


Gambar 5. 7 *Setting* yang Digunakan pada *Initial Mesh*

2. *Adapt to Geometry*

Pada tahap ini, *software* HEXPRESS akan secara otomatis memperkecil ukuran *cells* yang berada di sekitar 3D model kapal, sehingga jumlah *cells* pada bagian tersebut pun akan semakin banyak agar hasil simulasi dapat menjadi lebih akurat, *setting mesh* yang digunakan pada tahap ini dapat dilihat pada gambar berikut.

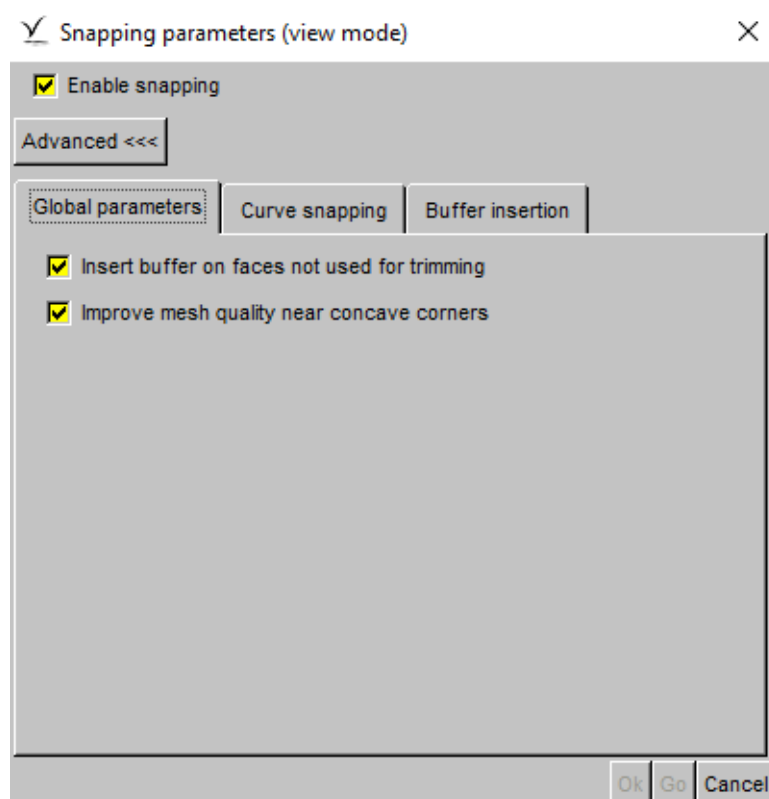




Gambar 5. 8 Setting yang Digunakan pada *Adapt to Geometry*

3. *Snap to Geometry*

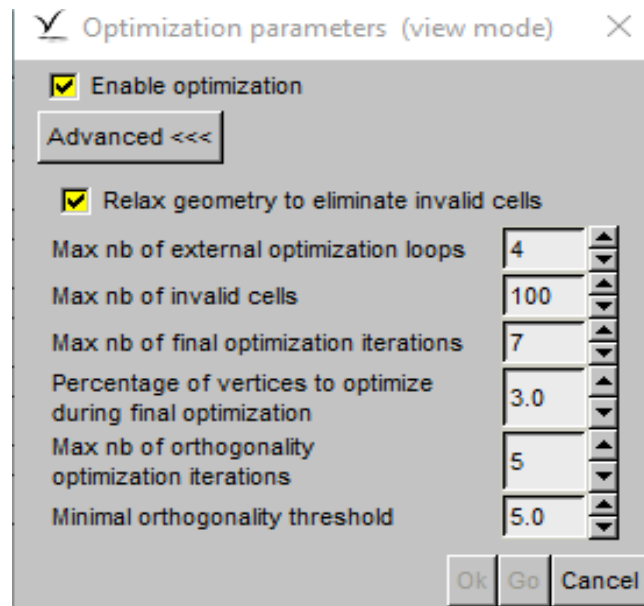
Pada tahap ini, *mesh* yang sudah hampir menyerupai bentuk 3D model selanjutnya di-*snap* agar bentuknya benar-benar sesuai dengan bentuk 3D model kapal, sehingga pada tahap ini, *cells* tidak lagi berbentuk kubus dan sudah menyesuaikan bentuk kapal, berikut adalah *setting mesh* yang digunakan pada tahap ini.



Gambar 5. 9 Setting yang Digunakan pada *Snap to Geometry*

4. Optimize

Pada tahap ini, *mesh* yang sudah menyesuaikan bentuk kapal, selanjutnya di optimalkan lagi, sehingga *cells* yang dihasilkan memiliki kualitas yang tinggi dan tidak ada kecacatan *cells*. Kecacatan *cell* yang dimaksud adalah antara lain *negative cell*, *concave cell*, dan terakhir adalah *twisted cell*. Apabila ketiga kecacatan *cell* tersebut masih terdapat pada hasil *mesh* 3D model kapal, maka proses *meshing* harus diulang dari awal dengan menggunakan *setting mesh* yang berbeda sehingga cacat *cell* tersebut dapat dihilangkan. *Setting* yang digunakan pada tahap ini dapat dilihat pada gambar berikut.

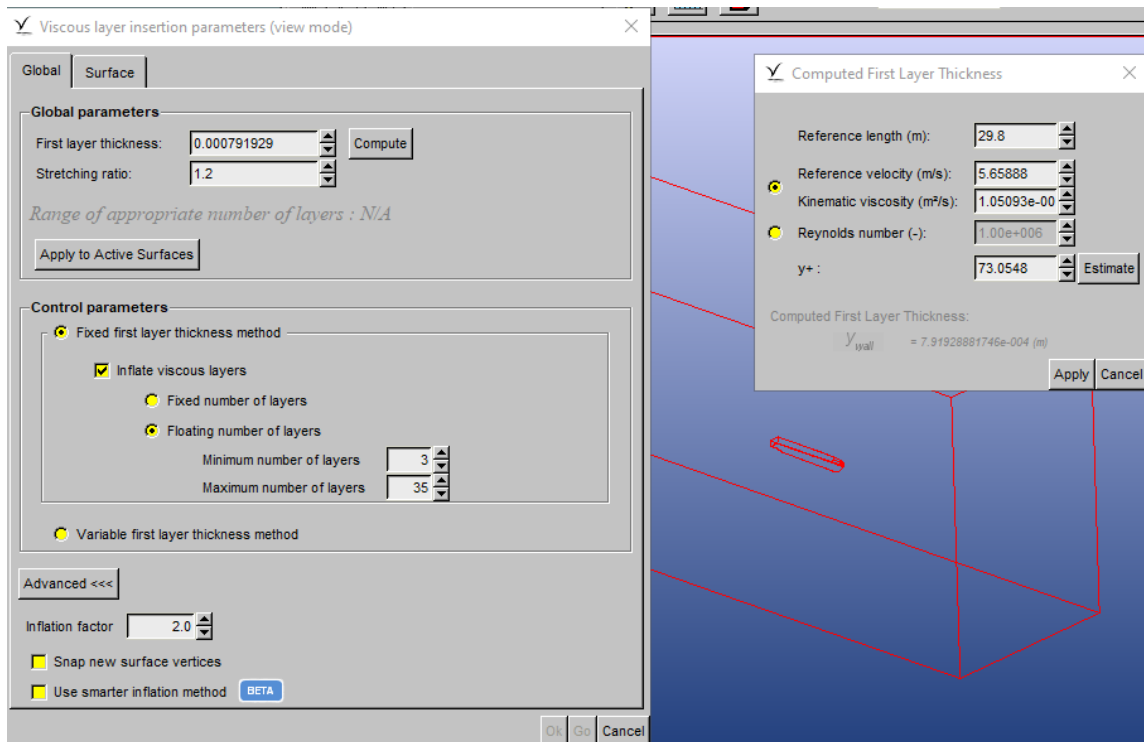


Gambar 5. 10 *Setting* yang Digunakan pada *Optimize*

5. Viscous Layers

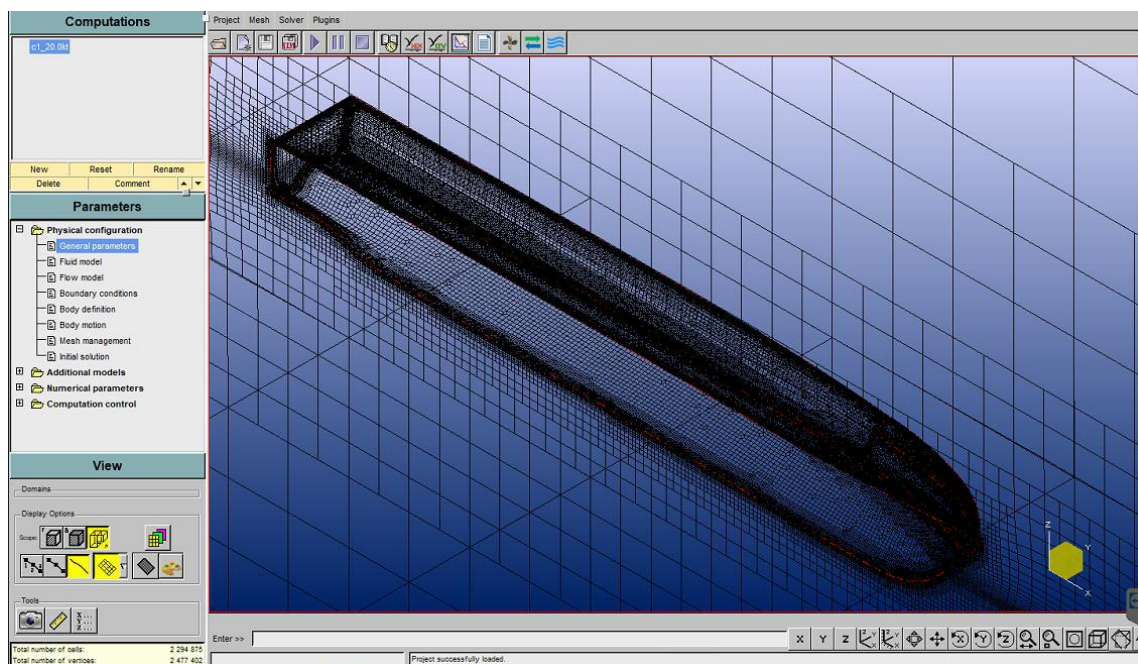
Ini merupakan tahap terakhir pada proses *meshing* dengan *software* HEXPRESS, pada tahap ini adalah untuk menambahkan *viscous layers* pada 3D model kapal yang akan disimulasi, dimana *viscous layers* ini berfungsi untuk mendapatkan karakteristik serta hasil aliran yang lebih akurat pada *body* yang disimulasi.

Untuk nilai *first layer thickness* didapatkan dari perhitungan yang dilakukan oleh *software* dengan memasukkan beberapa parameter yakni, *reference length* yang merupakan LOA kapal, lalu *reference velocity* yang merupakan kecepatan kapal, dan *kinematic viscosity* dari fluida yang digunakan untuk simulasi. Dan untuk nilai y^+ dapat diestimasi secara otomatis oleh *software* HEXPRESS. Berikut *setting* secara lengkapnya dapat dilihat pada gambar berikut ini.

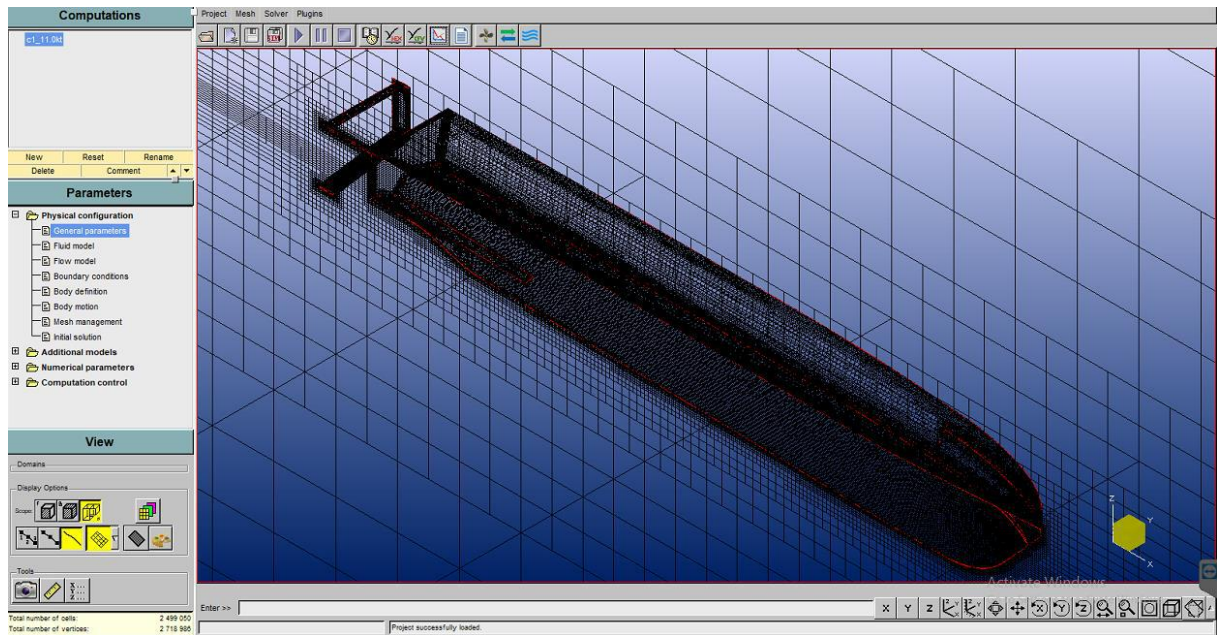


Gambar 5. 11 Setting yang Digunakan pada Viscous Layers

Sama halnya seperti *setup C-Wizard*, untuk *setting mesh* yang digunakan baik pada 3D model kapal tanpa *hull vane* maupun untuk 3D model kapal yang sudah dipasangkan dengan *hull vane* berbentuk V keduanya menggunakan *setting mesh* yang sama agar hasil simulasi yang dilakukan dapat saling dibandingkan. Berikut adalah gambar hasil dari *mesh* untuk 3D model kapal tanpa *hull vane* dan 3D model kapal yang dipasangkan dengan *hull vane* berbentuk V.



Gambar 5. 12 Hasil Mesh 3D Model Kapal tanpa Hull Vane



Gambar 5. 13 Hasil *Mesh* 3D Model Kapal dengan *Hull Vane* Berbentuk V

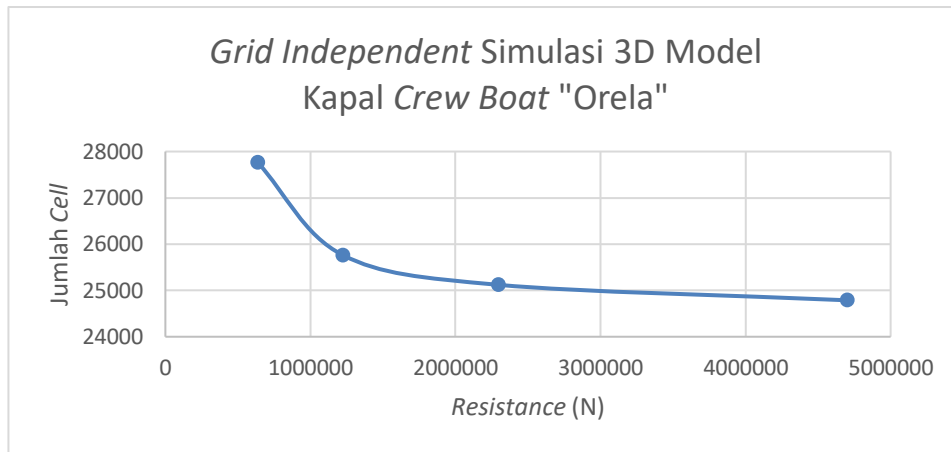
5.3. *Grid Independent* untuk Simulasi 3D Model Kapal dengan dan tanpa *Hull Vane*

Grid Independent berkaitan dengan tingkat keakurasian atau bahkan tingkat rasionalitas dari suatu hasil perhitungan numerik. *Grid independent* adalah hal yang sangat penting dalam perhitungan simulasi numerik. *Grid independent* adalah hasil perhitungan dimana terjadi perubahan yang sangat sedikit bersama dengan bertambahnya nilai kerapatan *mesh* dalam suatu simulasi yang dilakukan. *Grid independent* dapat secara langsung mempengaruhi hasil perhitungan numerik.

Pada simulasi ini yang ingin diketahui adalah besarnya nilai *resistance* yang dihasilkan oleh 3D model kapal ketika sedang bergerak dengan kecepatan tertentu. Dengan seiring bertambahnya jumlah *cell*, maka nilai *resistance* kapal juga akan semakin berkurang. Sehingga perlu didapatkan nilai pengurangan *resistance* yang paling optimum pada jumlah *cell* tertentu. Nilai *resistance* dibandingkan setiap kelipatan 2 kali jumlah *cell* dari simulasi yang sebelumnya, ketika dengan penambahan jumlah *cell* dan pengurangan *resistance* yang terjadi kurang dari 2%, maka dapat disimpulkan bahwa pada jumlah *cell* tersebutlah yang merupakan *grid independent* dari simulasi 3D model kapal *crew boat* "Orela" ini. Berikut disajikan tabel beserta grafik nilai *resistance* kapal seiring bertambahnya jumlah *cell*, dengan jumlah *cell* awal berada pada sekitar 600.000 *cell* dengan jumlah *cell* maksimal berada pada sekitar 4.800.000 *cell* dimana nilai *grid independent* didapatkan pada sekitar 2.500.000 *cell*. Pengujian *grid independent* dilakukan pada kecepatan 11 knot.

Tabel 5. 3 *Grid Independent* Simulasi 3D Model Kapal Crew Boat "Orela"

Jumlah Cell	Nilai Resistance (N)	Penurunan Nilai Resistance
637183	27761.8	-
1223562	25763.2	7.2%
2294875	25121.4	2.5%
4701551	24787.2	1.3%

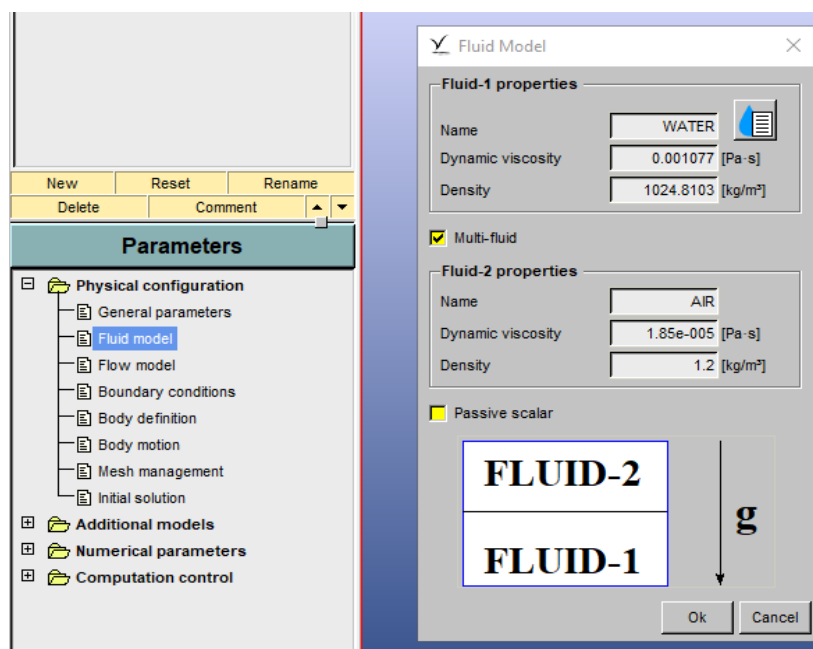


Gambar 5. 14 *Grid Independent* Simulasi 3D Model Kapal Crew Boat "Orela"

5.4. *Setup Solver* untuk Simulasi 3D Model Kapal

Setelah *meshing* 3D model kapal selesai dilakukan pada *software* HEXPRESS, selanjutnya adalah untuk *setup solver* pada *software* Fine/Marine sehingga nantinya dari 3D model tersebut dapat dilakukan prose simulasi. *Setup solver* dimulai dari *Physical Configurationn* dimana *setup* pada konfigurasi ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk *general parameter*, *time configuration* yang digunakan adalah *steady*
2. Untuk *fluid model* yang digunakan adalah air dan udara

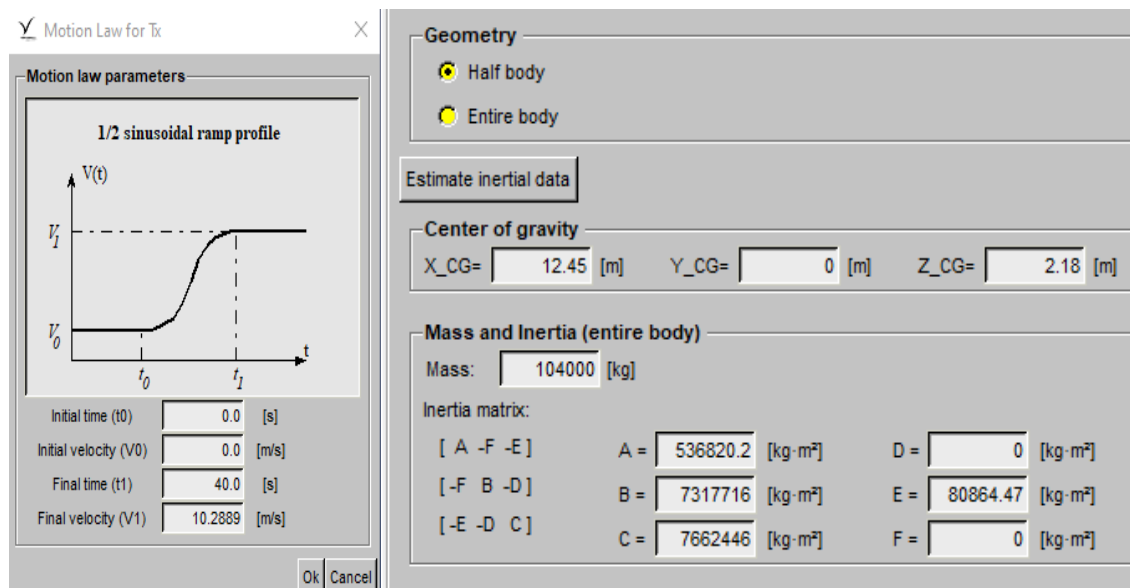


Gambar 5. 15 *Fluid Properties* yang Digunakan untuk Simulasi

Hal ini dikarenakan simulasi yang dilakukan adalah pada *multifluid*, dimana data air yang digunakan berasal dari data yang dimiliki pada *software Fine/Marine* dan dipilih air laut pada suhu 20° Celcius, dan untuk *properties* udara dibiarkan *default* dari *software*.

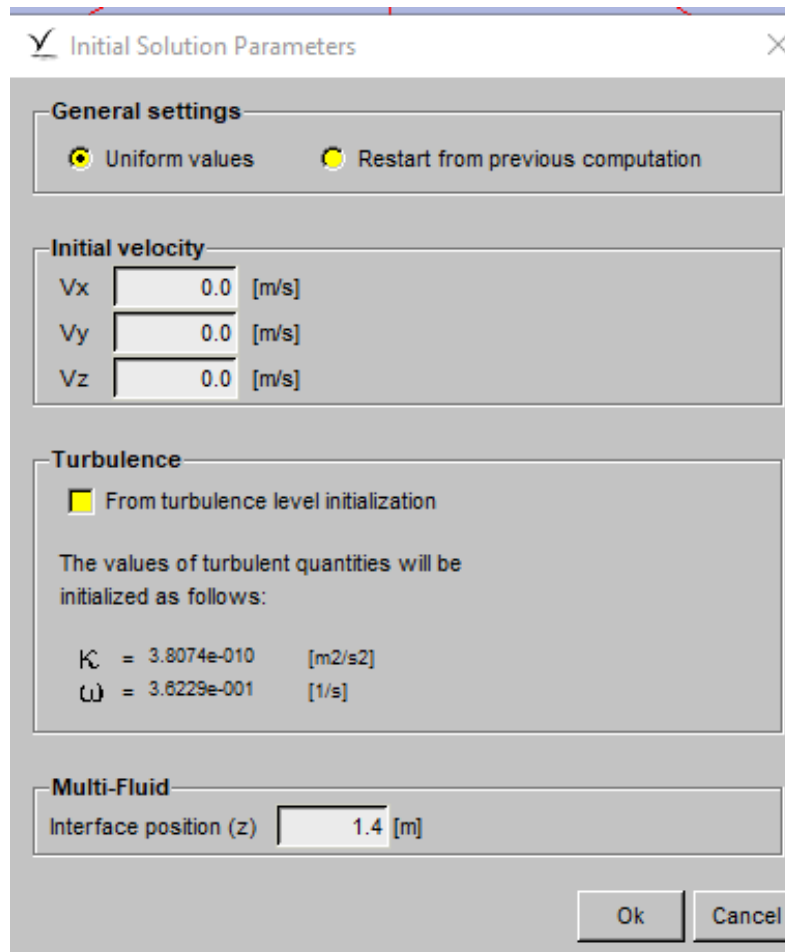
3. Untuk *flow model* yang digunakan adalah k-omega SST
4. Untuk *boundary condition*, pada kapal digunakan *wall-function*
5. Pada *body motion*, terdapat 2 *tab* yang perlu diatur untuk *setup solver*-nya, yakni *motion definitoin* dan *dynamic parameters*. Untuk *motion definition* perlu untuk diatur *motion law parameters*-nya yakni menyesuaikan *final velocity* dengan kecepatan kapal yang akan diuji dan *final time* yang merupakan waktu dimana kapal akan mencapai *final velocity* tersebut.

Untuk *dynamic parameters*, *geometry* yang digunakan adalah *half body*, hal ini bertujuan agar waktu simulasi yang dibutuhkan hingga selesai dapat menjadi lebih cepat. Lalu untuk *center of gravity* dan *mass and inertia* sudah dihitung secara otomatis oleh *software Fine/Marine*, atau dapat diisi manual sesuai karakteristik kapal.



Gambar 5. 16 *Setup Solver* pada *Body Motion*

6. Untuk *initial solution* dan *mesh management* menggunakan *setup default* dari *software*, dan untuk *interface position z* menyesuaikan dengan sarat kapal.

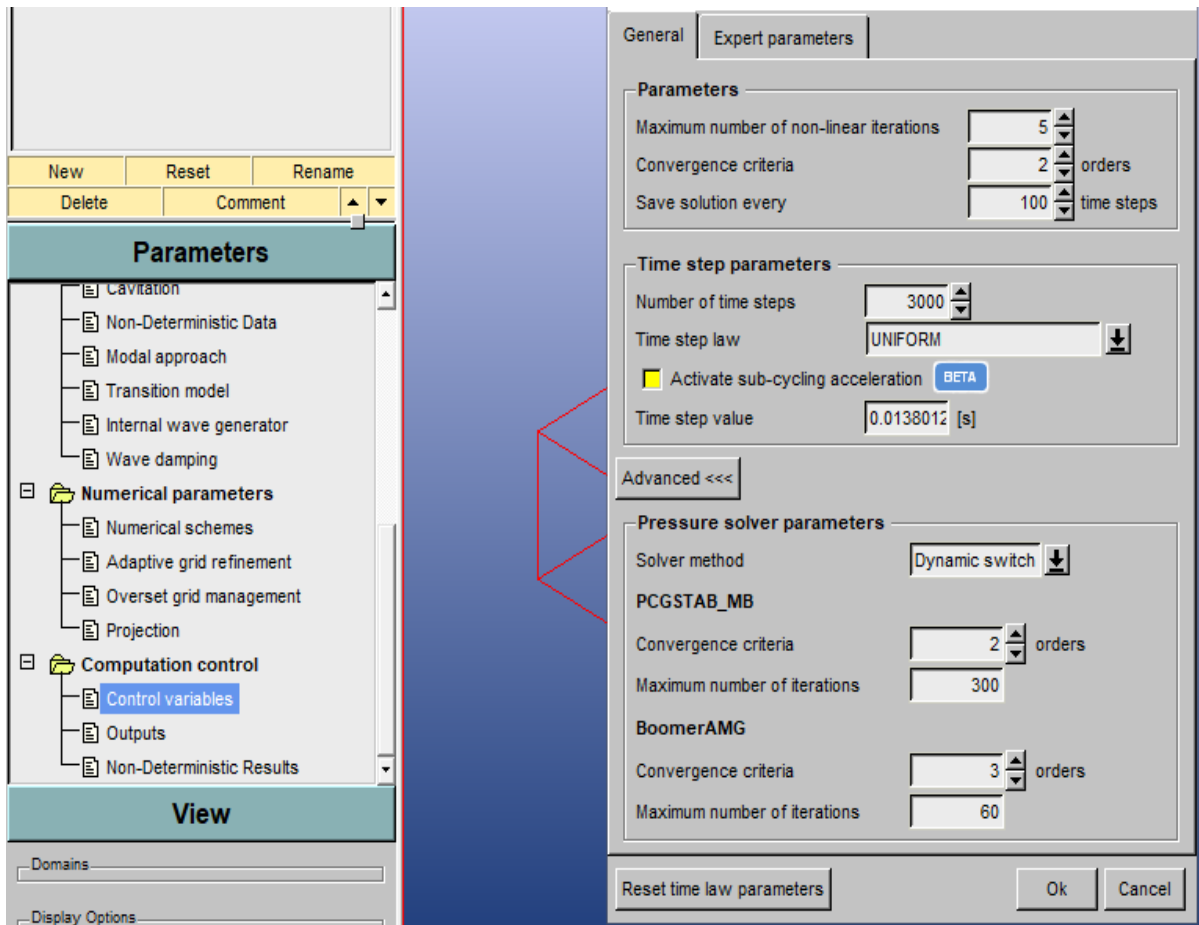


Gambar 5. 17 Setup Solver Untuk Initial Solution Parameters

Untuk *setup solver* pada *additional models* dan *numerical parameters* dibiarkan *default* dan ditentukan oleh *software Fine/Marine*. Sehingga dilanjutkan *setup solver* pada *computation control* tepatnya pada *control variables*. *Setup* yang dilakukan pada *control variables* adalah untuk menentukan jumlah *time steps* yang didasarkan pada *time step value*.

Time step value sendiri adalah waktu yang ditempuh kapal selama simulasi berlangsung untuk setiap *time step* yang dilewati. Sehingga jumlah *time steps* bisa didapatkan dari pembagian antara *final time* dengan *time step value* dan hasil itulah yang menjadi angka untuk diisi pada *number of time steps*.

Dengan demikian, semakin tinggi kecepatan kapal model yang disimulasikan maka akan semakin tinggi pula nilai *final time*-nya dan akan semakin banyak juga jumlah dari *time step* simulasi tersebut. Dan *setup* untuk *number of time steps* tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 5. 18 Setup pada *Computational Control*

Setelah seluruh *setting mesh* dan *setup solver* selesai dilakukan, selanjutnya dapat dilakukan proses simulasi 3D model kapal dengan menekan tombol *start solver* yang terdapat pada *bar* di bagian atas dari *interface Fine/Marine*. Untuk *setup solver* baik pada 3D model kapal tanpa *hull vane* maupun pada 3D model kapal dengan *hull vane* berbentuk V keduanya menggunakan *setup solver* yang sama.

5.5. Validasi Hasil Simulasi 3D Model Kapal *Crew Boat "Orela"*

Validasi untuk simulasi ini dilakukan pada hasil simulasi dari 3D model kapal tanpa *hull vane* yang dilakukan dengan cara membandingkan hasil *resistance* kapal yang didapatkan dengan hasil *resistance* kapal yang dilakukan dengan perhitungan empirik serta ditambahkan pula perbandingan terhadap hasil *resistance* kapal yang didapatkan dari *software Maxsurf Resistance* agar hasil validasi dapat lebih diterima.

5.5.1. Perhitungan *Resistance* Kapal dengan Rumus Empirik

Kapal *crew boat "Orela"* merupakan kapal *semi-planning*, sehingga untuk pendekatan perhitungan terhadap *resistance* kapal dapat menggunakan perhitungan dengan metode

Savitsky. Namun, sebelum perhitungan dengan metode Savitsky dilakukan, perlu dipastikan terlebih dahulu apakah kapal *crew boat* "Orela" cocok untuk dihitung nilai *resistance*-nya dengan metode Savitsky. Berikut disajikan tabel untuk pemeriksaan ukuran utama kapal *crew boat* "Orela".

Tabel 5. 4 Pemeriksaan Ukuran Utama Kapal *Crew Boat* "Orela"

L/B =	4.18	<i>Savitsky Planing Hull Method</i>	→	$2.52 \leq L/B \leq 18.26$	OK
B/T =	4.86	<i>Savitsky Planing Hull Method</i>	→	$1.7 \leq B/T \leq 9.8$	OK
L/$\nabla^{1/3}$ =	5.89	<i>Savitsky Planing Hull Method</i>	→	$3.07 \leq L/\nabla^{1/3} \leq 12.4$	OK
A_p/$\nabla^{2/3}$ =	6.27	<i>Savitsky Planing Hull Method</i>	→	$4.0 \leq A_p/\nabla^{2/3} \leq 8.5$	OK

Dari tabel tersebut, dapat dilihat bahwa metode Savitsky dapat digunakan untuk menghitung *resistance* kapal *crew boat* "Orela". Tahap perhitungan hambatan dengan metode Savitsky adalah sebagai berikut:

1. C_v (Koefisien kecepatan)

Koefisien kecepatan diformulasikan oleh Savitsky, sebagai berikut:

$$C_v = u/\sqrt{(g \times b)} \dots\dots\dots (5.1)$$

Dimana:

u = Kecepatan kapal (m/s)

g = Percepatan gravitasi (m/s²)

b = *Max Beam* (m)

2. C_l (Koefisien gaya angkat)

Koefisien gaya angkat digunakan untuk menentukan besarnya sudut trim yang dihasilkan oleh gaya angkat (lift). C_l diformulasikan sebagai berikut:

$$C_l = \frac{\Delta}{(\frac{\rho}{2}u^2b^2)} \dots\dots\dots (5.2)$$

Dimana:

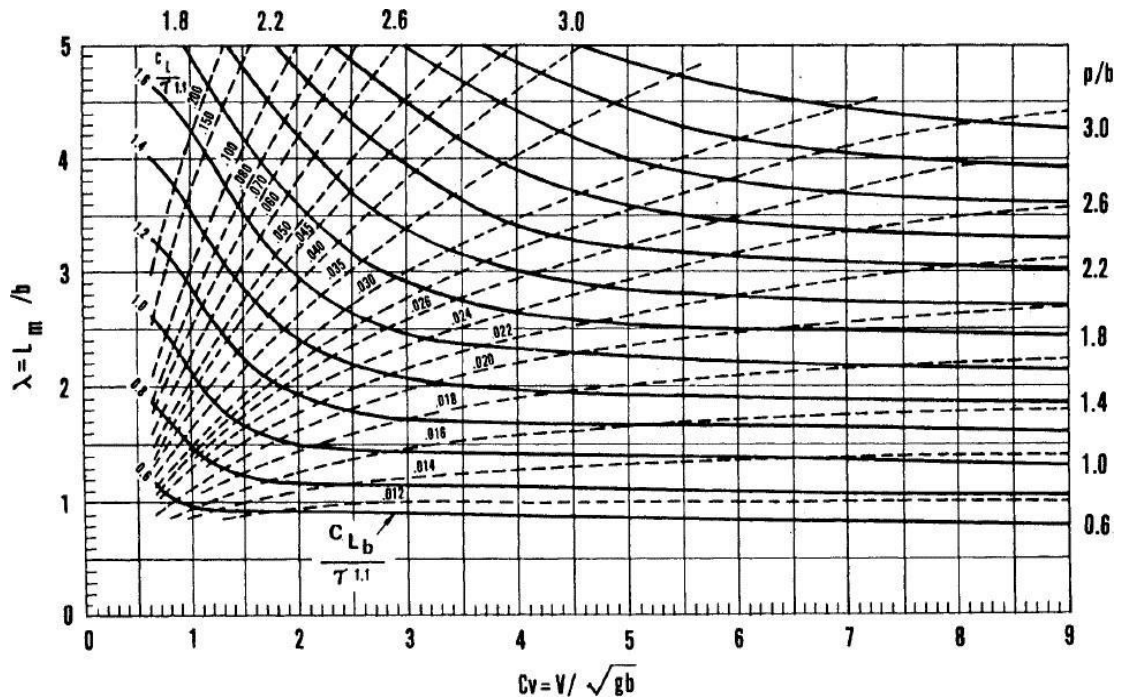
Δ = *Displacement* Kapal (kg)

ρ = Massa Jenis Fluida (kg/m³)

u = Kecepatan Kapal (m/s)

3. τ (sudut trim)

Nilai τ diperoleh dengan cara mengplot nilai LCG/b (p/b) dengan nilai C_v pada Gambar 5.18 *Nomogram for Equilibrium*. Dari pembacaan grafik akan diperoleh nilai $C_l/\tau^{1.1}$ dan nilai λ sehingga nilai τ dapat ditentukan.



Gambar 5. 19 Nomogram for Equilibrium
(Sumber: Lewis dan Editor, 1988)

4. Re (Reynold Number)

Reynold number diformulasikan sebagai berikut:

$$Re = u \lambda b / \mu \dots\dots\dots (5.3)$$

Dimana:

μ = Viskositas Kinematik Fluida (m^2/s)

5. C_f (Koefisien gesek)

Koefisien gesek adalah komponen hambatan yang disebabkan oleh gesekan lambung kapal dengan air laut. C_f difprmulasikan sebagai berikut:

$$C_f = 1 / (3.5 \log Re - 5.96)^2 \dots\dots\dots (5.4)$$

6. β (sudut *deadrise*)

Sudut *Deadrise* adalah sudut kemiringan lambung kapal yang diukur dari *baseline* pada posisi *midhsip* kapal.

Setelah semua komponen didapatkan, maka hambatan total dapat dikalkulasikan dengan formula Savitsky seperti di bawah ini. (Lewis dan Editor, 1988)

$$RT = \Delta \tan \tau + \rho u^2 \lambda b^2 C_f / (2 \cos \tau \cos \beta) \dots\dots\dots (5.5)$$

Dimana:

RT = *Resistance* total kapal (N)

β = sudut *deadrise* pada posisi *midship* kapal (derajat)

Dari perhitungan *resistance* kapal dengan menggunakan metode Savitsky, didapatkan hasil hasil *resistance* kapal adalah sebagai berikut:

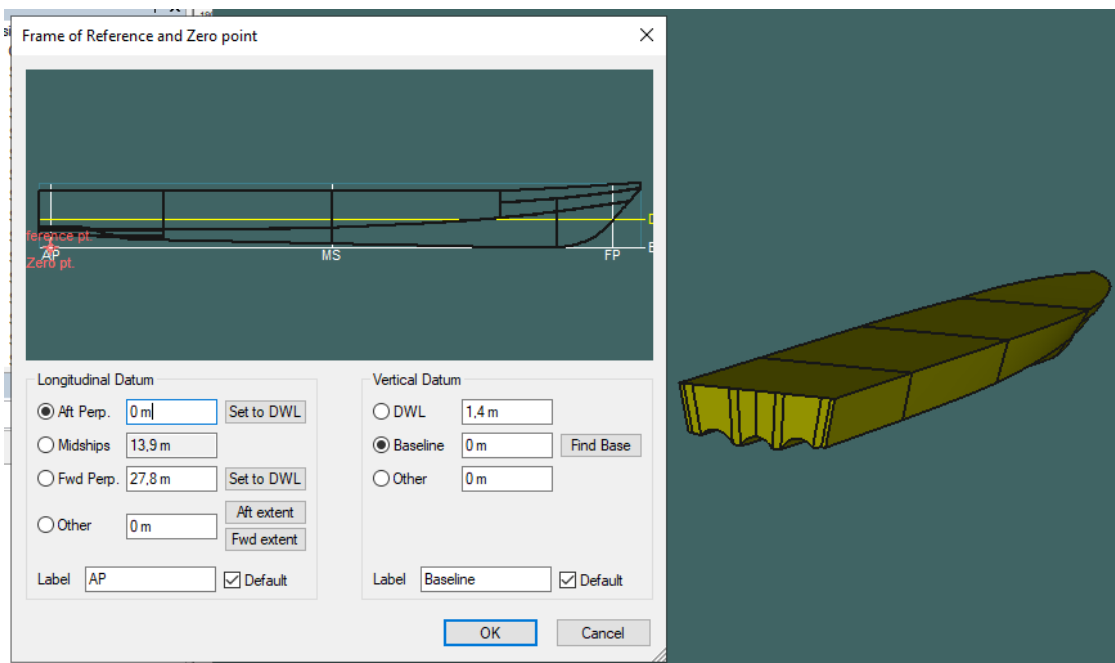
Tabel 5. 5 Hasil *Resistance* Kapal *Crew Boat "Orela"* Berdasarkan Metode Savitsky

Run Ke-	Kecepatan (Knot)	Resistance (N)
1	11	-
2	14	-
3	17	57022.8645
4	20	71308.67912
5	23	82925.64851
6	26	89608.49458

5.5.2. Perhitungan *Resistance* Kapal dengan *Maxsurf Resistance*

Sebelum 3D model kapal disimulasikan menggunakan *Software Maxsurf Resistance* untuk didapatkan nilai *resistance*-nya, terlebih dahulu perlu meng-*import* 3D model kapal yang sudah dalam *format* igs. atau igg. ke *Software Maxsurf Advance Modeller* untuk disesuaikan nilai dari sarat, LPP, dan LWL kapal.

Hal ini diperlukan agar nantinya ketika akan mensimulasi nilai *resistance* kapal pada *software Maxsurf resistance* tidak perlu lagi untuk mengatur nilai – nilai dari *main dimension* kapal. Perlu dipastikan juga bahwa semua *surface* dari model sudah tersambung satu sama lainnya, sehingga tidak terdapat lubang pada 3D model kapal.



Gambar 5. 20 Penyesuaian Sarat, LWL, dan LPP Kapal

Selanjutnya adalah meng-*import* 3D model kapal yang sudah disesuaikan nilai sarat, LWL, dan LPP ke *software Maxsurf Resistance* agar dapat dihitung nilai *resistance* kapal.

Metode perhitungan *resistance* yang dipilih adalah *Savitsky Planning*, dengan variasi kecepatan dimulai dari 11 Knot hingga 26 Knot. Berikut adalah tabel yang menunjukkan hasil *resistance* kapal pada *software Maxsurf Resistance*.

Tabel 5. 6 Hasil *Resistance* Kapal *Crew Boat "Orela"* Menggunakan *Maxsurf Resistance*

	Speed (kn)	Froude No. LWL	Froude No. Vol.	Savitsky Planing Resist. (kN)	Savitsky Planing Power (kW)
1	11,000	0,339	0,837	--	--
2	11,375	0,351	0,866	--	--
3	11,750	0,362	0,894	--	--
4	12,125	0,374	0,923	--	--
5	12,500	0,385	0,952	--	--
6	12,875	0,397	0,980	--	--
7	13,250	0,408	1,009	--	--
8	13,625	0,420	1,037	--	--
9	14,000	0,432	1,066	--	--
10	14,375	0,443	1,094	--	--
11	14,750	0,455	1,123	--	--
12	15,125	0,466	1,151	--	--
13	15,500	0,478	1,180	57,8	459,281
14	15,875	0,489	1,208	58,7	479,488
15	16,250	0,501	1,237	59,8	500,227
16	16,625	0,512	1,265	61,0	521,563
17	17,000	0,524	1,294	62,1	543,480
18	17,375	0,536	1,323	63,3	565,985
19	17,750	0,547	1,351	64,5	589,080
20	18,125	0,559	1,380	65,7	612,770
21	18,500	0,570	1,408	66,9	637,057
22	18,875	0,582	1,437	68,2	661,945
23	19,250	0,593	1,465	69,4	687,435
24	19,625	0,605	1,494	70,7	713,527
25	20,000	0,617	1,522	71,9	740,223
26	20,375	0,628	1,551	73,2	767,521
27	20,750	0,640	1,579	74,5	795,422
28	21,125	0,651	1,608	75,8	823,921
29	21,500	0,663	1,637	77,1	853,018
30	21,875	0,674	1,665	78,4	882,708
31	22,250	0,686	1,694	79,8	912,986
32	22,625	0,697	1,722	81,1	943,847
33	23,000	0,709	1,751	82,4	975,284
34	23,375	0,721	1,779	83,8	1007,289
35	23,750	0,732	1,808	85,1	1039,854
36	24,125	0,744	1,836	86,5	1072,989
37	24,500	0,755	1,865	87,8	1106,622
38	24,875	0,767	1,893	89,1	1140,803
39	25,250	0,778	1,922	90,5	1175,497
40	25,625	0,790	1,951	91,8	1210,692
41	26,000	0,801	1,979	93,2	1246,370

Dapat dilihat pada tabel 5.4 dan 5.5, baik dengan perhitungan menggunakan rumus empirik maupun dengan menggunakan *Maxsurf Resistance*, bahwa pada kecepatan rendah nilai *resistance* untuk kapal tersebut tidak muncul, hal ini dikarenakan nilai *Froude Number* kapal *crew boat* "Orela" pada kecepatan tersebut tidak masuk ke dalam *range Froude Number* yang dianjurkan untuk dihitung menggunakan metode Savitsky. Berdasarkan buku "*Ship Resistance and Propulsion: Practical Estimation of Ship Propulsive Power*" edisi kedua oleh Anthony F. Molland, bahwa metode Savitsky hanya dapat digunakan untuk perhitungan *resistance* kapal *planning* yang bergerak dengan kecepatan dimana nilai *Froude Number Displacement*-nya berada pada angka lebih dari 1 (satu).

5.5.3. Validasi Hasil Simulasi 3D Model Kapal ke Data Pembanding Lainnya

Selain dibandingkan dengan hasil perhitungan empirik maupun *maxsurf resistance*, validasi juga dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi CFD ke hasil eksperimen yang dilakukan oleh Riyadi dan Suastika (2020) pada jurnal yang berjudul "*Experimental and Numerical Study of High Froude-number Resistance of Ship Utilizing a Hull Vane®: A Case Study of a Hard-chine Crew Boat*"

Tabel 5. 7 Hasil Eksperimen oleh Riyadi dan Suastika (2020)

Run Ke-	Kecepatan (Knot)	Resistance (N)
1	20	72110.98
2	22	79701.61
3	24	88810.37
4	26	97160.06

Dari simulasi kapal tanpa *hull vane* menggunakan simulasi CFD, didapatkan nilai *resistance* kapal, dapat dilihat pada tabel 5.8 berikut.

Tabel 5. 8 Hasil *Resistance* Kapal *Crew Boat "Orela"* dengan Menggunakan Simulasi CFD

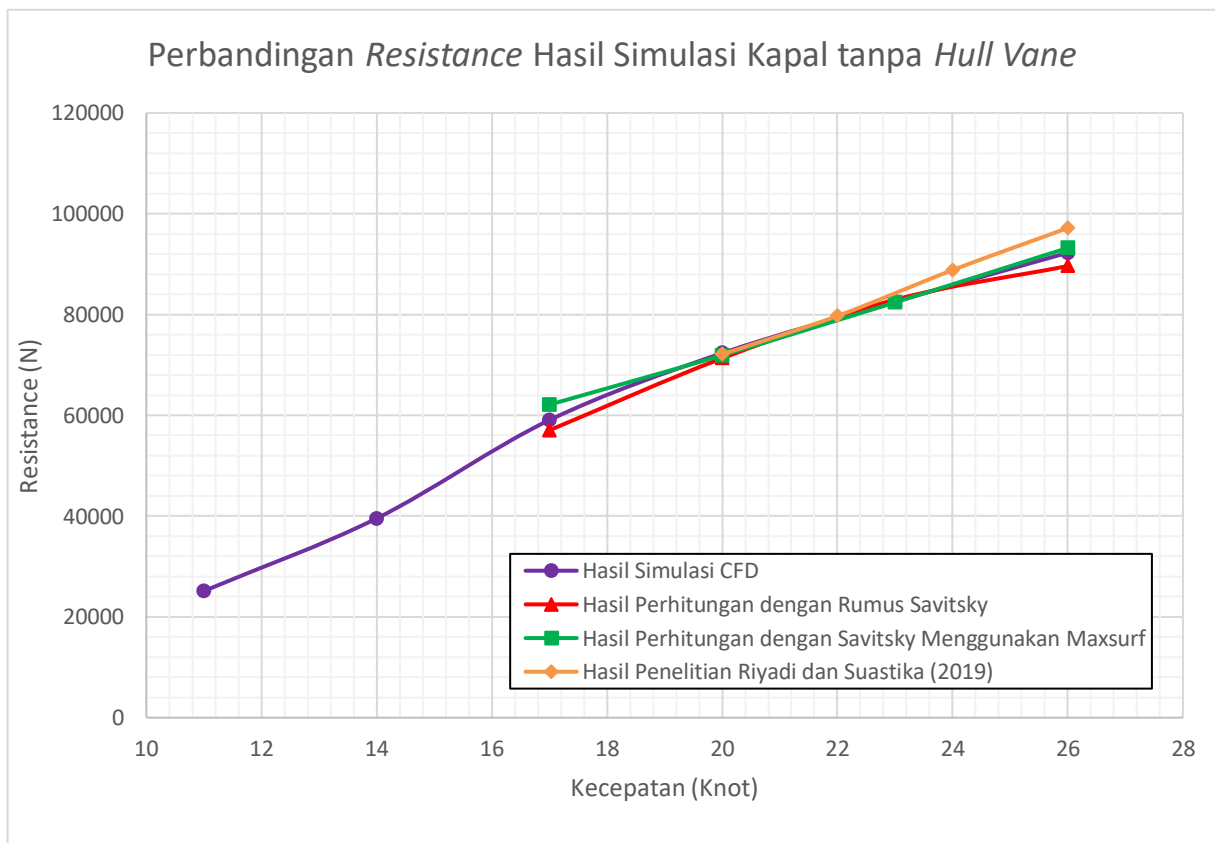
Run Ke-	Kecepatan (Knot)	Resistance (N)
1	11	25122
2	14	39538
3	17	59044
4	20	72328
5	23	82544
6	26	92254

Dan selisih perbedaan nilai *resistance* dengan menggunakan metode Savitsky baik dengan perhitungan empirik maupun dengan *Maxsurf Resistance* serta terhadap hasil eksperimen oleh Riyadi dan Suastika (2020) dapat dilihat pada tabel 5.9.

Tabel 5. 9 Selisih Hasil *Resistance* CFD dengan Metode Lain dan Eksperimen

Run ke -	Kecepatan (Knot)	Selisih ke Perhitungan Empirik	Selisih ke Maxsurf Reistance	Selisih ke Eksperimen
1	11	-	-	-
2	14	-	-	-
3	17	3.4%	-5.2%	-
4	20	1.4%	0.6%	0.3%
5	23	-0.5%	0.2%	-
6	26	2.9%	-1.0%	-5.3%

Dapat dilihat pada table 5.9, bahwa pada kecepatan 23 knot tidak terdapat validasi *resistance*-nya ke hasil eksperimen Riyadi dan Suastika (2020) dikarenakan eksperimen tersebut tidak dilakukan pada kecepatan 23 knot, melainkan pada kecepatan 22 knot dan 24 knot, sehingga untuk memvalidasinya digunakan grafik. Dan apabila apabila hasil grafik antara simulasi CFD dan eksperimen oleh Riyadi dan Suastika (2020) sudah berhimpit, maka hasil simulasi CFD dapat dianggap valid. Untuk lebih jelasnya, seluruh hasil nilai *resistance* kapal *crew boat* “Orela” tanpa *hull vane* yang didapatkan dari setiap metode pengujian, metode perhitungan empirik, dan eksperimen sudah diplot pada grafik Perbandingan *Resistance* Hasil Simulasi Kapal tanpa *Hull Vane* pada Gambar 5.21 berikut ini.



Gambar 5. 21 Grafik Perbandingan Hasil *Resistance* Simulasi Kapal tanpa *Hull Vane*

Dapat dilihat pada tabel 5.9 dan Gambar 5.21 bahwa perbandingan nilai *resistance* kapal *crew boat* “Orela” dengan menggunakan CFD dan metode lain memiliki nilai selisih terbesar yakni 5.3%, dengan demikian hasil simulasi CFD tersebut dapat dikatakan valid. Untuk kecepatan rendah, *setting mesh* dan *setup solver* yang digunakan sama dengan simulasi pada kecepatan tinggi dan perbedaannya hanya pada nilai kecepataannya saja, sehingga untuk hasil simulasi pada kecepatan rendah sekalipun dapat dianggap valid.

BAB 6 HASIL DAN PEMBAHASAN

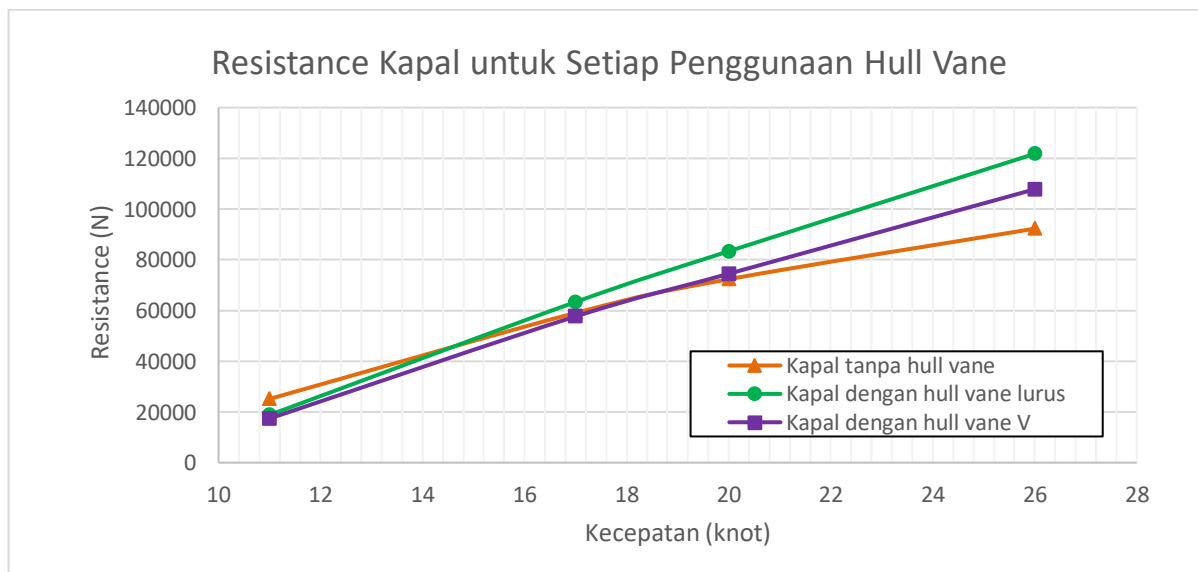
6.1. Resistance Kapal Hasil Simulasi CFD untuk Setiap Variasi Penggunaan Hull Vane

Simulasi CFD kapal *crew boat* "Orela" pada setiap kecepatan dilakukan pada *software* NUMECA *FineMarine*. Dari simulasi tersebut didapatkan nilai *resistance* kapal yang akan dibandingkan dengan nilai *resistance* kapal yang dipasang dengan *hull vane* pada buritannya. Berikut disajikan tabel nilai *resistance* kapal *crew boat* "Orela" pada yang didapatkan dari simulasi CFD pada *software* NUMECA *FineMarine*.

Tabel 6. 1 Nilai *Resistance* Kapal pada Setiap Variasi Kecepatan

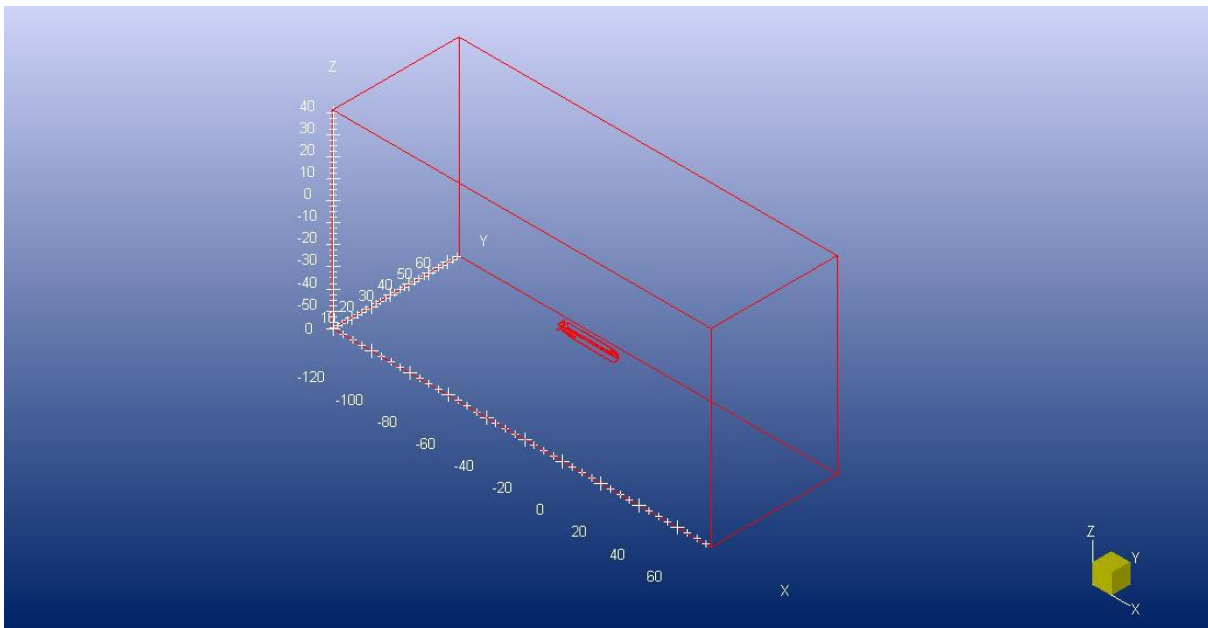
Kec. (Knot)	<i>Resistance</i> (N)		
	Kapal tanpa <i>hull vane</i>	Kapal dengan <i>hull vane</i> lurus	Kapal dengan <i>hull vane</i> V
11	25122	18818	17398
17	59044	63358	57662
20	72328	83349	74473
26	92254	121764	107792

Untuk dapat dilihat lebih jelas hubungan diantara masing – masing variasi kecepatan untuk nilai *resistance* yang dihasilkan pada setiap variasi penggunaan *hull vane*, baik itu untuk kapal tanpa *hull vane*, menggunakan *hull vane* lurus, ataupun menggunakan *hull vane* V, berikut disajikan grafik nilai *resistance* kapal *crew boat* "Orela" dengan variasi penggunaan *hull vane* pada setiap variasi kecepatan yang dapat dilihat pada Gambar 6.1 berikut.



Gambar 6. 1 Grafik *Resistance* Kapal *Crew Boat* "Orela"

Sebelum masuk lebih dalam ke pembahasan terhadap hasil *resistance* yang didapatkan dari hasil simulasi, dapat dilihat pada gambar 6.2 berikut ini.



Gambar 6. 2 Posisi Koordinat Absolut pada Simulasi yang Dilakukan

Dari gambar tersebut, dapat dilihat bahwa koordinat absolut berada pada pengamat diluar kapal yang dilakukan proses simulasi, sehingga untuk besaran – besaran yang didapatkan dari hasil simulasi, nilai besaran tersebut mengacu pada koordinat absolut yang berada pada pengamat diluar kapal ini. Untuk gerakan *pitch* kapal (gerakan rotasi terhadap sumbu Y), nilai positif apabila gerakan rotasi searah jarum jam, dan sebaliknya, akan bernilai negative apabila berlawanan arah jarum jam.

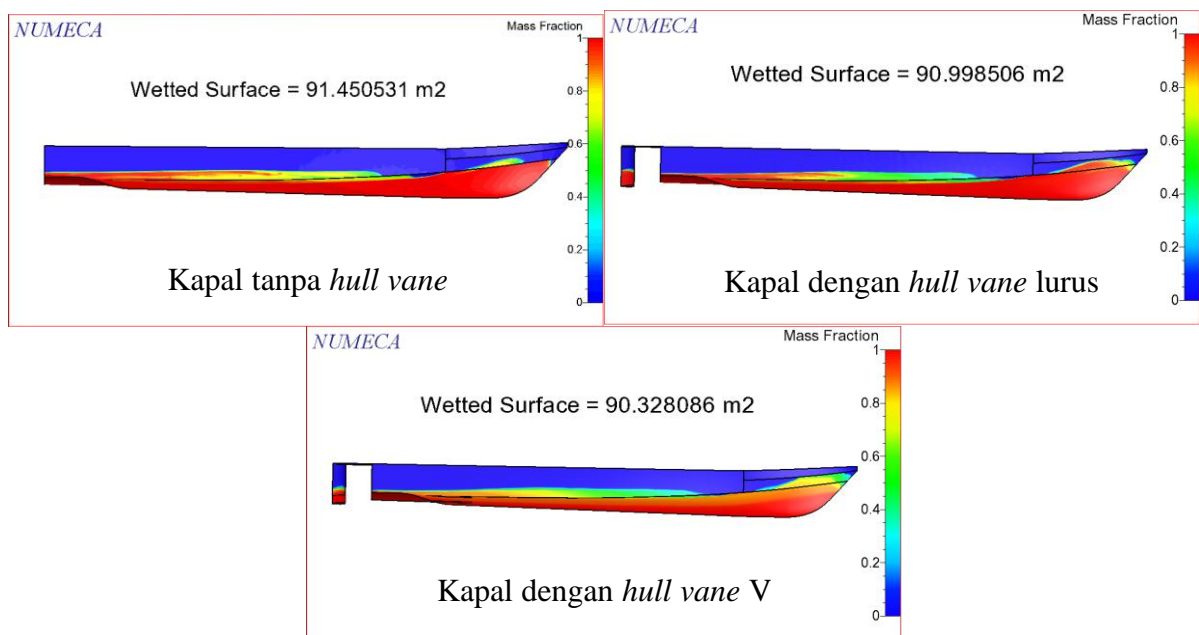
6.2. Perbandingan *Resistance* Kapal pada Kecepatan 11 Knot untuk Setiap Variasi Penggunaan *Hull Vane*

Dapat dilihat pada tabel 6.1 bahwa pada setiap variasi penggunaan *hull vane* memiliki hasil nilai *resistance* yang berbeda – beda, hal ini tentu saja dipengaruhi oleh *hull vane* yang memberikan gaya angkat (*lift*) pada kapal sehingga membuat adanya perbedaan pada WSA (*Wetted Surface Area*) kapal, dimana nilai WSA tersebut sangat mempengaruhi nilai *resistance* yang dihasilkan.

Pada kecepatan 11 knot, nilai *resistance* kapal semakin berkurang ketika ditambahkan *hull vane* berbentuk lurus yakni berkurang sebesar 25.1%. Dan nilai *resistance* kapal semakin berkurang ketika dipasangkan dengan *hull vane* berbentuk V, sebesar 7.5% jika dibandingkan dengan penggunaan *hull vane* berbentuk lurus, dan berkurang sebesar 30.7% jika dibandingkan

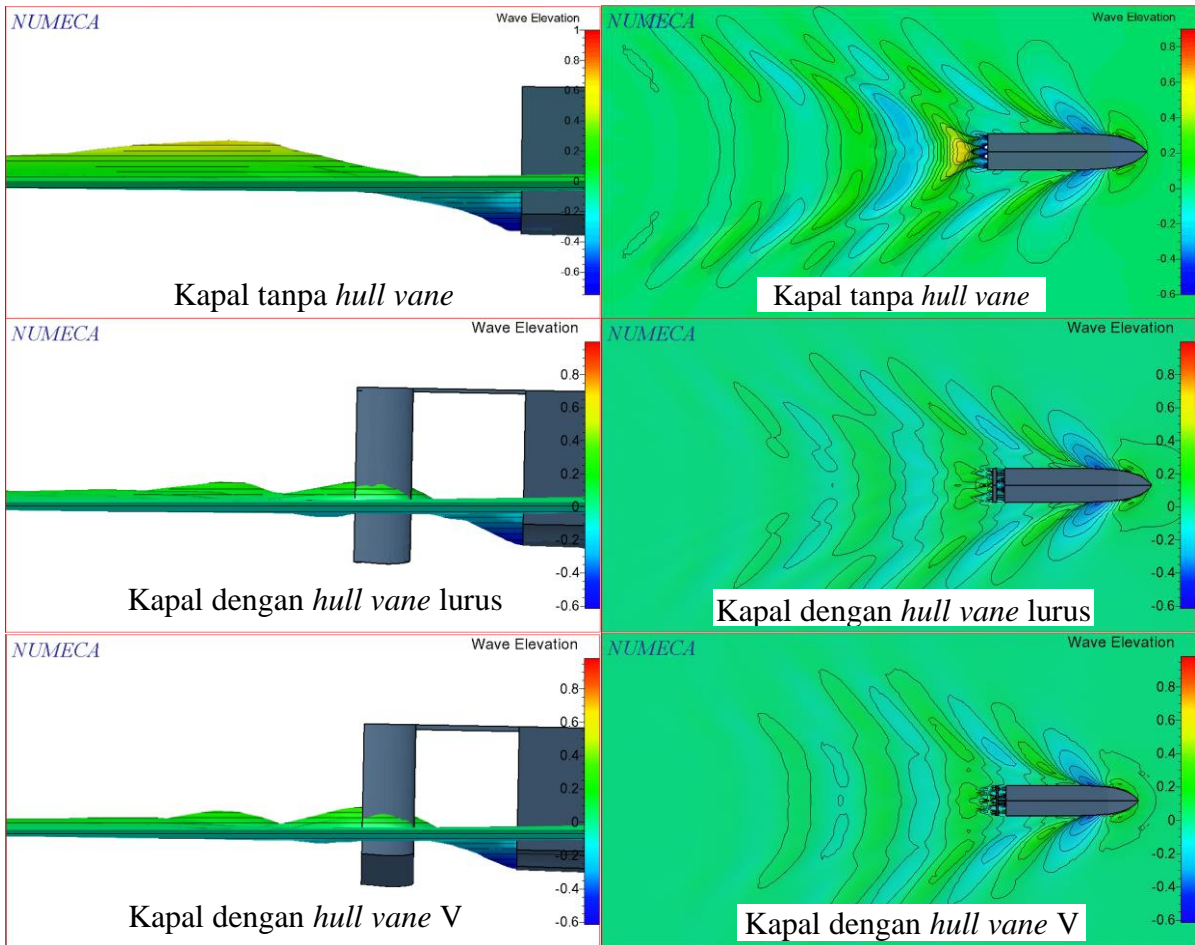
dengan kapal tanpa *hull vane*. Pada kasus ini terlihat bahwa penggunaan *hull vane* berbentuk lurus dengan *angle of attack* sebesar 2° berpengaruh dalam mengurangi hambatan total kapal, dan pengurangan hambatan kapal semakin besar ketika *hull vane* yang digunakan adalah *hull vane* berbentuk V dengan *angle of attack* sebesar 2° .

Pada kecepatan 11 knot, penggunaan *hull vane* cukup efektif dalam mengurangi hambatan total. Terdapat beberapa faktor yang dapat menyebabkan hal ini terjadi. Yang pertama adalah WSA kapal baik dengan ataupun tanpa *hull vane*. Kapal tanpa *hull vane* memiliki WSA yang lebih besar dibanding kapal dengan *hull vane* baik itu untuk berbentuk lurus maupun V seperti yang dapat dilihat pada gambar berikut.



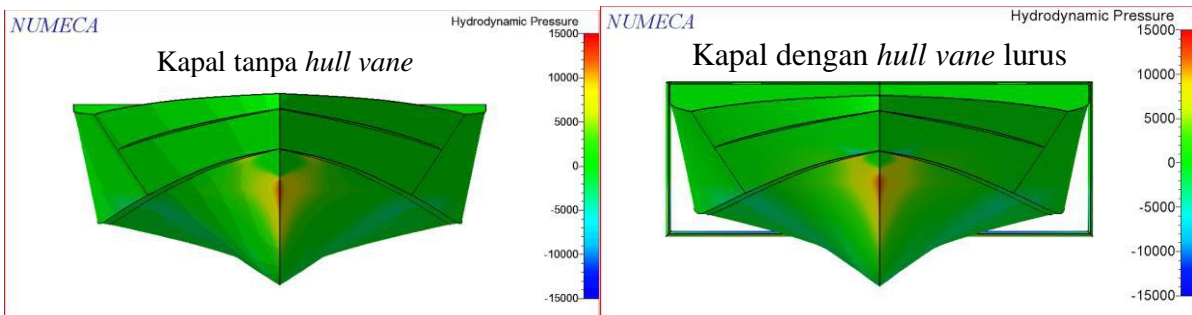
Gambar 6. 3 WSA Kapal Hasil Simulasi CFD pada Kecepatan 11 Knot

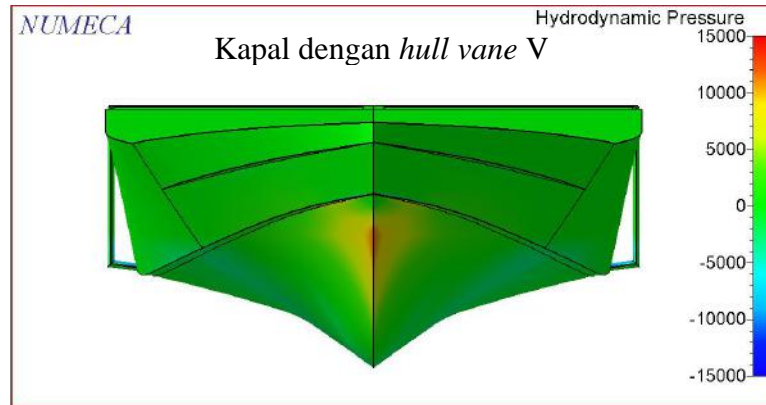
WSA yang ditunjukkan pada gambar merupakan setengah dari WSA total kapal dikarenakan simulasi yang dilakukan dengan *geometry half body* agar mempercepat proses simulasi. Dengan kata lain, WSA total kapal tanpa *hull vane* sebesar 182.901 m^2 , kapal dengan *hull vane* lurus sebesar 181.997 m^2 , dan kapal dengan *hull vane* V sebesar 180.656 m^2 . Perbedaan WSA dari setiap variasi memang tidak begitu signifikan, namun hal ini menjadi salah satu faktor kapal tanpa *hull vane* memiliki *resistance* total tertinggi. Selain itu gelombang yang dihasilkan pada buritan kapal juga dapat mempengaruhi hambatan total kapal karena dapat menghasilkan *wave resistance*. Bentuk gelombang kapal tanpa *hull vane* adalah yang paling tinggi dan paling panjang dibanding kapal dengan *hull vane* baik berbentuk lurus maupun berbentuk V, seperti yang dapat dilihat pada gambar visualisasi gelombang pada buritan kapal di halaman berikutnya.



Gambar 6. 4 Visualisasi Gelombang di Buritan Kapal pada Kecepatan 11 Knot

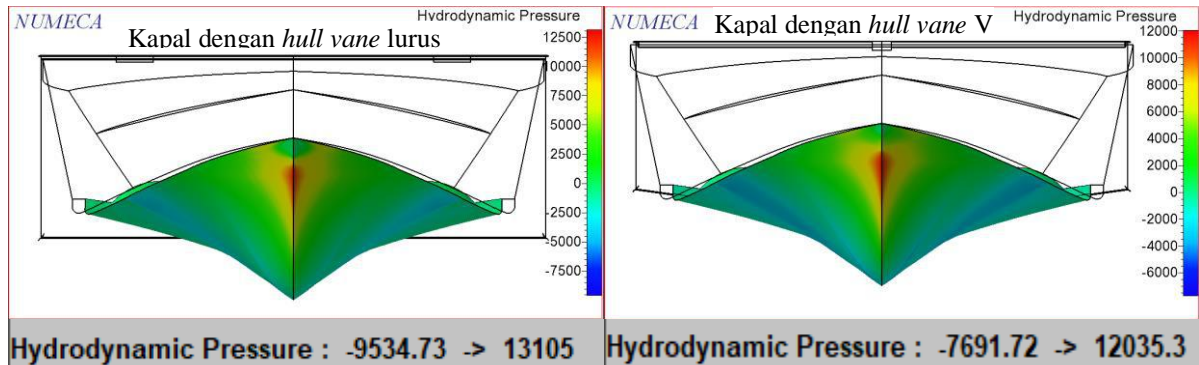
Seperti yang dapat dilihat pada gambar di atas, gelombang yang dihasilkan oleh kapal tanpa *hull vane* di bagian buritannya memiliki ketinggian sekitar 0.5 m berdasarkan skala warnanya, sedangkan kapal dengan *hull vane* lurus maupun V memiliki ketinggian gelombang berkisar 0.3 m. Selain itu, gelombang yang dihasilkan kapal tanpa *hull vane* juga lebih panjang dibanding kapal dengan *hull vane*. Hal ini cukup menunjukkan bahwa *wave resistance* kapal tanpa *hull vane* adalah yang terbesar. Untuk kapal dengan *hull vane* lurus memiliki ketinggian dan panjang gelombang yang relatif sama dengan kapal dengan *hull vane* V. Selain WSA, hal yang mempengaruhi *resistance* untuk kapal dengan *hull vane* adalah *hydrodynamics pressure* pada bagian haluannya, seperti yang dapat dilihat pada gambar berikut.





Gambar 6. 5 *Hydrodynamics Pressure* di Lambung Kapal pada Kecepatan 11 Knot

Apabila dipilih satu *surface* tertentu untuk diobservasi nilai *pressure*-nya, lalu *colormap* pada *CFview* dipilih yang *optimal range*, maka dapat diketahui berapa nilai maksimal *pressure* yang terjadi pada *surface* tersebut, seperti yang dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 6. 6 *Hydrodynamics Pressure* Kapal dengan *Hull Vane* Lurus dan V (11 Knot)

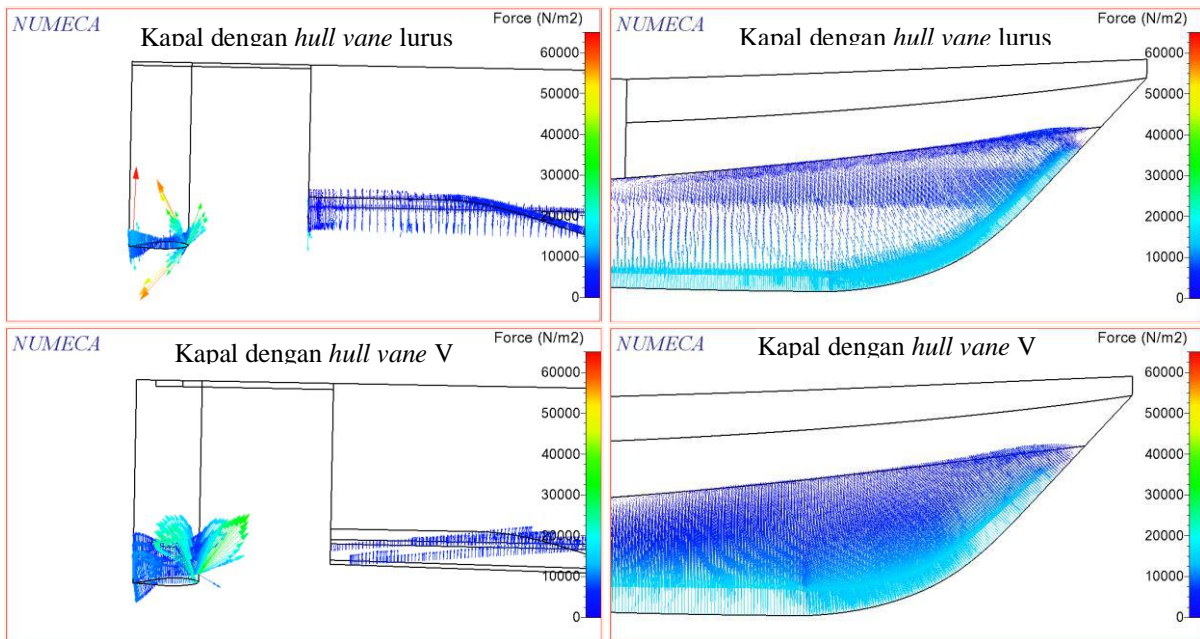
Dapat dilihat, bahwa *pressure* yang terjadi pada kapal dengan *hull vane* lurus lebih besar dibanding kapal dengan *hull vane* V. Nilai *pressure* sendiri berbanding lurus dengan *force*, sehingga semakin besar *pressure* maka akan semakin besar juga nilai *force* nya dimana dalam kasus ini adalah *resistance* kapal. Kapal pada kecepatan 11 knot dengan penggunaan *hull vane* terjadi trim haluan seperti yang dapat dilihat pada tabel sudut *pitch* kapal berikut.

Tabel 6. 2 Nilai Sudut *Pitch* Kapal untuk Setiap Variasi Penggunaan *Hull Vane* (11 Knot)

No.	Variasi Penggunaan <i>Hull Vane</i>	Sudut <i>Pitch</i>
1	Kapal tanpa <i>Hull Vane</i>	0.4266°
2	Kapal dengan <i>Hull Vane</i> Berbentuk Lurus	1.0954°
3	Kapal dengan <i>Hull Vane</i> Berbentuk V	1.0811°

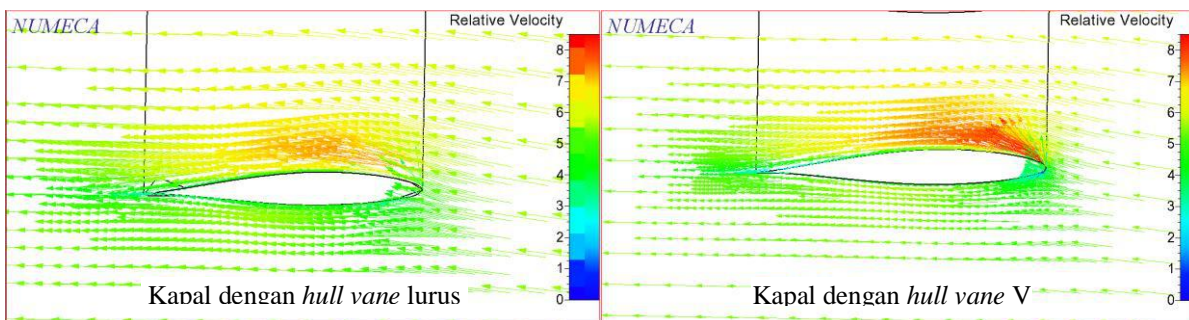
Meskipun pada kecepatan yang relatif rendah, penggunaan *hull vane* sudah memberi gaya angkat pada buritan kapal. Gaya angkat tersebut masih lebih besar dibanding gaya angkat yang dihasilkan pada haluan kapal sehingga terjadi gerakan *pitch* sebesar yang ditunjukkan pada tabel, dan karena gaya angkat ini pula yang menyebabkan kapal dengan *hull vane* menjadi

lebih trim haluan dibanding kapal tanpa *hull vane*. Dimana vektor gaya yang dihasilkan oleh *hull vane* dan haluan kapal dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 6. 7 Vektor Gaya Kapal dengan *Hull Vane* Lurus dan V (11 Knot)

Vektor gaya yang dihasilkan *hull vane* lurus memiliki *range* yang sama dengan *hull vane* V yakni pada sekitar 30000 N, namun *hull vane* lurus terdapat beberapa vektor gaya mencapai hingga 50000 N dan 60000 N. Hal inilah yang menyebabkan sudut *pitch* yang terjadi pada kapal dengan *hull vane* lurus sedikit lebih besar dibanding kapal dengan *hull vane* V. Untuk vektor gaya pada bagian haluan kapal baik itu dengan *hull vane* lurus maupun *hull vane* V, memiliki persebaran yang hampir sama yakni pada sekitar 10000 N hingga 20000 N. Gaya angkat yang dihasilkan oleh *hull vane* karena *lower surface hull vane* memiliki kecepatan yang lebih rendah dibanding *upper surface* – nya sehingga tekanan pada *lower surface* lebih tinggi dibanding *upper surface* dan memberikan gaya angkat pada kapal sesuai dengan hukum Bernoulli. Vektor kecepatan aliran pada *hull vane* dapat dilihat pada gambar berikut.



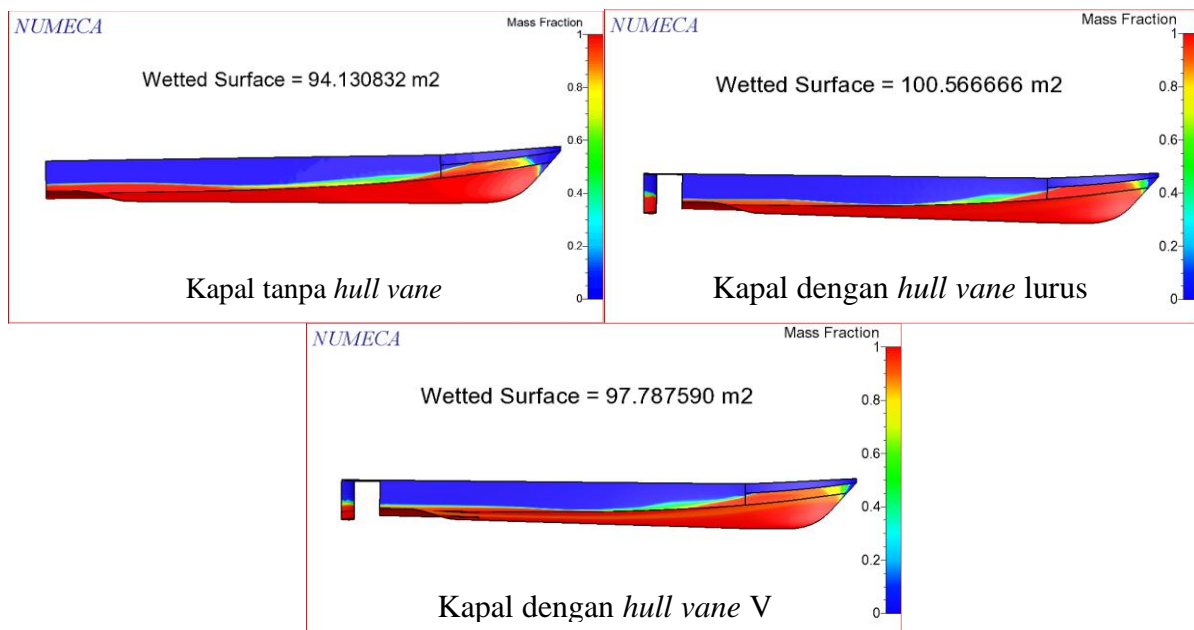
Gambar 6. 8 Vektor Kecepatan Aliran *Hull Vane* Lurus dan V (11 Knot)

6.3. Perbandingan *Resistance* Kapal pada Kecepatan 17 Knot untuk Setiap Variasi Penggunaan *Hull Vane*

Dapat dilihat pada tabel 6.1 bahwa pada setiap variasi penggunaan *hull vane* memiliki hasil nilai *resistance* yang berbeda – beda, hal ini tentu saja dipengaruhi oleh *hull vane* yang memberikan gaya angkat (*lift*) pada kapal sehingga membuat adanya perbedaan pada WSA (*Wetted Surface Area*) kapal, dimana nilai WSA tersebut sangat mempengaruhi nilai *resistance* yang dihasilkan.

Pada kecepatan 17 knot, nilai *resistance* kapal tanpa *hull vane* semakin bertambah ketika ditambahkan *hull vane* berbentuk lurus yakni bertambah sebesar 7.31%. Namun, nilai *resistance* kapal semakin berkurang ketika dipasangkan dengan *hull vane* berbentuk V, pengurangan yang terjadi sebesar 2.34%, dan jika *hull vane* berbentuk V dibandingkan dengan penggunaan *hull vane* berbentuk lurus pengurangan *resistance* yang terjadi sebesar 9.17%. Pada kasus ini terlihat bahwa penggunaan *hull vane* berbentuk lurus dengan *angle of attack* sebesar 2° malah menambah hambatan total kapal, dan terjadi pengurangan hambatan kapal ketika *hull vane* yang digunakan adalah *hull vane* berbentuk V dengan *angle of attack* sebesar 2° .

Pada kecepatan 17 knot, penggunaan *hull vane* masih mengurangi hambatan total kapal meskipun tidak terlalu besar untuk penggunaan *hull vane* V, dan menambah hambatan total untuk *hull vane* lurus. Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi, sehingga hal ini bisa terjadi. Pertama perlu ditinjau terlebih dahulu untuk nilai WSA yang dihasilkan oleh kapal. Dimana nilai WSA tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.



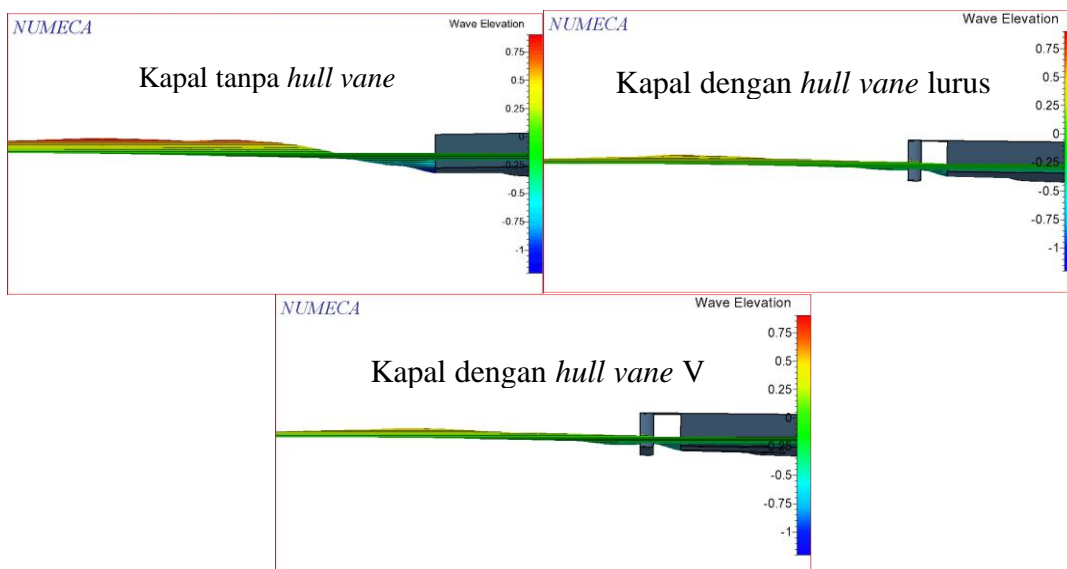
Gambar 6. 9 WSA Kapal Hasil Simulasi CFD pada Kecepatan 17 Knot

Dari gambar 6.9 dapat diketahui bahwa WSA total kapal tanpa *hull vane* sebesar 188.262 m², kapal dengan *hull vane* lurus sebesar 201.132 m², dan kapal dengan *hull vane* V sebesar 195.574 m². Kapal tanpa *hull vane* memiliki WSA terkecil diantara ketiga variasi pada kecepatan 17 knot. Hal ini dikarenakan pada kecepatan 17 knot, kapal tanpa *hull vane* mulai mengalami *planing* dibuktikan dengan sudut *pitch* yang terjadi pada kapal seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 6. 3 Nilai Sudut *Pitch* Kapal untuk Setiap Variasi Penggunaan *Hull Vane* (17 Knot)

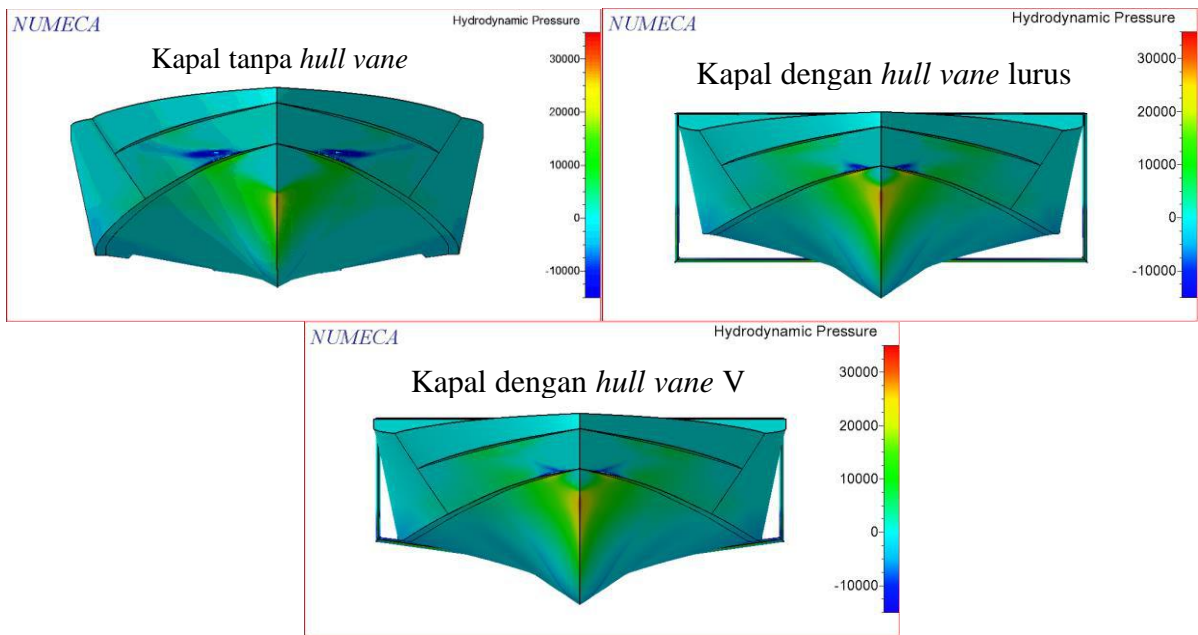
No.	Variasi Penggunaan <i>Hull Vane</i>	Sudut <i>Pitch</i>
1	Kapal tanpa <i>Hull Vane</i>	-0.8587°
2	Kapal dengan <i>Hull Vane</i> Berbentuk Lurus	0.6658°
3	Kapal dengan <i>Hull Vane</i> Berbentuk V	0.5789°

Nilai negatif pada sudut *pitch* manandakan bahwa terjadi gerakan rotasi pada kapal berlawanan arah jarum jam pada sumbu Y. Karena terjadi *planing*, sehingga bagian haluan kapal lebih terangkat dibanding kapal dengan *hull vane*. Bagian haluan kapal adalah bagian yang “gemuk” sehingga WSA yang diberikan haluan pun lebih besar dibanding buritannya. Hal ini juga menjelaskan mengapa kapal tanpa *hull vane* memiliki WSA yang lebih kecil dibanding kapal dengan *hull vane* meskipun pada bagian buritan kapal dengan *hull vane* mendapat gaya angkat. Namun, dari hasil simulasi didapatkan bahwa kapal dengan *hull vane* V menghasilkan *resistance* lebih kecil dibanding kapal tanpa *hull vane* meskipun WSA kapal tanpa *hull vane* lebih kecil. Hal ini dikarenakan masih terdapat faktor lain yang dapat mempengaruhi *resistance* total kapal, salah satunya adalah gelombang yang terbentuk pada buritan kapal yang dapat menyebabkan *wave resistance*, dimana bentuk gelombang tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.



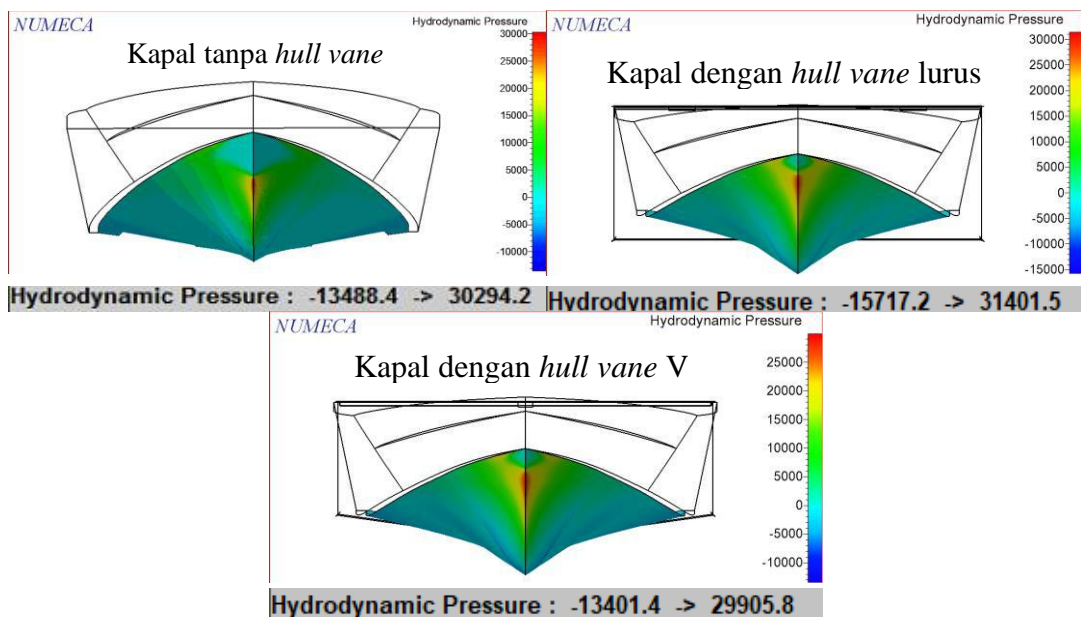
Gambar 6. 10 Visualisasi Gelombang di Buritan Kapal pada Kecepatan 17 Knot

Dari gambar 6.10 dapat dilihat bahwa gelombang yang dihasilkan oleh kapal tanpa *hull vane* cukup tinggi mencapai 0.8 m berdasarkan skala warna, dan kapal dengan *hull vane* memiliki tinggi gelombang yang relatif sama yakni sekitar 0.3 m. Meskipun menghasilkan gelombang yang lebih tinggi dibanding kapal dengan *hull vane* lurus, tetapi *resistance* total kapal tanpa *hull vane* masih lebih kecil dibanding kapal dengan *hull vane* lurus. Faktor lain yang mempengaruhi adalah *hydrodynamics pressure* yang terjadi pada haluan kapal, seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut.



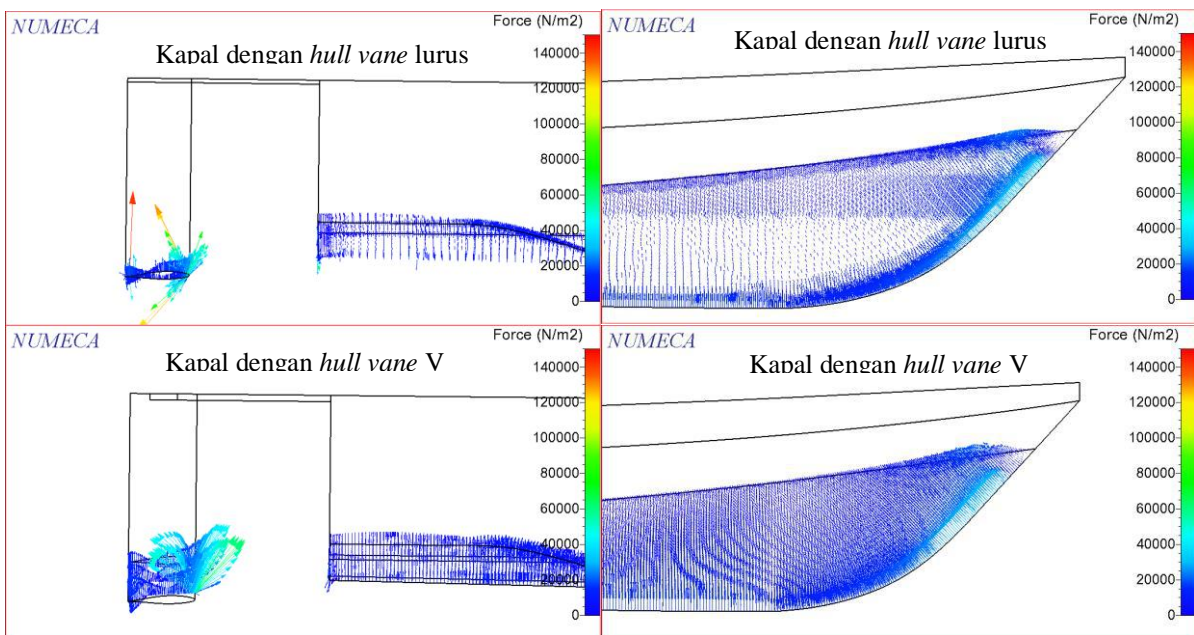
Gambar 6. 11 *Hydrodynamics Pressure* di Lambung Kapal pada Kecepatan 17 Knot

Dan apabila dipilih *surface* tertentu untuk ditinjau nilai *pressure*, maka dapat diketahui nilai *pressure* pada haluan kapal seperti yang dapat dilihat pada gambar berikut.



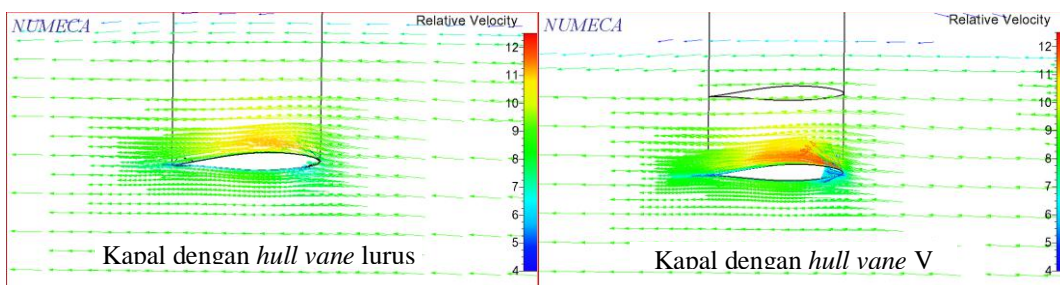
Gambar 6. 12 *Hydrodynamics Pressure* di Haluan Kapal pada Kecepatan 17 Knot

Nilai *hydrodynamics pressure* yang ditunjukkan pada gambar 6.12 cukup bersesuaian dengan *resistance* kapal, dimana *pressure* paling besar dialami kapal dengan *hull vane* lurus lalau diikuti kapal tanpa *hull vane*, dan yang terkecil pada kapal dengan *hull vane* V. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 6.9 dan juga pada tabel 6.3, bahwa kapal tanpa *hull vane* terjadi *planing* sedangkan kapal dengan *hull vane* terjadi trim haluan, dimana trim ini terjadi karena gaya angkat yang dihasilkan oleh *hull vane* lebih besar dibanding gaya angkat yang dihasilkan haluan kapal. Vektor gaya yang dihasilkan oleh *hull vane* dan haluan kapal dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 6. 13 Vektor Gaya Kapal dengan *Hull Vane* Lurus dan V (17 Knot)

Seperti yang dapat dilihat pada gambar 6.13, vektor gaya yang dihasilkan baik *hull vane* lurus maupun *hull vane* V hampir sama berkisar di 50000 N, namun terdapat beberapa vektor gaya pada *hull vane* lurus yang mencapai 120000 N dan 140000 N. sehingga menyebabkan kapal dengan *hull vane* lurus lebih trim haluan dibanding kapal dengan *hull vane* V. Vektor gaya pada bagian haluannya memiliki persebaran yang relatif sama baik kapal dengan *hull vane* lurus maupun V, berkisar di 20000 N hingga 40000 N. Gaya angkat *hull vane* dihasilkan dari perbedaan kecepatan pada *upper* dan *lower surface* – nya sesuai hukum Bernoulli.



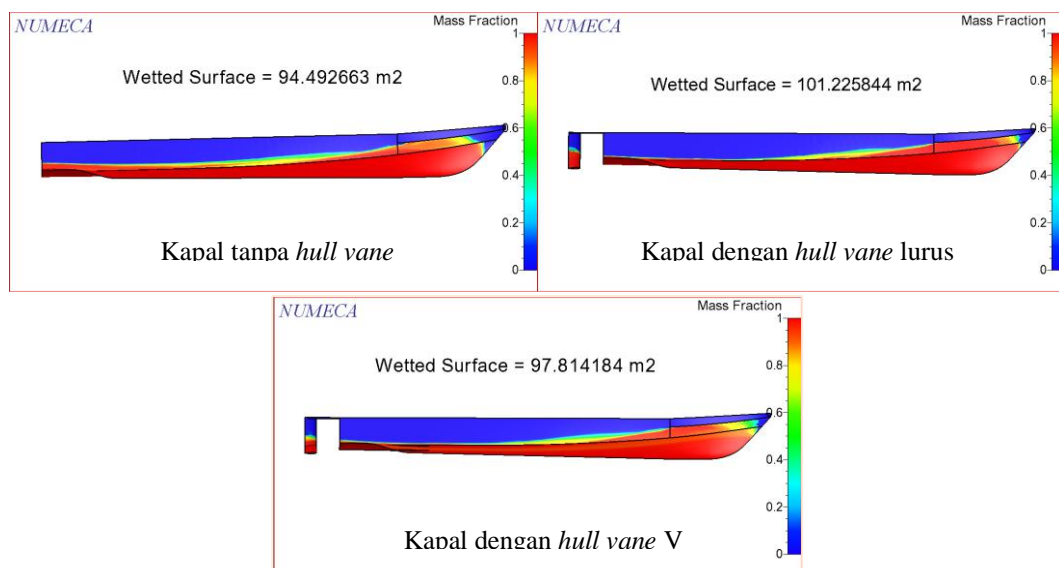
Gambar 6. 14 Vektor Kecepatan Aliran *Hull Vane* Lurus dan V (17 Knot)

6.4. Perbandingan *Resistance* Kapal pada Kecepatan 20 Knot untuk Setiap Variasi Penggunaan *Hull Vane*

Dapat dilihat pada tabel 6.1 bahwa pada setiap variasi penggunaan *hull vane* memiliki hasil nilai *resistance* yang berbeda – beda, seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, hal ini dipengaruhi oleh *hull vane* yang memberikan gaya angkat (*lift*) pada kapal sehingga membuat adanya perbedaan pada WSA (*Wetted Surface Area*) kapal, dimana nilai WSA tersebut sangat mempengaruhi nilai *resistance* yang dihasilkan.

Pada kecepatan 20 knot, nilai *resistance* kapal tanpa *hull vane* semakin bertambah ketika ditambahkan *hull vane* berbentuk lurus yakni bertambah sebesar 15.2%. Dan nilai *resistance* kapal masih tetap lebih besar ketika dipasangkan dengan *hull vane* berbentuk V, penambahan yang terjadi sebesar 2.97% jika dibandingkan dengan kapal tanpa *hull vane*, namun penggunaan *hull vane* berbentuk V mengurangi *resistance* sebesar sebesar 10.6% jika dibandingkan dengan nilai *resistance* kapal menggunakan *hull vane* berbentuk lurus. Pada kasus ini terlihat bahwa penggunaan *hull vane* berbentuk lurus dengan *angle of attack* sebesar 2° malah menambah *resistance* total kapal, begitu juga dengan penggunaan *hull vane* berbentuk V, hanya saja nilai penambahan *resistance*-nya tidak signifikan dengan penggunaan *hull vane* berbentuk lurus, dan penggunaan *hull vane* berbentuk V mengurangi *resistance* kapal jika dibandingkan dengan penggunaan *hull vane* berbentuk lurus.

Resistance total yang lebih besar ketika dipasangkan *hull vane* dapat diakibatkan beberapa faktor, salah satunya adalah WSA kapal.



Gambar 6. 15 WSA Kapal Hasil Simulasi CFD pada Kecepatan 20 Knot

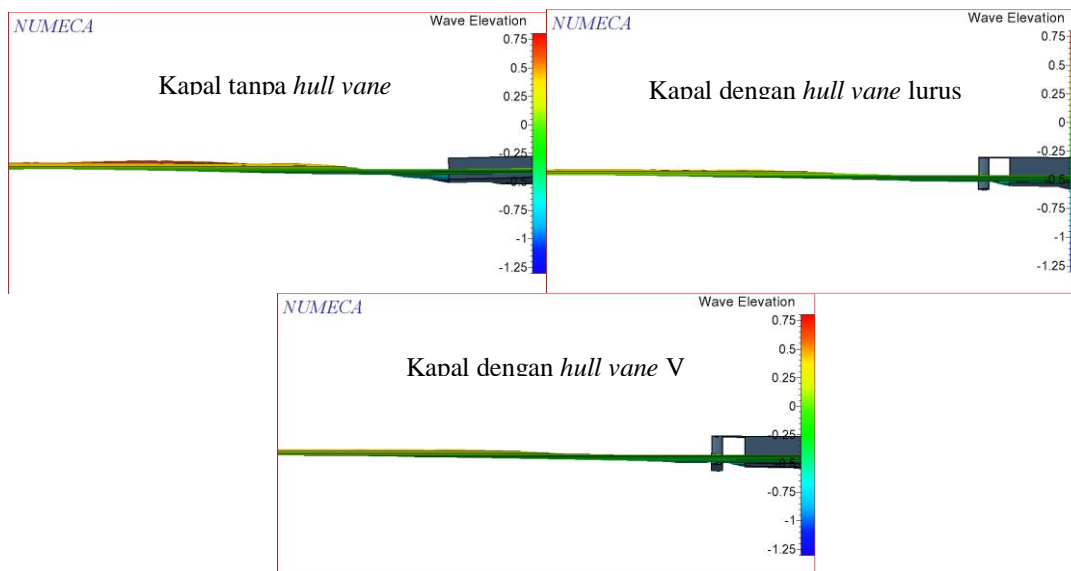
Dari gambar 6.15, dapat diketahui bahwa WSA total untuk kapal tanpa *hull vane* adalah 188.986 m², kapal dengan *hull vane* lurus sebesar 202.452 m², dan kapal dengan *hull vane* V

sebesar 195.628 m². Kapal tanpa *hull vane* memiliki WSA terkecil diantara ketiga variasi penggunaan *hull vane*. Dimana hal ini bersesuaian dengan *resistance* total yang dihasilkan oleh kapal. Perbedaan WSA ini terjadi karena kapal tanpa *hull vane* terjadi *planing* sehingga haluannya terangkat sedangkan kapal dengan *hull vane* terjadi trim haluan karena mendapat gaya angkat pada buritannya sehingga haluannya lebih tercelup sesuai dengan sudut *pitch* yang ditunjukkan pada tabel 6.4 berikut. Fenomena WSA yang terjadi pada kecepatan 20 knot sama dengan pada kecepatan 17 knot, dikarenakan haluan kapal adalah bagian yang “gemuk” dan menyumbang cukup banyak WSA.

Tabel 6. 4 Nilai Sudut *Pitch* Kapal untuk Setiap Variasi Penggunaan *Hull Vane* (20 Knot)

No.	Variasi Penggunaan <i>Hull Vane</i>	Sudut <i>Pitch</i>
1	Kapal tanpa <i>Hull Vane</i>	-1.3772°
2	Kapal dengan <i>Hull Vane</i> Berbentuk Lurus	0.2565°
3	Kapal dengan <i>Hull Vane</i> Berbentuk V	0.1961°

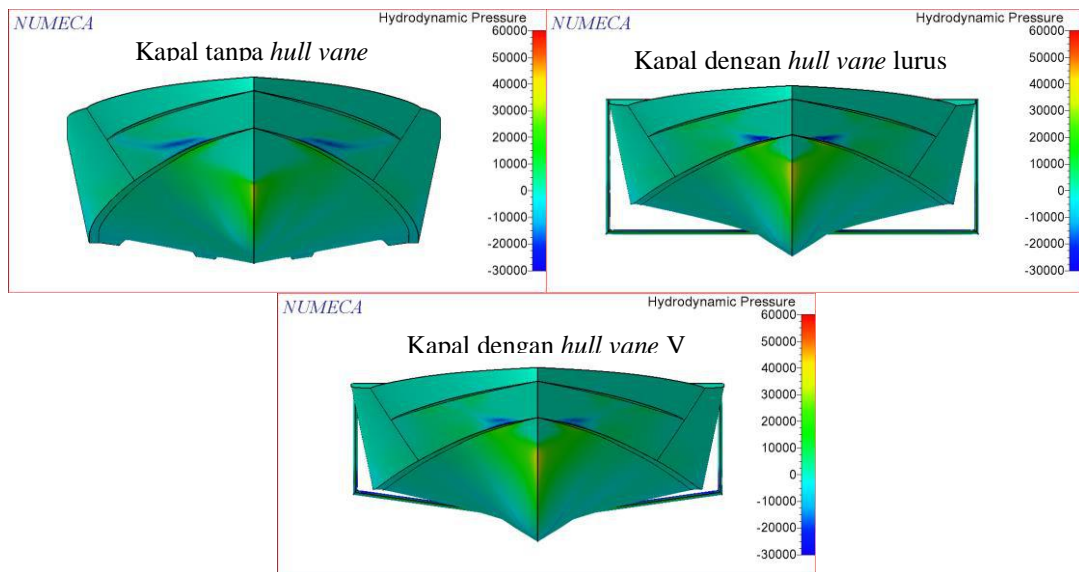
Untuk gelombang yang dihasilkan oleh kapal tanpa *hull vane* pada bagian buritannya sebenarnya masih lebih tinggi dibanding kapal dengan *hull vane* dimana tinggi gelombang tersebut berada pada kisaran 0.7 m berdasarkan skala warnanya, dan untuk kapal dengan *hull vane* baik itu *hull vane* lurus maupun *hull vane* V memiliki tinggi gelombang yang relatif sama yakni berkisar pada ketinggian 0.4 m. Untuk visualisasi gelombang pada kapal baik dengan maupun tanpa *hull vane* dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 6. 16 Visualisasi Gelombang di Buritan Kapal pada Kecepatan 20 Knot

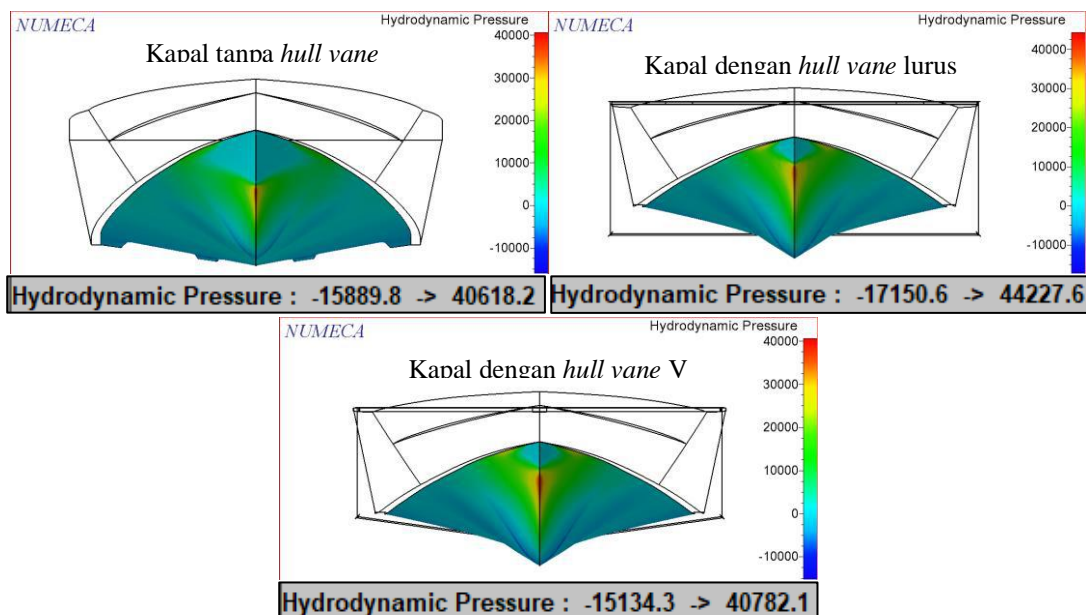
Meskipun kapal tanpa *hull vane* memiliki gelombang yang lebih tinggi dibanding kapal dengan *hull vane*, namun *resistance* total kapal tanpa *hull vane* masih lebih rendah dibanding kapal dengan *hull vane*. Selain karena nilai WSA kapal dengan *hull vane* yang lebih besar

dibanding kapal tanpa *hull vane*, pemasangan *hull vane* pada kapal ketika berkecepatan tinggi memberikan kerugian *bow-down* trim pada kapal dan menyebabkan *pressure* yang terjadi pada haluan kapal menjadi lebih tinggi dibanding kapal tanpa *hull vane*. Berbeda halnya ketika kapal bergerak dengan kecepatan relatif rendah yakni pada kecepatan 11 knot dan 17 knot. Pada kedua kecepatan ini masih terdapat variasi penggunaan *hull vane* yang memberikan pengurangan *resistance* total dan *hydrodynamics pressure* yang lebih kecil pada kapal dibanding tanpa *hull vane*. Untuk *hydrodynamics pressure* pada kapal dengan kecepatan 20 knot dapat dilihat pada gambar berikut.



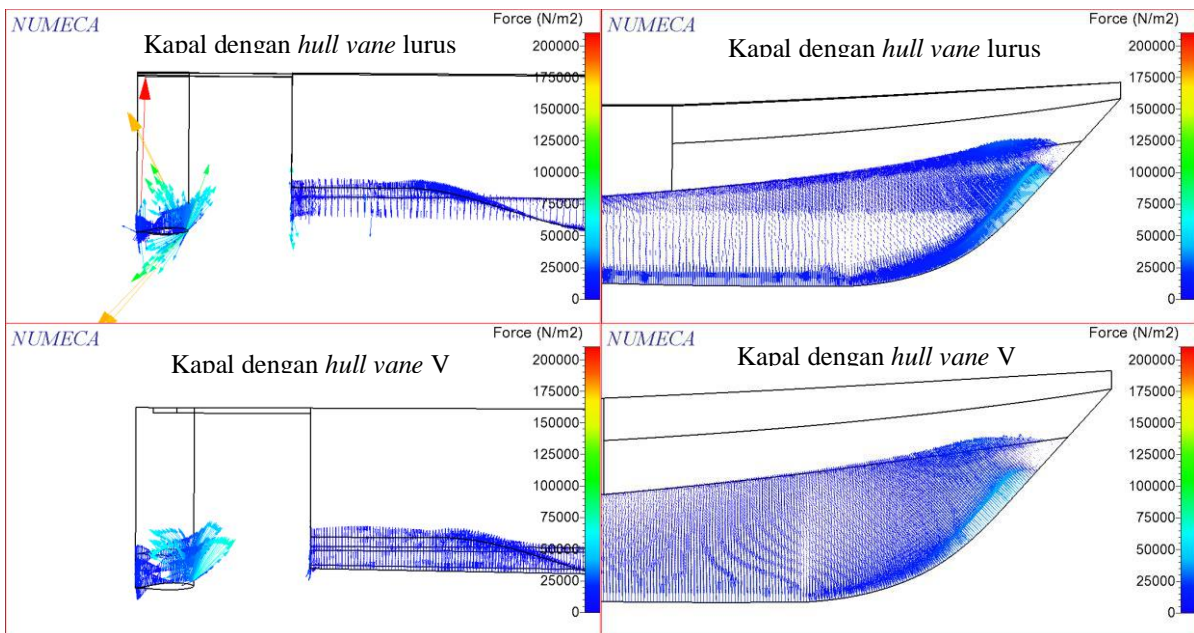
Gambar 6. 17 *Hydrodynamics Pressure* di Lambung Kapal pada Kecepatan 20 Knot

Dan apabila dipilih *surface* tertentu untuk ditinjau nilai *pressure*, maka dapat diketahui nilai *pressure* pada haluan kapal seperti yang dapat dilihat pada gambar berikut.



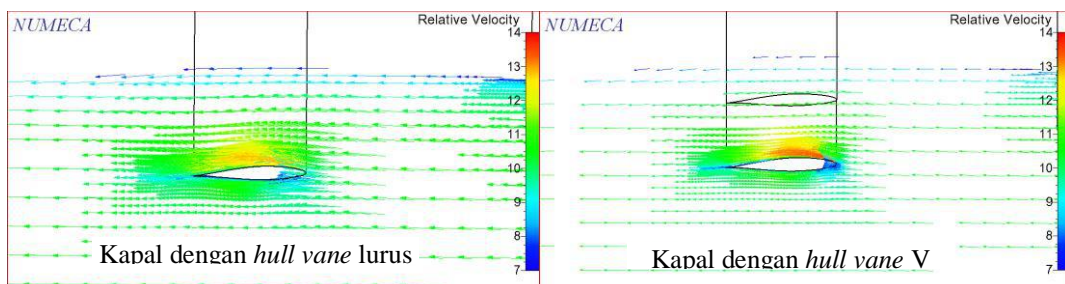
Gambar 6. 18 *Hydrodynamics Pressure* di Haluan Kapal pada Kecepatan 20 Knot

Nilai *hydrodynamics pressure* yang ditunjukkan pada gambar 6.18 cukup bersesuaian dengan *resistance* kapal dan juga bersesuaian dengan WSA kapal, dimana *pressure* paling besar dialami kapal dengan *hull vane* lurus lalu diikuti kapal dengan *hull vane* V, dan yang terkecil pada kapal tanpa *hull vane*. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 6.15 dan juga pada tabel 6.4, bahwa kapal tanpa *hull vane* terjadi *planning* sedangkan kapal dengan *hull vane* terjadi trim haluan, dimana trim ini terjadi karena gaya angkat yang dihasilkan oleh *hull vane* lebih besar dibanding gaya angkat yang dihasilkan haluan kapal. Vektor gaya yang dihasilkan oleh *hull vane* dan haluan kapal dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 6. 19 Vektor Gaya Kapal dengan *Hull Vane* Lurus dan V (20 Knot)

Seperti yang dapat dilihat pada gambar 6.19, vektor gaya yang dihasilkan baik *hull vane* lurus maupun *hull vane* V hampir sama berkisar di 63000 N, namun terdapat beberapa vektor gaya pada *hull vane* lurus yang mencapai 100000 N, 175000 N hingga 200000 N, menyebabkan kapal dengan *hull vane* lurus lebih trim haluan dibanding kapal dengan *hull vane* V. Vektor gaya pada bagian haluannya memiliki persebaran yang relatif sama baik kapal dengan *hull vane* lurus maupun V, berkisar di 25000 N hingga 60000 N. Gaya angkat *hull vane* dihasilkan dari perbedaan kecepatan pada *upper* dan *lower surface* – nya sesuai hukum Bernoulli.



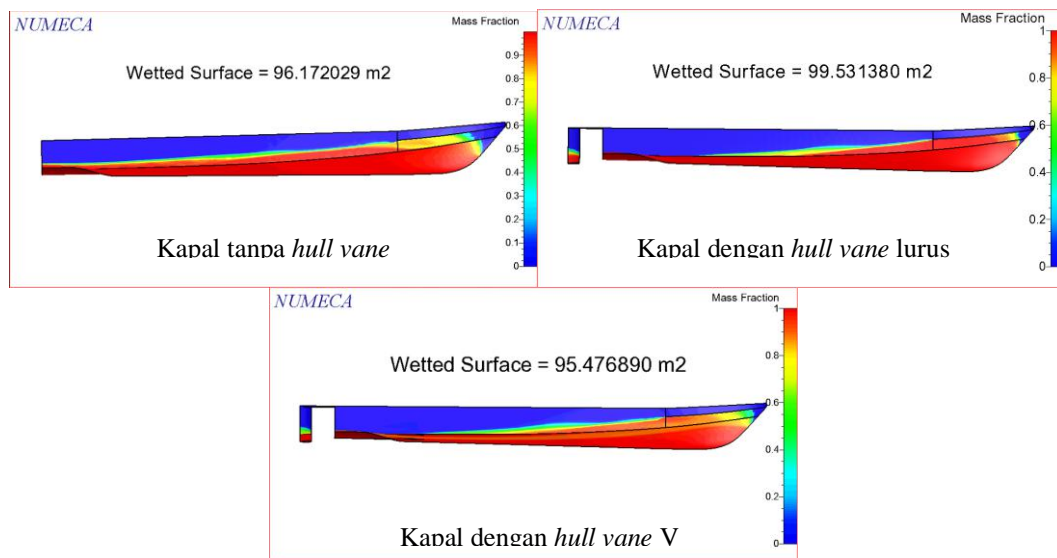
Gambar 6. 20 Vektor Kecepatan Aliran *Hull Vane* Lurus dan V (20 Knot)

6.5. Perbandingan *Resistance* Kapal pada Kecepatan 26 Knot untuk Setiap Variasi Penggunaan *Hull Vane*

Dapat dilihat pada tabel 6.1 bahwa pada setiap variasi penggunaan *hull vane* memiliki hasil nilai *resistance* yang berbeda – beda, seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, hal ini dipengaruhi oleh *hull vane* yang memberikan gaya angkat (*lift*) pada kapal sehingga membuat adanya perbedaan pada WSA (*Wetted Surface Area*) kapal, dimana nilai WSA tersebut sangat mempengaruhi nilai *resistance* yang dihasilkan.

Pada kecepatan 26 knot, nilai *resistance* kapal tanpa *hull vane* semakin bertambah ketika ditambahkan *hull vane* berbentuk lurus yakni bertambah sebesar 32%. Dan nilai *resistance* kapal masih tetap lebih besar ketika dipasangkan dengan *hull vane* berbentuk V, penambahan yang terjadi sebesar 16.8% jika dibandingkan dengan kapal tanpa *hull vane*, namun penggunaan *hull vane* berbentuk V mengurangi *resistance* sebesar sebesar 11.5% jika dibandingkan dengan nilai *resistance* kapal menggunakan *hull vane* berbentuk lurus. Pada kasus ini terlihat bahwa penggunaan *hull vane* berbentuk lurus dengan *angle of attack* sebesar 2° malah menambah *resistance* total kapal, begitu juga dengan penggunaan *hull vane* berbentuk V, hanya saja nilai penambahan *resistance*-nya tidak signifikan dengan penggunaan *hull vane* berbentuk lurus, dan penggunaan *hull vane* berbentuk V mengurangi *resistance* kapal jika dibandingkan dengan penggunaan *hull vane* berbentuk lurus.

Resistance total yang lebih besar ketika dipasangkan *hull vane* dapat diakibatkan beberapa faktor, salah satunya adalah WSA kapal.



Gambar 6. 21 WSA Kapal Hasil Simulasi CFD pada Kecepatan 26 Knot

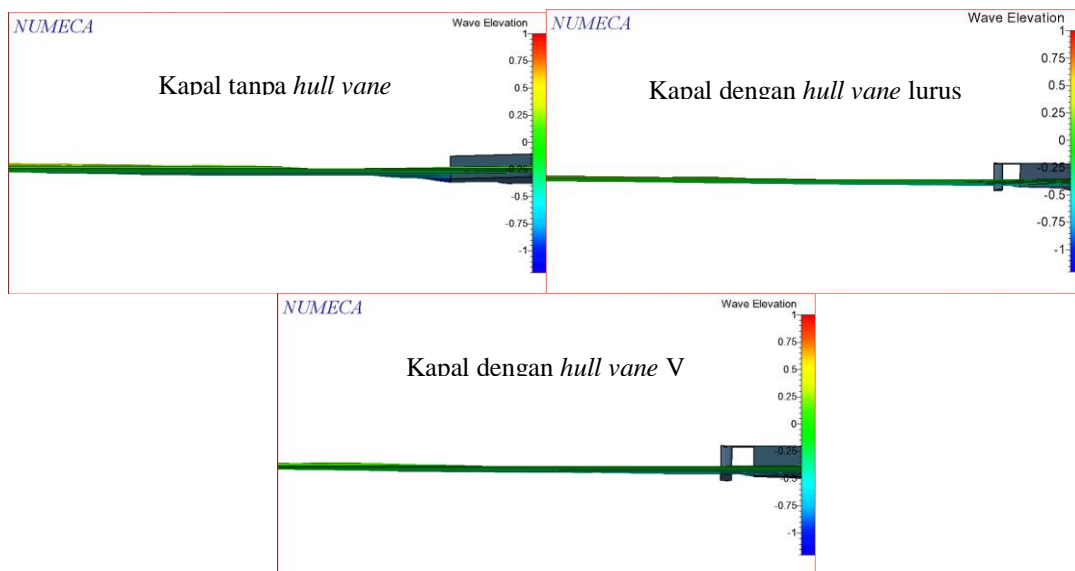
Dari gambar 6.21, dapat diketahui bahwa WSA total untuk kapal tanpa *hull vane* adalah 192.344 m², kapal dengan *hull vane* lurus sebesar 199.062 m², dan kapal dengan *hull vane* V

sebesar 190.954 m². Kapal dengan *hull vane* V memiliki WSA terkecil diantara ketiga variasi penggunaan *hull vane*. Dimana hal ini kurang bersesuaian dengan *resistance* total yang dihasilkan oleh kapal. Perbedaan WSA ini terjadi karena kapal tanpa *hull vane* terjadi *planing* sehingga haluannya terangkat sedangkan kapal dengan *hull vane* lurus terjadi trim haluan karena mendapat gaya angkat pada buritannya sehingga haluannya lebih tercelup sesuai dengan sudut *pitch* yang ditunjukkan pada tabel 6.5 berikut. Meski demikian, kapal dengan *hull vane* V masih memiliki WSA yang lebih kecil dibanding kapal tanpa *hull vane*, walaupun *resistance* total kapal dengan *hull vane* lurus lebih besar dibanding tanpa *hull vane*.

Tabel 6. 5 Nilai Sudut *Pitch* Kapal untuk Setiap Variasi Penggunaan *Hull Vane* (26 Knot)

No.	Variasi Penggunaan <i>Hull Vane</i>	Sudut <i>Pitch</i>
1	Kapal tanpa <i>Hull Vane</i>	-1.5335°
2	Kapal dengan <i>Hull Vane</i> Berbentuk Lurus	0.5049°
3	Kapal dengan <i>Hull Vane</i> Berbentuk V	0.3999°

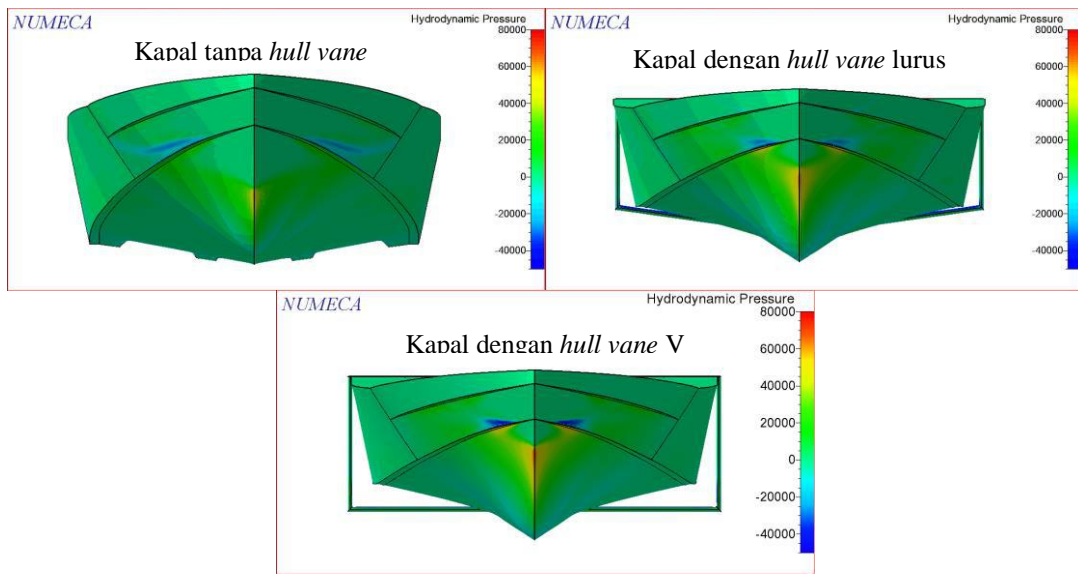
Untuk gelombang yang dihasilkan oleh kapal tanpa *hull vane* pada bagian buritannya sebenarnya masih lebih tinggi dibanding kapal dengan *hull vane* dimana tinggi gelombang tersebut berada pada kisaran 0.8 m berdasarkan skala warnanya, dan untuk kapal dengan *hull vane* baik itu *hull vane* lurus maupun *hull vane* V memiliki tinggi gelombang yang relatif sama yakni berkisar pada ketinggian 0.5 m. Untuk visualisasi gelombang pada kapal baik dengan maupun tanpa *hull vane* dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 6. 22 Visualisasi Gelombang di Buritan Kapal pada Kecepatan 26 Knot

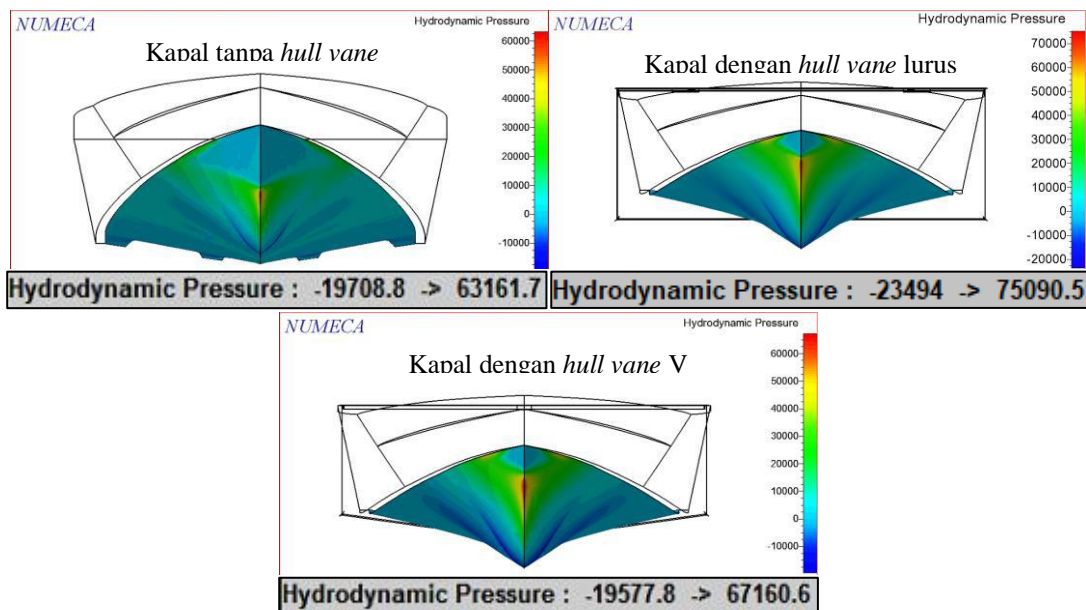
Meskipun kapal tanpa *hull vane* memiliki gelombang yang lebih tinggi dibanding kapal dengan *hull vane*, namun *resistance* total kapal tanpa *hull vane* masih lebih rendah dibanding kapal dengan *hull vane*. Pemasangan *hull vane* pada kapal ketika berkecepatan tinggi

memberikan kerugian *bow-down* trim pada kapal dan menyebabkan *pressure* yang terjadi pada haluan kapal menjadi lebih tinggi dibanding kapal tanpa *hull vane*. Bahkan bila dibandingkan dengan kapal pada kecepatan 20 knot, *pressure* yang terjadi pada setiap variasi penggunaan *hull vane* pada kecepatan 26 knot cukup signifikan perbedaannya. Sehingga perbedaan *pressure* ini akan cukup berpengaruh terhadap hambatan total kapal. Untuk *hydrodynamics pressure* pada kapal dengan kecepatan 26 knot dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 6. 23 *Hydrodynamics Pressure* di Lambung Kapal pada Kecepatan 26 Knot

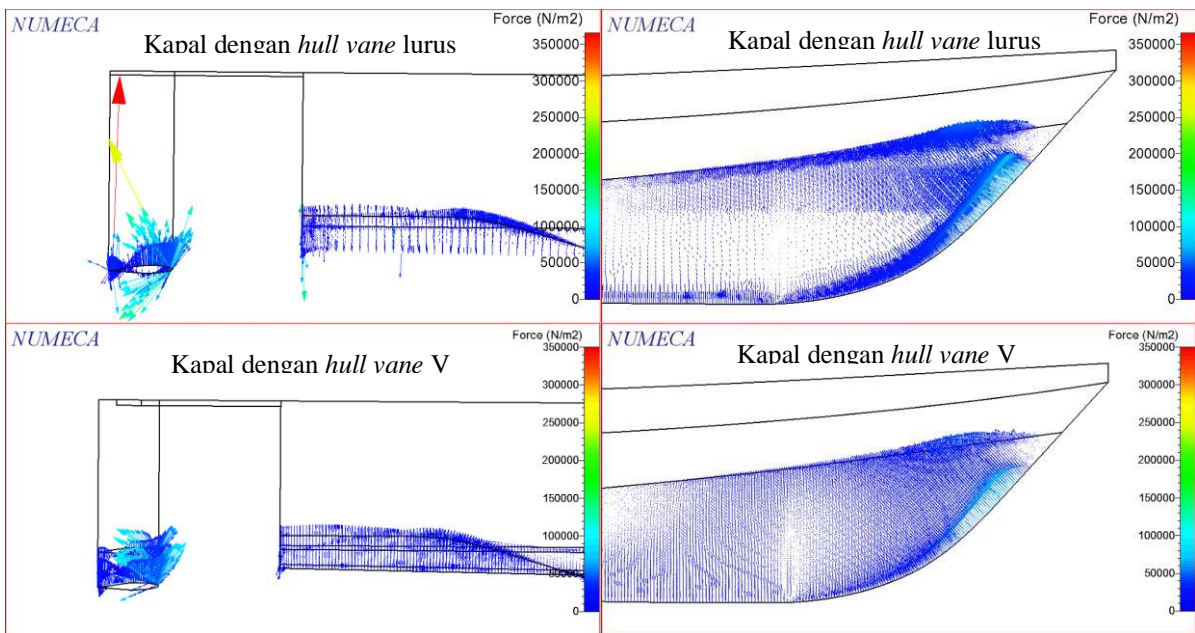
Dan apabila dipilih *surface* tertentu untuk ditinjau nilai *pressure*, maka dapat diketahui nilai *pressure* pada haluan kapal seperti yang dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 6. 24 *Hydrodynamics Pressure* di Haluan Kapal pada Kecepatan 26 Knot

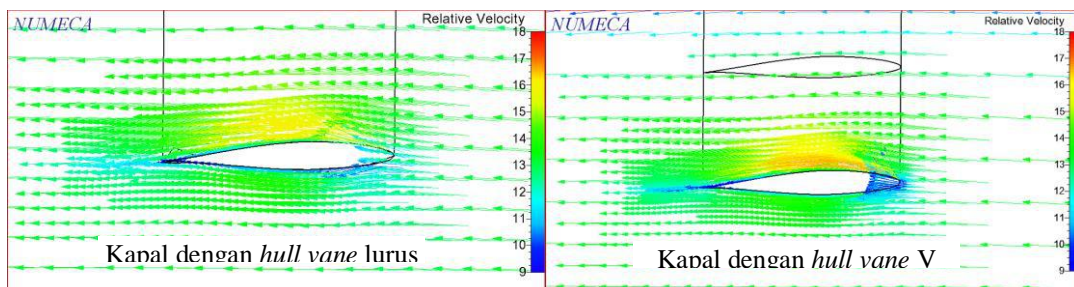
Nilai *hydrodynamics pressure* yang ditunjukkan pada gambar 6.24 cukup bersesuaian dengan *resistance* kapal, dimana *pressure* paling besar dialami kapal dengan *hull vane* lurus

lalu diikuti kapal dengan *hull vane* V, dan yang terkecil pada kapal tanpa *hull vane*. Jika diperhatikan pada gambar 6.24, selain *hydrodynamics pressure* kapal dengan *hull vane* V yang lebih besar dibanding kapal tanpa *hull vane*, daerah yang mengalami *pressure* cukup tinggi juga lebih luas. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 6.21 dan juga pada tabel 6.5, bahwa kapal tanpa *hull vane* terjadi *planning* sedangkan kapal dengan *hull vane* terjadi trim haluan, dimana trim ini terjadi karena gaya angkat yang dihasilkan oleh *hull vane* lebih besar dibanding gaya angkat yang dihasilkan haluan kapal. Vektor gaya yang dihasilkan oleh *hull vane* dan haluan kapal dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 6. 25 Vektor Gaya Kapal dengan *Hull Vane* Lurus dan V (26 Knot)

Seperti yang dapat dilihat pada gambar 6.25, vektor gaya yang dihasilkan *hull vane* V berkisar di 100000 N, sedangkan *hull vane* lurus berkisar di 120000 N, dan terdapat beberapa vektor gaya yang mencapai 270000 N dan 350000 N, menyebabkan kapal dengan *hull vane* lurus lebih trim haluan dibanding kapal dengan *hull vane* V. Vektor gaya pada bagian haluannya memiliki persebaran yang relatif sama baik kapal dengan *hull vane* lurus maupun V, berkisar di 30000 N hingga 70000 N. Gaya angkat *hull vane* dihasilkan dari perbedaan kecepatan pada *upper* dan *lower surface* – nya sesuai hukum Bernoulli.



Gambar 6. 26 Vektor Kecepatan Aliran *Hull Vane* Lurus dan V (26 Knot)

BAB 7

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan percobaan dan penelitian maka kesimpulan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Penggunaan *hull vane* untuk tipe kapal ini efektif mengurangi hambatan pada $Fr < 0.6$ atau kurang dari kecepatan 20 knot untuk kapal dengan *hull vane* V, dimana pengurangan hambatan yang terjadi hingga sebesar 30.7% pada $Fr = 0.34$ (11 Knot).
2. Penggunaan *hull vane* berbentuk lurus hanya efektif mengurangi hambatan kapal pada $Fr = 0.34$ (11 Knot) yakni sebesar 25.1%.
3. Penggunaan *hull vane* pada $Fr > 0.6$ atau pada kecepatan > 20 knot, menambah hambatan total kapal baik itu untuk kapal dengan *hull vane* lurus maupun kapal dengan *hull vane* V.
4. Penggunaan *hull vane* berbentuk V terbukti menghasilkan hambatan yang lebih kecil dibanding *hull vane* berbentuk lurus pada setiap variasi kecepatan dari simulasi yang dilakukan.

7.2. Saran

Dari proses percobaan dan penelitian yang sudah dilakukan dari Tugas Akhir ini, terdapat beberapa saran sebagai berikut:

1. Perlu untuk dilakukan eksperimen, agar hasil dari simulasi CFD dapat saling dibandingkan sehingga lebih valid.
2. Perlu dilakukan pengujian pada lebih banyak variasi kecepatan dengan *range* antar kecepatan yang lebih berhimpit agar didapatkan hasil yang lebih akurat.
3. Perlu ditinjau untuk pengujian dengan bentuk *span* yang lebih bervariasi, agar dapat diketahui bentuk *span* yang paling optimal mengurangi hambatan untuk tipe kapal tertentu.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Airfoiltools. *NACA 64(1)-212 (n64212-il)*. Retrieved from Airfoil Tools:
<http://airfoiltools.com/airfoil/details?airfoil=n64212-il>
- Alexander, D. K., Jenkins, H. G., & Jones, P. J. (1997). *A Comparison of Wind Tunnel and CFD Method Applied to Natural Ventilation Design*. Cardiff: Welsh School of Architecture, Cardiff University.
- Allen, B. (2017, August 7). *NACA Airfoils | NASA*. Retrieved from NASA:
<https://www.nasa.gov/image-feature/langley/100/naca-airfoils>
- Bertram, V. (2002). *Practical Ship Hydrodynamics*. Oxford: Butterworth Heinemann.
- Dhana, F. R. (2018). *Analisis Alternatif Hull Form Self-Propelled Barge Untuk Meningkatkan Performa Hidrodinamika [Tesis]*. Surabaya (ID): Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Endro, D. (2014). *High Speed Ship Total Resistance Calculation (An Empirical Study)*. Surabaya: Politeknik Pekapalan Negeri Surabaya.
- Karanassos, H. A. (2016). *Crew Boat - An Overview | ScienceDirect Topics*. Retrieved from ScienceDirect: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/crew-boat>
- LEAP. (2000). *Estimating the First Cell Height for Correct Y+*. Retrieved from Leap Australia:
<https://www.computationalfluidynamics.com.au/tips-tricks-cfd-estimate-first-cell-height/>
- Levin, D., & Hart, D. (2010, September 30). *NOVA - Official Website | Lift and Drag*. Retrieved from PBS: <https://www.pbs.org/wgbh/nova/space/lift-drag.html#:~:text=Lift%20and%20Drag%20Explained&text=Thrust%20is%20a%20force%20that,air%20resistance%2C%20slows%20it%20down>.
- Lewis, E. V., & Editor. (1988). *Principles of Naval Architecture Second Revision*. Jersey City: The Society of Naval Architects and Marine Engineers.
- Molland, A. F., Turnock, S. R., & Hudson, D. A. (2011). *Ship Resistance and Propulsion*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Putra, A. B. (2019). *Desain Self-Righting Rescue Boat Untuk Basarnas [Tugas Akhir]*. Surabaya (ID): Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

- Riyadi, S. (2019). *Kajian Eksperimental dan Numerik Hambatan Kapal Crew Boat Hard Chine Orela Dengan Variasi Posisi Foil Belakang Arah Memanjang [Tesis]*. Surabaya (ID): Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Riyadi, S., & Suastika, K. (2020). CFD Letters. *Experimental and Numerical Study of High Froude-number Resistance of Ship Utilizing a Hull Vane®: A Case Study of a Hard-chine Crew Boat*, 95-105.
- Romadhoni, & Utama, I. (2015). Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil XI. *Analisis Teknis Perbandingan Variasi Bentuk Badan Kapal Jenis Planing Hull Dan Axe Bow Pada Kapal Tipe High Speed Craft* (pp. 359-369). Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Siregar, S. (2017). *Kajian Eksperimental dan Numeris Hambatan Kapal Crew Boat "Orela" Dengan Variasi Posisi Foil Belakang di Arah Vertikal [Tugas Akhir]*. Surabaya (ID): Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Suastika, K. et al. (2019). "Experimental and Numerical Study of Ship Resistance Due to Variation of Hull Vane Positioning in the Longitudinal Direction". Proceeding of International Conference on Ship and Offshore Technology (ICSOT) 2019. Semarang, Indonesia.
- Suastika, K., Hidayat, A., & Riyadi, S. (2017). International Journal of Technology. *Effects of The Application of A Stern Foil on Ship Resistance: A Case Study of An Orela Crew Boat*, 7: 1266-1267.
- Uithof, K., Ossanen, P. V., Moerke, N., Ossanen, P. G. V., & Zaaijer, K. S.. (2002). *An Update on the Development of the Hull Vane*. Wageningen: Hull Vane B.V.
- Versteeg, H., & Malalasekera, W. (2007). *An Introduction to Computational Fluid Dynamics*. United Kingdom: Longman Scientific.
- White, F. M. (1999). *Fluids Mechanics*. United States: McGraw-Hill Higher Education.
- Wintermar. (2014). *WINTERMAR OFFSHORE MARINE GROUP | Fast Utility Vessel*. Retrieved May 17, 2019, from WINTERMAR OFFSHORE MARINE GROUP: <http://www.wintermar.com/wintermar/fast-utility-vessel/?lang=id>
- Wortley, S. (2013). *CFD Analysis of Container Ship Sinkage, Trim and Resistance*. Perth: Curtin University.

LAMPIRAN

LAMPIRAN A "PERHITUNGAN *RESISTANCE* KAPAL TANPA *HULL VANE* DENGAN RUMUS EMPIRIK SAVITSKY SECARA MANUAL"

LAMPIRAN B "GRAFIK *MONITORING* HAMBATAN DAN GERAKAN KAPAL"

LAMPIRAN C "VISUALISASI BENTUK GELOMBANG DAN BENTUK ALIRAN"

**LAMPIRAN A “PRHITUNGAN *RESISTANCE* KAPAL TANPA
HULL VANE DENGAN RUMUS EMPIRIK SAVITSKY SECARA
MANUAL”**

1. Perhitungan *Resistance* Kapal dengan Rumus Empirik Savitsky pada Kecepatan 17 Knot

Input Data		
Max Beam (b) =	6.8 m	
kecepatan =	8.7455556 m/s	(17 knot)
Δ (displacement) =	1127125.692 kg	
ρ air laut =	1024 kg/m ³	
LCG dari AP (p) =	12.226 m	
viskositas kinematik air laut (μ) =	1.0508E-06 m ² /s	
sudut deadrise (β) =	16.422 derajat	

1. Perhitungan Koefisien Kecepatan (C_v)

$$C_v = u \sqrt{g \times b}$$

$$= 1.070775543$$

2. Perhitungan Koefisien Gaya Angkat (C_l)

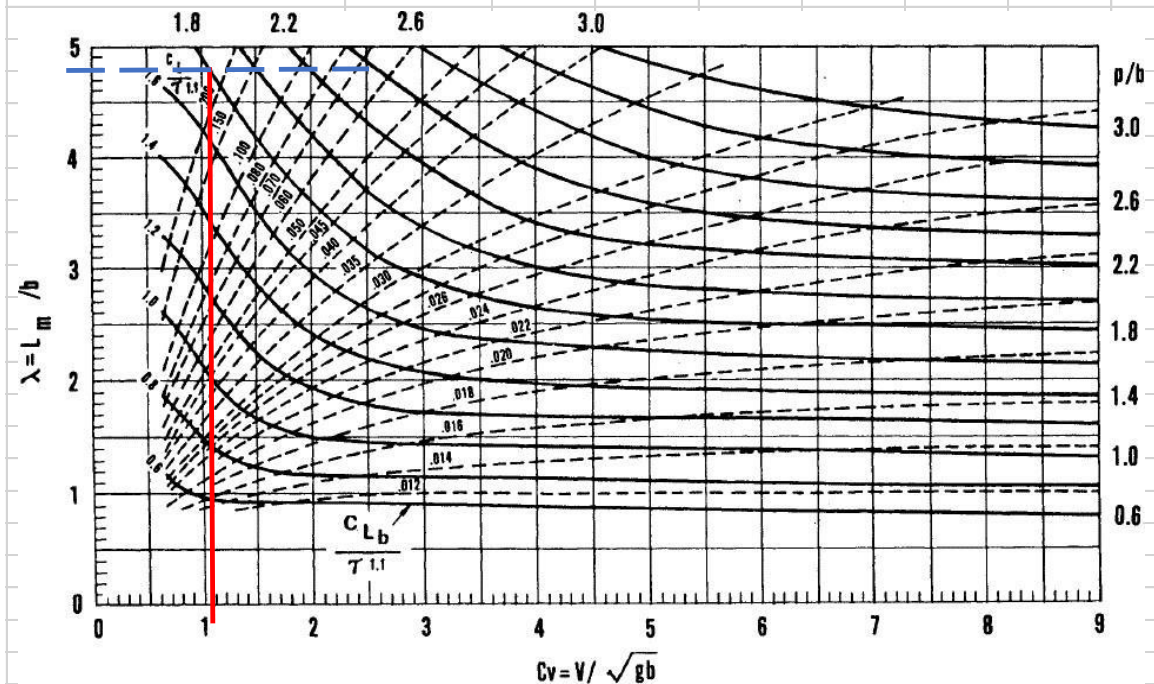
$$C_l = \frac{\Delta}{\left(\frac{\rho}{2} u^2 b^2\right)}$$

$$= 0.622457575$$

3. Perhitungan Sudut Trim

$$p/b = \text{LCG}/\text{max beam}$$

$$= 1.797941176$$



$$C_l \tau^{1.1} = 0.28$$

$$\tau = 2.067334057 \text{ derajat}$$

$$\lambda = 4.8$$

4. Perhitungan Reynold Number (Re)

$$Re = u \lambda b / \mu$$

$$Re = 271654866.3$$

5. Perhitungan Koefisien Gesek (C_f)

$$C_f = 1 / (3.5 \log Rn - 5.96)^2$$

$$C_f = 0.001801706$$

6. Perhitungan *Resistance* Total

$$RT = \Delta \tan \tau + \rho u^2 \lambda b^2 C_f / (2 \cos \tau \cos \beta)$$

$$RT = 57022.8645 \text{ Newton}$$

2. Perhitungan *Resistance* Kapal dengan Rumus Empirik Savitsky pada Kecepatan 20 Knot

Input Data		
Max Beam (b) =	6.8 m	
kecepatan =	10.2888889 m/s	(20 knot)
Δ (displacement) =	1127125.692 kg	
ρ air laut =	1024 kg/m ³	
LCG dari AP (p) =	12.226 m	
viskositas kinematik air laut (μ) =	1.0508E-06 m ² /s	
sudut deadrise (β) =	16.422 derajat	

1. Perhitungan Koefisien Kecepatan (C_v)

$$C_v = u \sqrt{g \times b}$$

$$= 1.259735934$$

2. Perhitungan Koefisien Gaya Angkat (C_l)

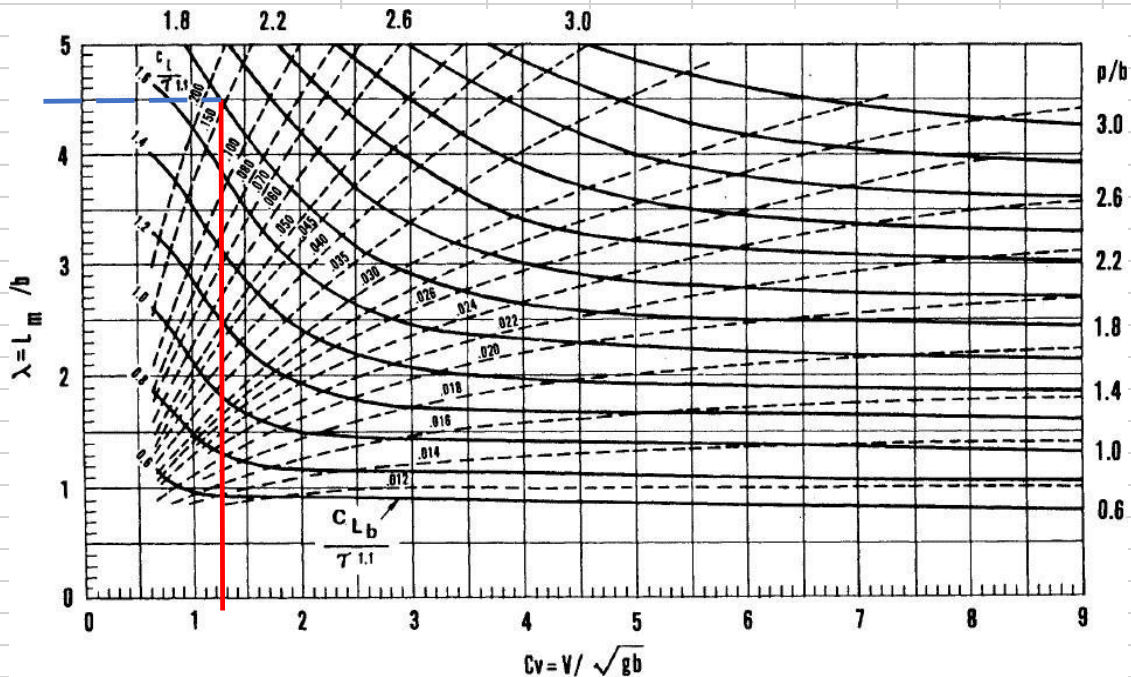
$$C_l = \frac{\Delta}{\left(\frac{\rho}{2} u^2 b^2\right)}$$

$$= 0.449725597$$

3. Perhitungan Sudut Trim

$$p/b = \text{LCG}/\text{max beam}$$

$$= 1.797941176$$



$$C_l / \tau^{1.1} = 0.16$$

$$\tau = 2.558733843 \text{ derajat}$$

$$\lambda = 4.5$$

4. Perhitungan Reynold Number (Re)

$$Re = u \lambda b / \mu$$

$$Re = 299619338$$

5. Perhitungan Koefisien Gesek (C_f)

$$C_f = 1 / (3.5 \log Rn - 5.96)^2$$

$$C_f = 0.001779141$$

6. Perhitungan *Resistance* Total

$$RT = \Delta \tan \tau + \rho u^2 \lambda b^2 C_f / (2 \cos \tau \cos \beta)$$

$$RT = 71308.67912 \text{ Newton}$$

3. Perhitungan *Resistance* Kapal dengan Rumus Empirik Savitsky pada Kecepatan 23 Knot

Input Data		
Max Beam (b) =	6.8 m	
kecepatan =	11.8322222 m/s	(23 knot)
Δ (displacement) =	1127125.692 kg	
ρ air laut =	1024 kg/m ³	
LCG dari AP (ρ) =	12.226 m	
viskositas kinematik air laut (μ) =	1.0508E-06 m ² /s	
sudut deadrise (β) =	16.422 derajat	

1. Perhitungan Koefisien Kecepatan (C_v)

$$C_v = u \sqrt{g \times b}$$

$$= 1.448696319$$

2. Perhitungan Koefisien Gaya Angkat (C_l)

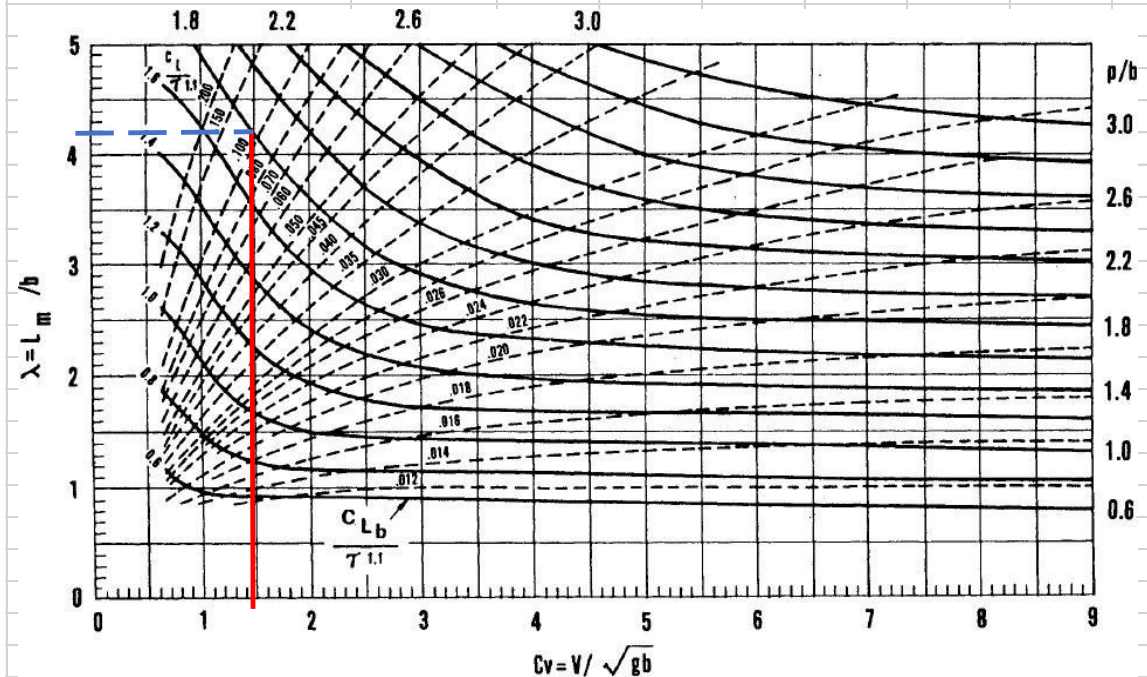
$$C_l = \frac{\Delta}{\left(\frac{\rho}{2} u^2 b^2\right)}$$

$$= 0.340057164$$

3. Perhitungan Sudut Trim

$$\rho/b = \text{LCG}/\text{max beam}$$

$$= 1.797941176$$



$$C_l \tau^{1.1} = 0.105$$

$$\tau = 2.910489437 \text{ derajat}$$

$$\lambda = 4.2$$

4. Perhitungan Reynold Number (Re)

$$Re = u \lambda b / \mu$$

$$Re = 321591421.8$$

5. Perhitungan Koefisien Gesek (C_f)

$$C_f = 1 / (3.5 \log Rn - 5.96)^2$$

$$C_f = 0.001763105$$

6. Perhitungan *Resistance* Total

$$RT = \Delta \tan \tau + \rho u^2 \lambda b^2 C_f / (2 \cos \tau \cos \beta)$$

$$RT = 82925.64851 \text{ Newton}$$

4. Perhitungan *Resistance* Kapal dengan Rumus Empirik Savitsky pada Kecepatan 26 Knot

Input Data		
Max Beam (b) =	6.8 m	
kecepatan =	13.375556 m/s	(26 knot)
Δ (displacement) =	1127125.692 kg	
ρ air laut =	1024 kg/m ³	
LCG dari AP (p) =	12.226 m	
viskositas kinematik air laut (μ) =	1.0508E-06 m ² /s	
sudut deadrise (β) =	16.422 derajat	

1. Perhitungan Koefisien Kecepatan (C_v)

$$C_v = u \sqrt{g \times b}$$

$$= 1.637656717$$

2. Perhitungan Koefisien Gaya Angkat (C_l)

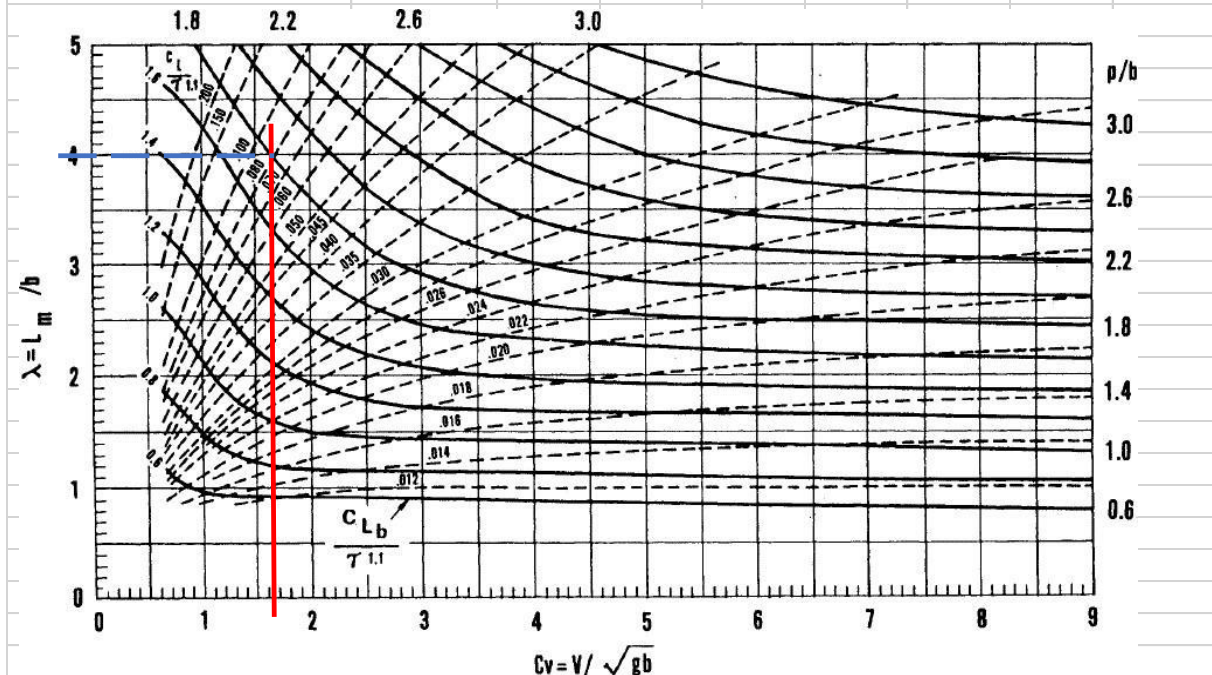
$$C_l = \frac{\Delta}{\left(\frac{\rho}{2} u^2 b^2\right)}$$

$$= 0.26610982$$

3. Perhitungan Sudut Trim

$$p/b = \text{LCG}/\text{max beam}$$

$$= 1.797941176$$



$$C_l / \tau^{1.1} = 0.08$$

$$\tau = 2.982078094 \text{ derajat}$$

$$\lambda = 4$$

4. Perhitungan Reynold Number (Re)

$$Re = u \lambda b / \mu$$

$$Re = 346226791.3$$

5. Perhitungan Koefisien Gesek (C_f)

$$C_f = 1 / (3.5 \log Rn - 5.96)^2$$

$$C_f = 0.00174661$$

6. Perhitungan Resistance Total

$$RT = \Delta \tan \tau + \rho u^2 \lambda b^2 C_f / (2 \cos \tau \cos \beta)$$

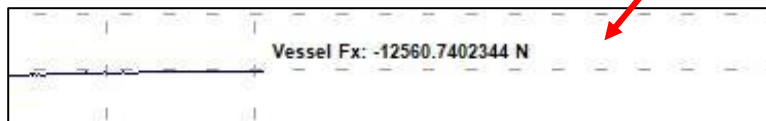
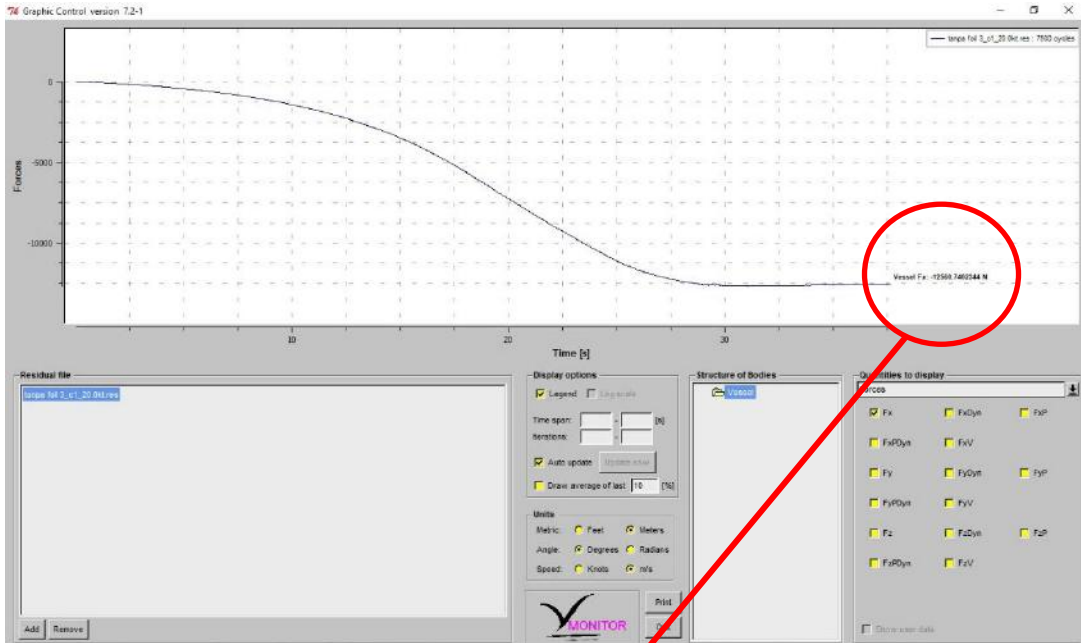
$$RT = 89608.49458 \text{ Newton}$$

LAMPIRAN B “GRAFIK *MONITORING* HAMBATAN DAN GERAKAN KAPAL”

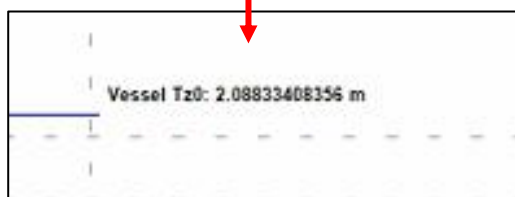
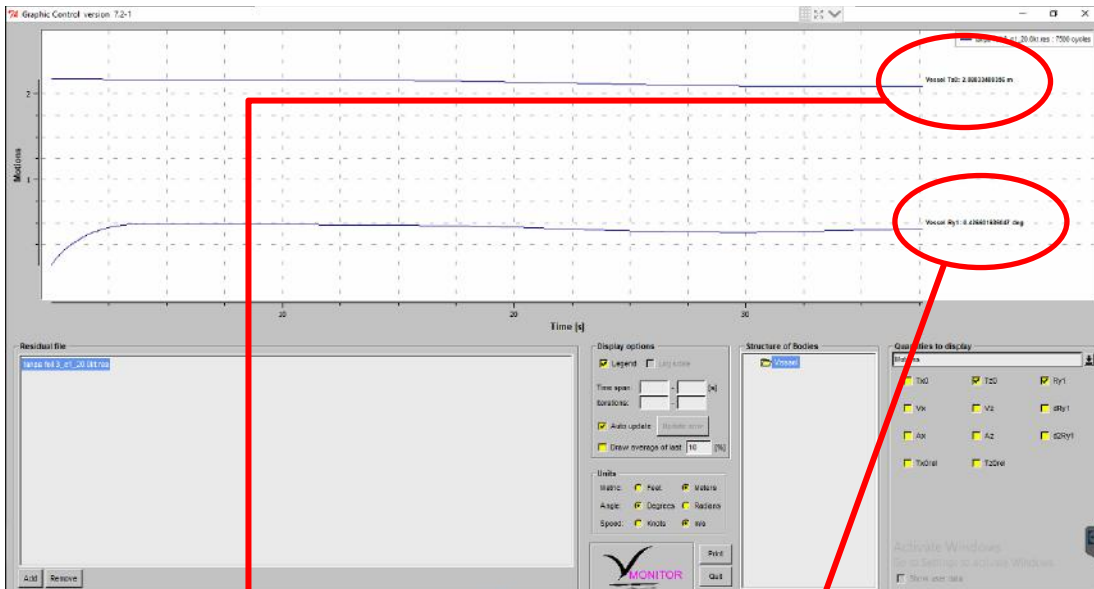
1. Grafik *Monitoring* Hambatan dan Gerakan Kapal ketika bergerak dengan kecepatan 11 knot

a. Kapal tanpa *hull vane*

➤ Grafik hambatan kapal

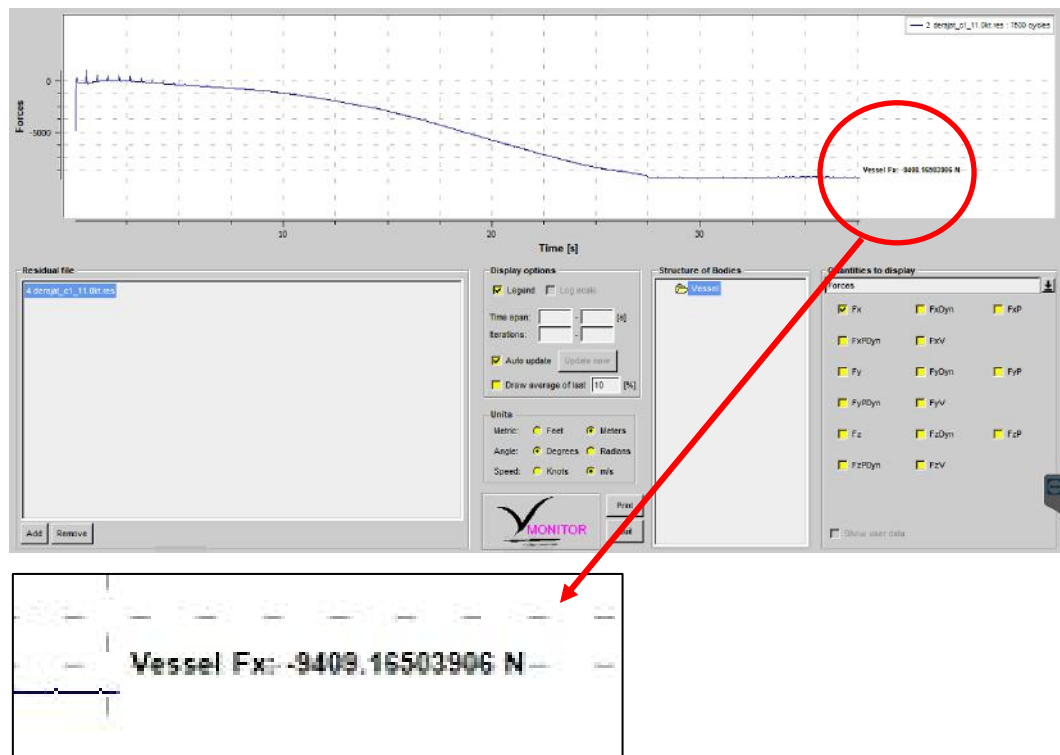


➤ Grafik gerakan kapal (*pitch* dan posisi titik berat kapal)

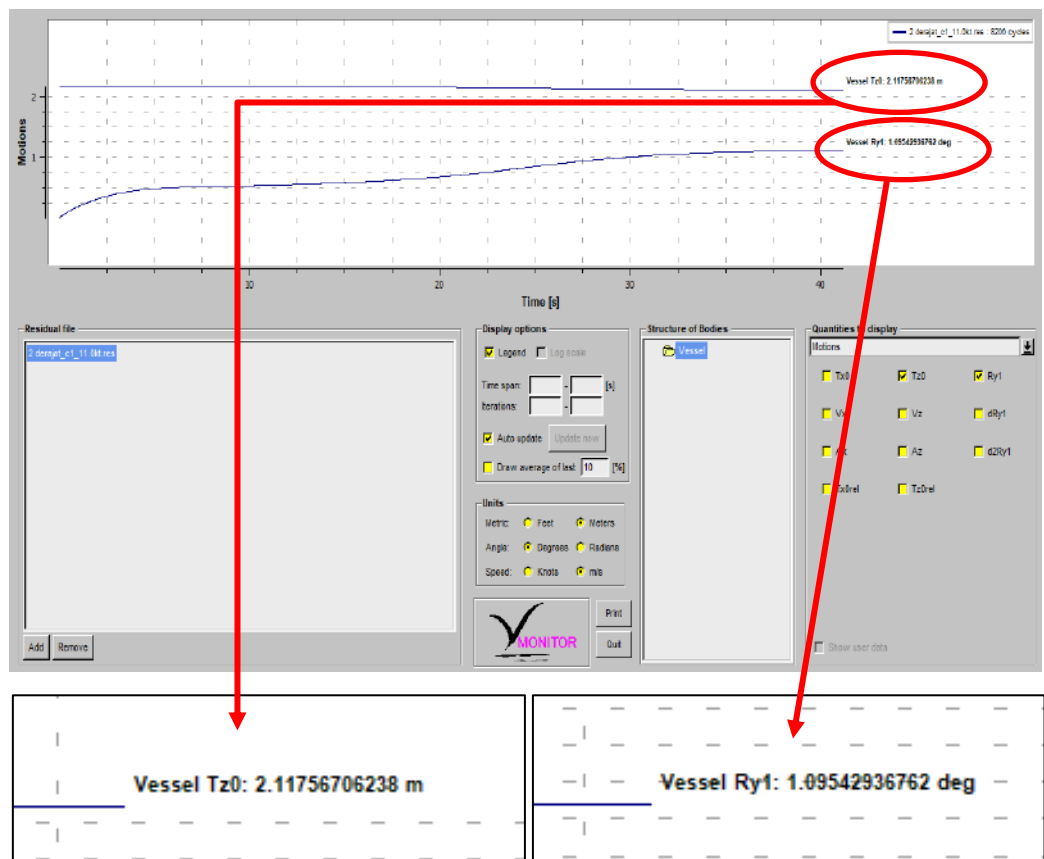


b. Kapal dengan *hull vane* lurus

➤ Grafik hambatan kapal

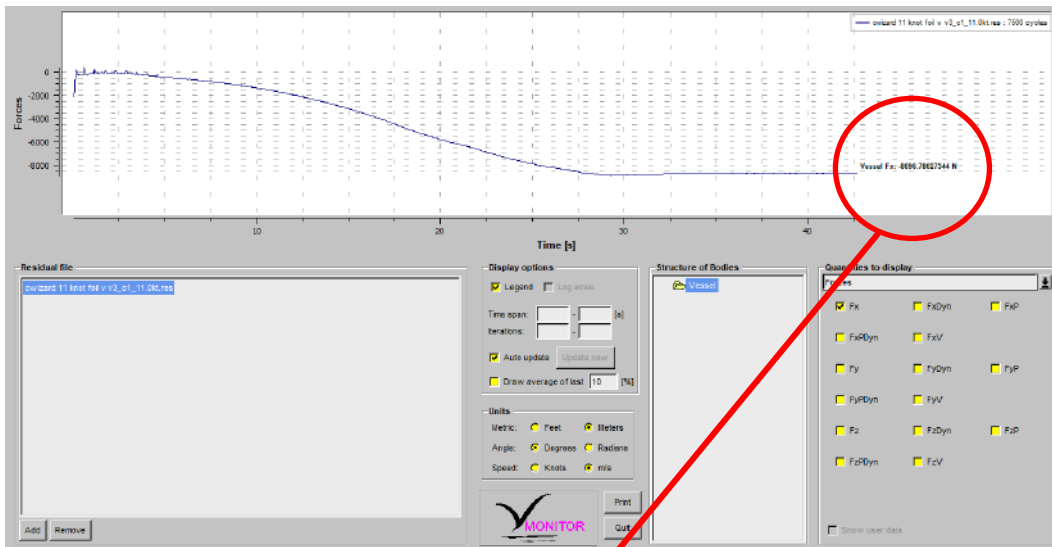


➤ Grafik gerakan kapal (*pitch* dan posisi titik berat kapal)



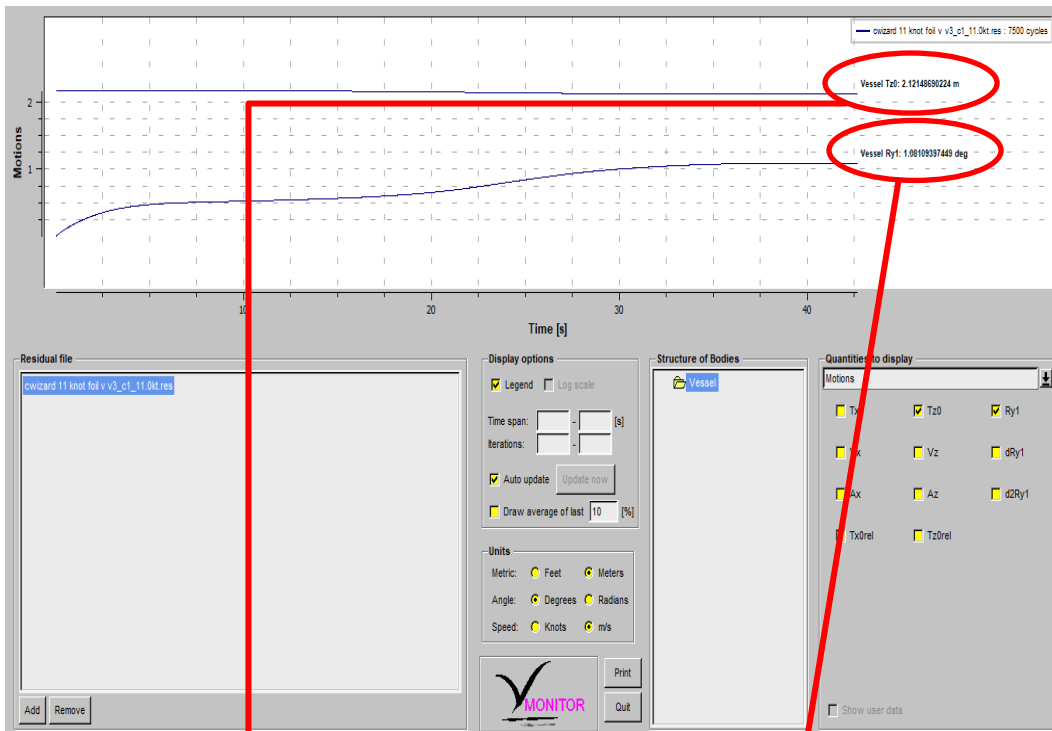
c. Kapal dengan *hull vane V*

➤ Grafik hambatan kapal



Vessel Fx: -8698.78027344 N

➤ Grafik gerakan kapal (*pitch* dan posisi titik berat kapal)

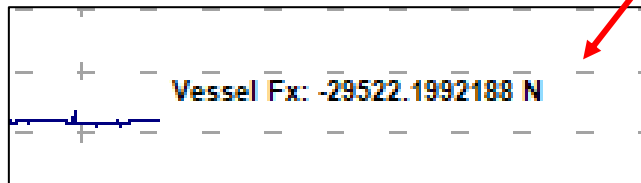
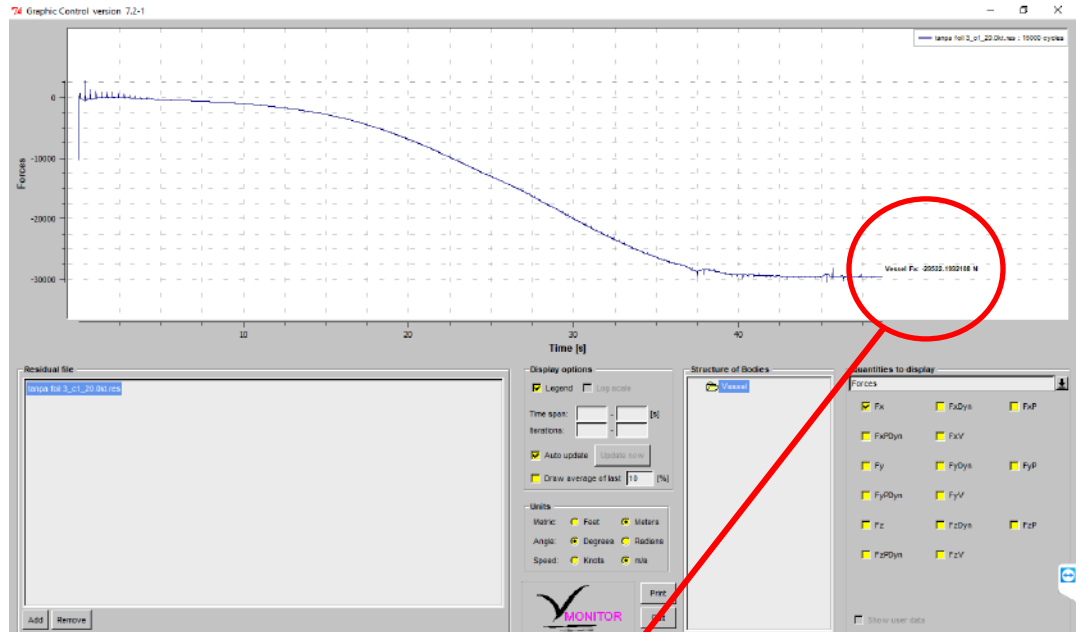


Vessel Tz0: 2.12148690224 m

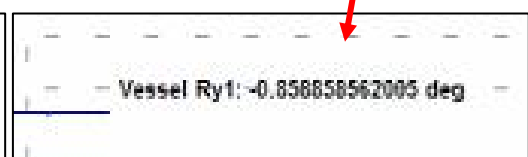
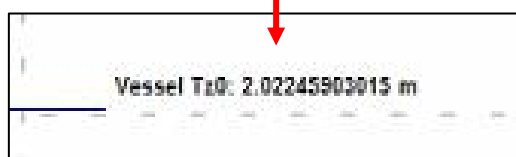
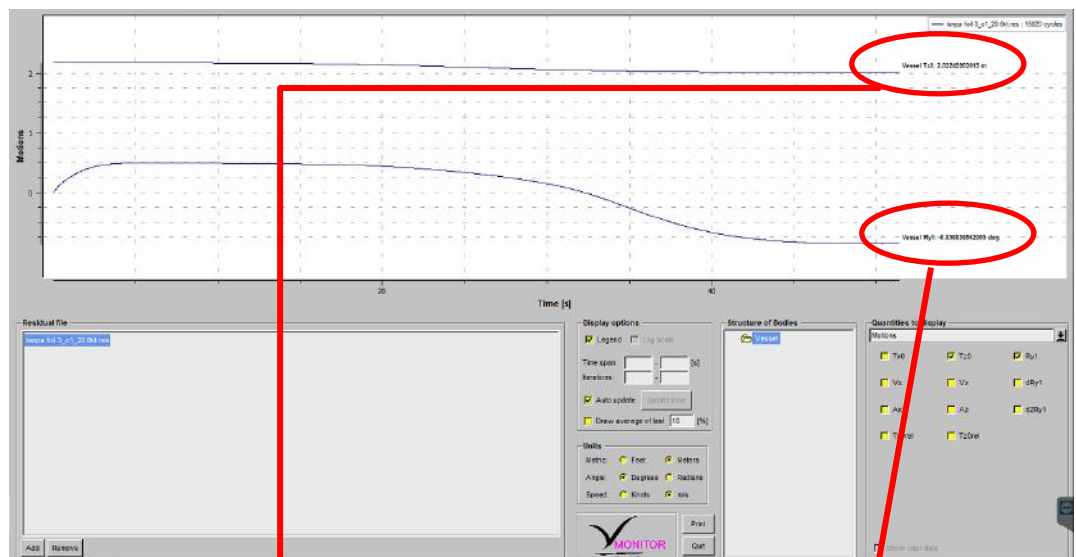
Vessel Ry1: 1.08109397449 deg

2. Grafik *Monitoring* Hambatan dan Gerakan Kapal ketika bergerak dengan kecepatan 17 knot
a. Kapal tanpa *hull vane*

➤ Grafik hambatan kapal

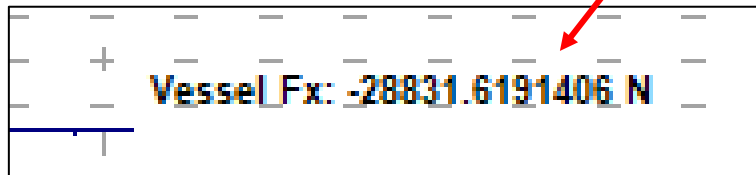
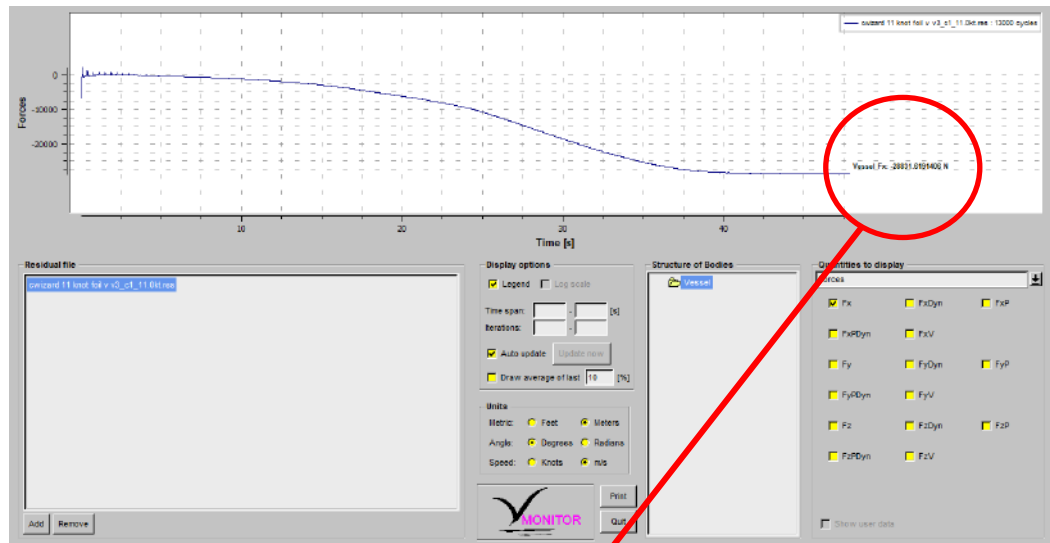


➤ Grafik gerakan kapal (*pitch* dan posisi titik berat kapal)

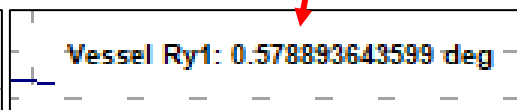
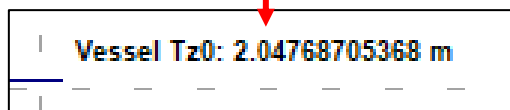
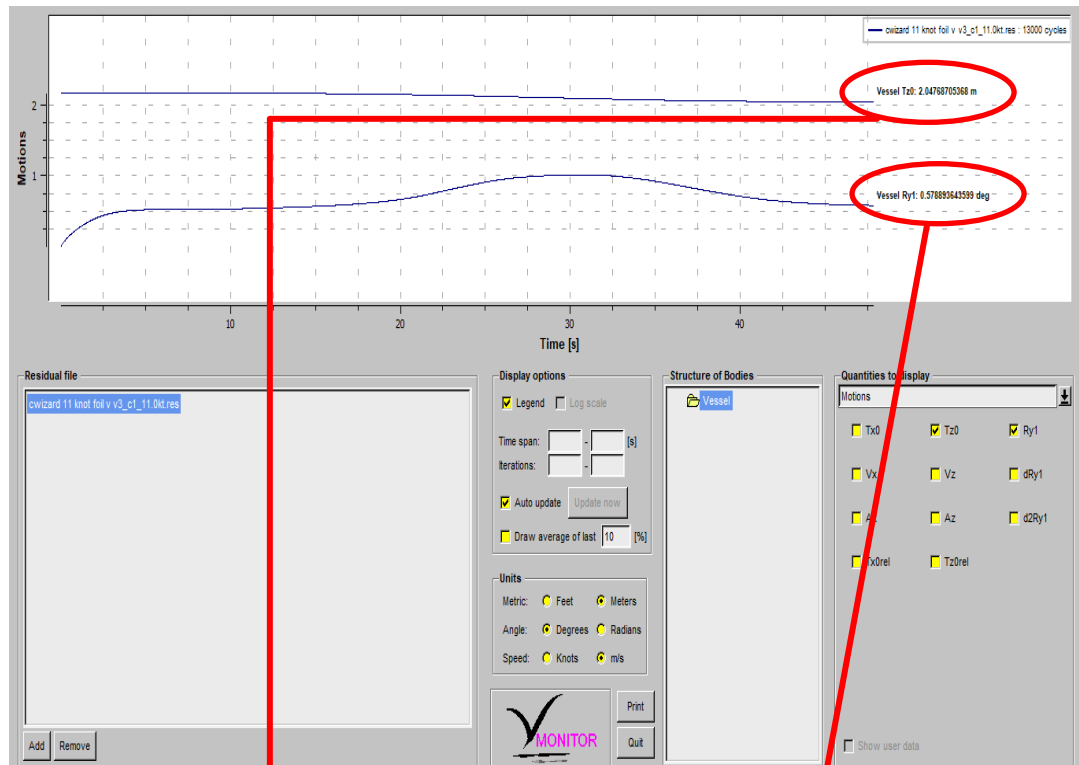


c. Kapal dengan *hull vane* V

➤ Grafik hambatan kapal

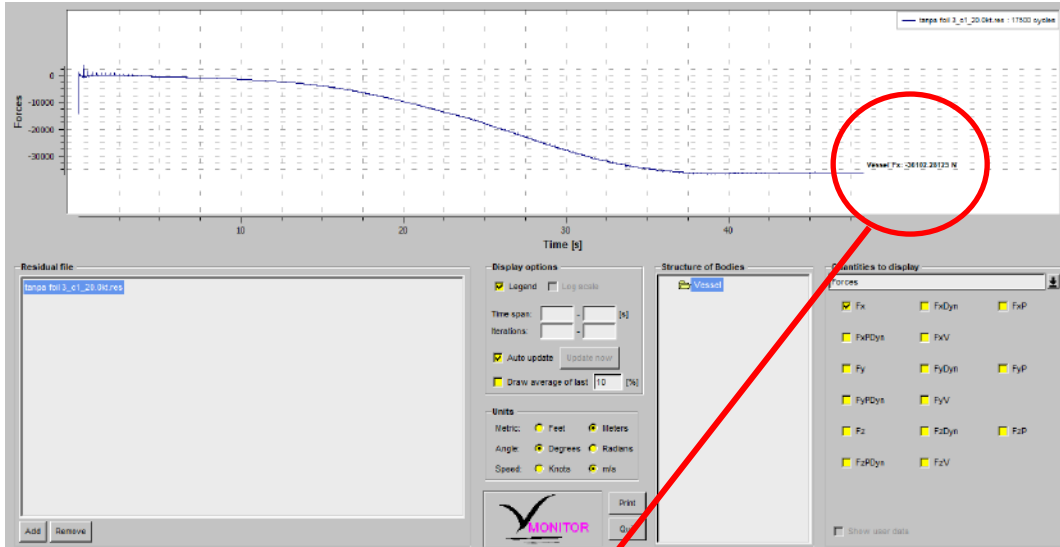


➤ Grafik gerakan kapal (*pitch* dan posisi titik berat kapal)



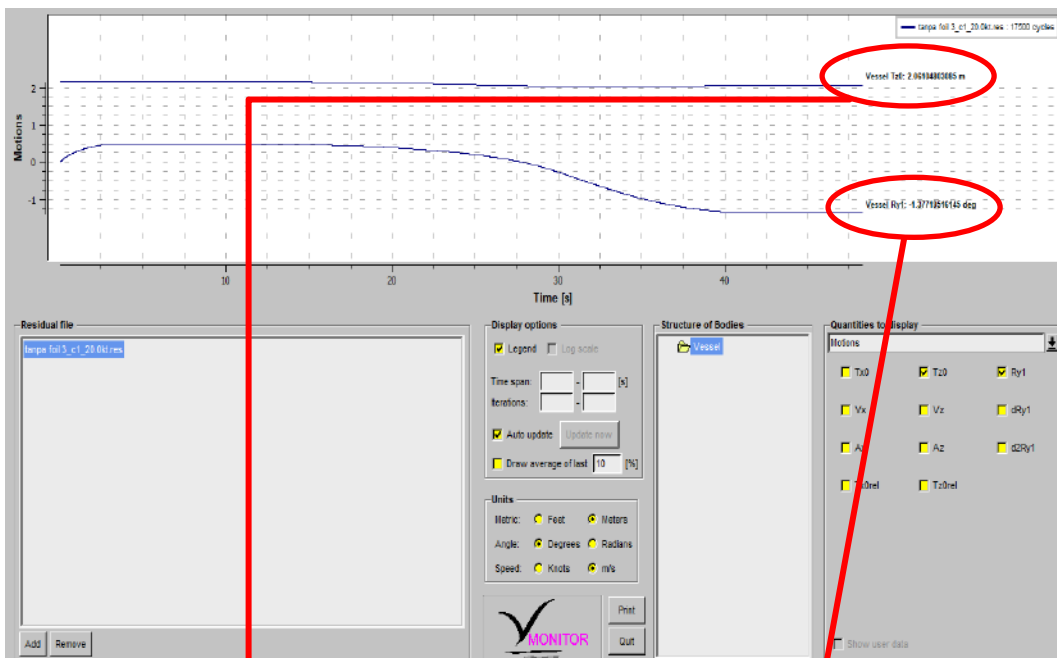
3. Grafik *Monitoring* Hambatan dan Gerakan Kapal ketika bergerak dengan kecepatan 20 knot
a. Kapal tanpa *hull vane*

➤ Grafik hambatan kapal



Vessel Fx: -36102.28125 N

➤ Grafik gerakan kapal (*pitch* dan posisi titik berat kapal)

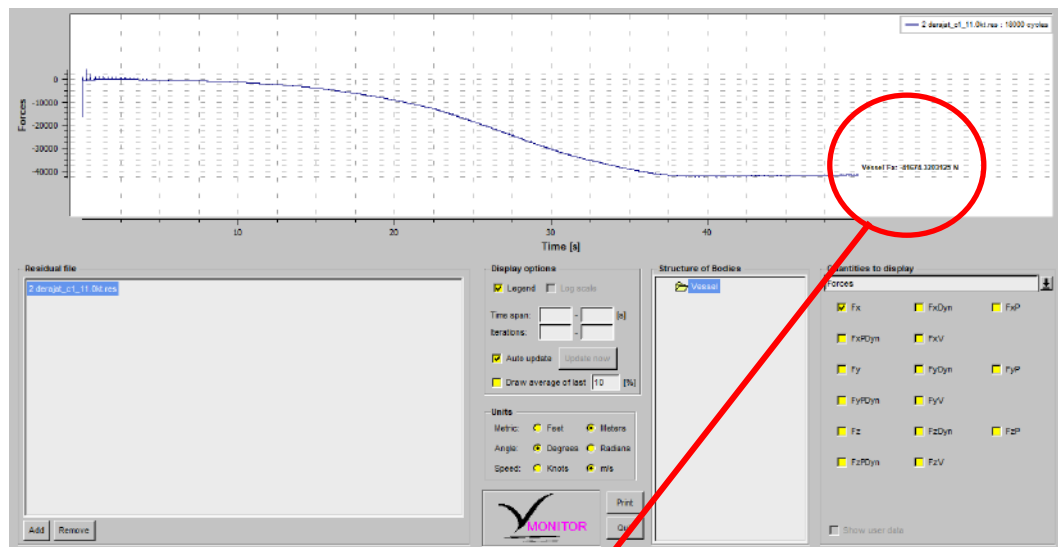


Vessel Tz0: 2.06104803085 m

Vessel Ry1: -1.37719516145 deg

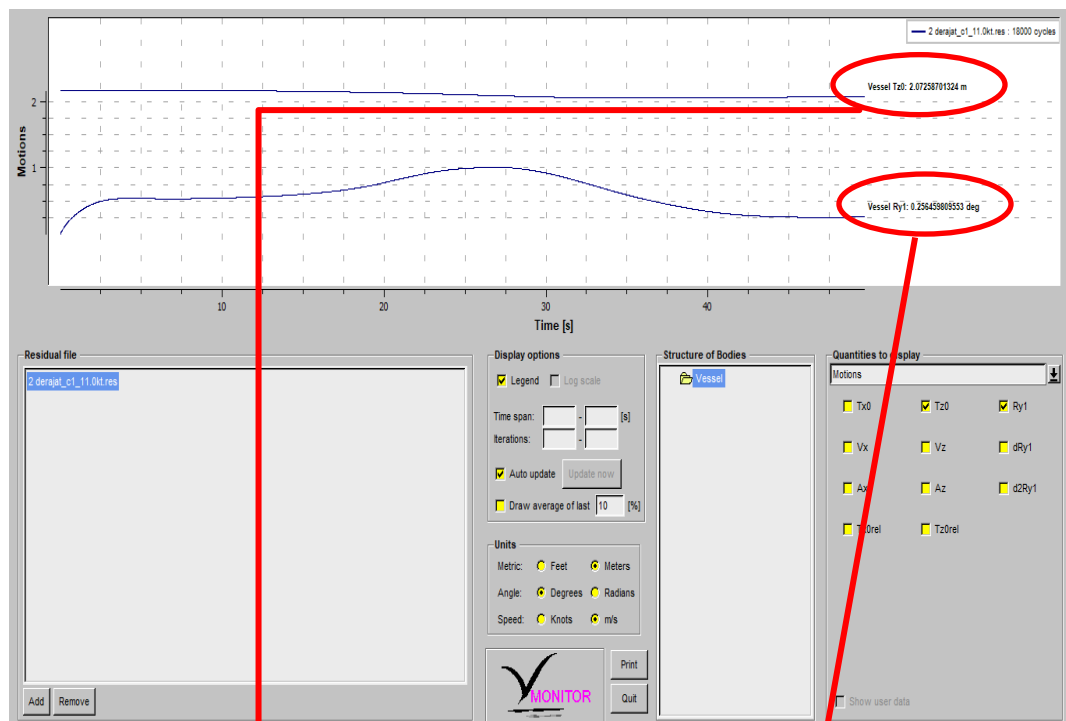
b. Kapal dengan *hull vane* lurus

➤ Grafik hambatan kapal



Vessel Fx: -41674.3203125 N

➤ Grafik gerakan kapal (*pitch* dan posisi titik berat kapal)

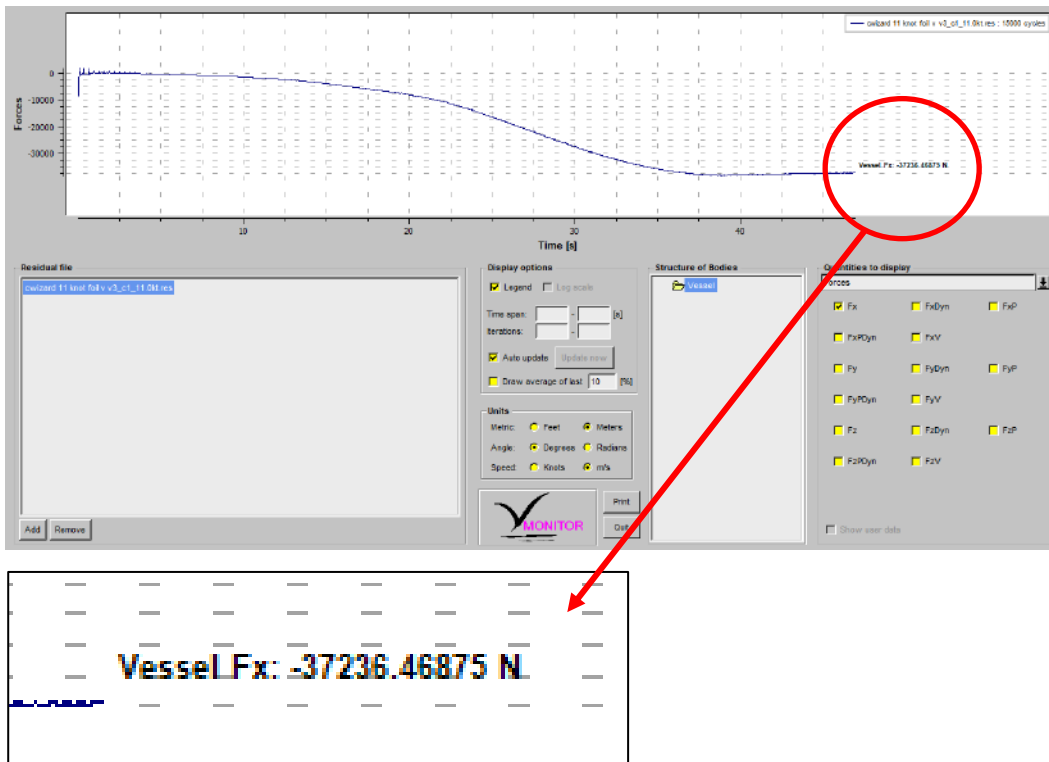


Vessel Tz0: 2.07258701324 m

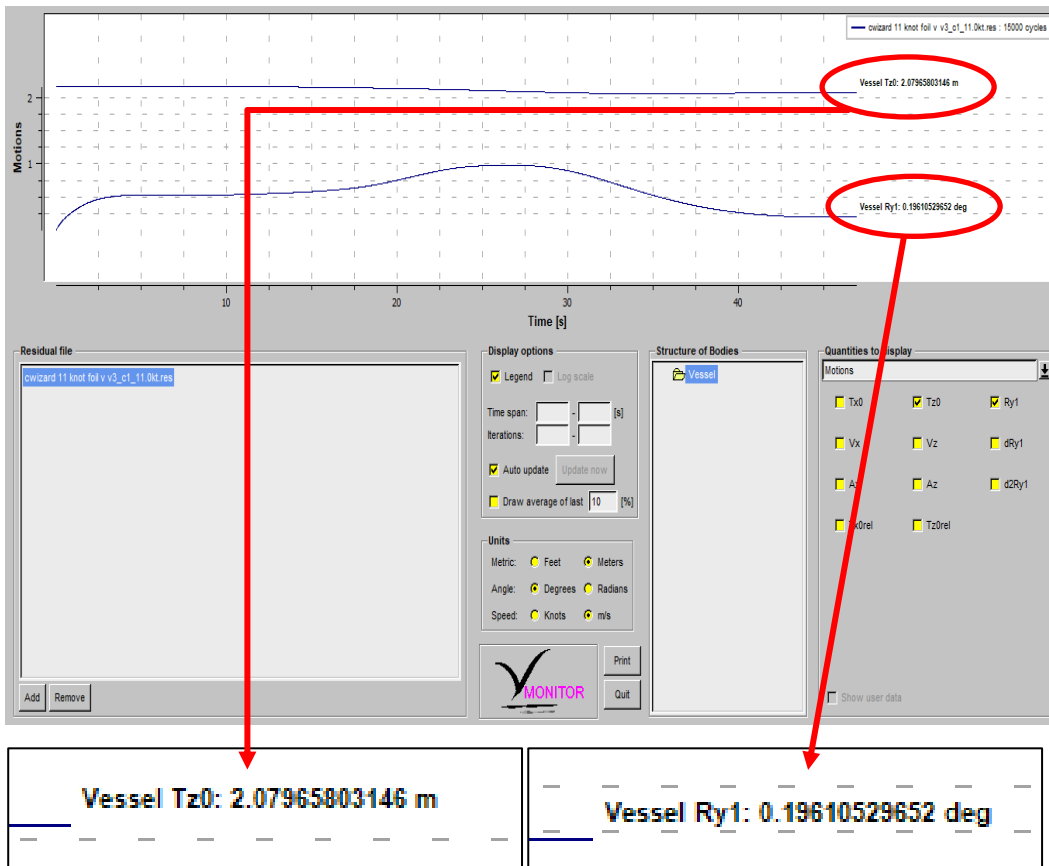
Vessel Ry1: 0.256459809553 deg

c. Kapal dengan *hull vane V*

➤ Grafik hambatan kapal

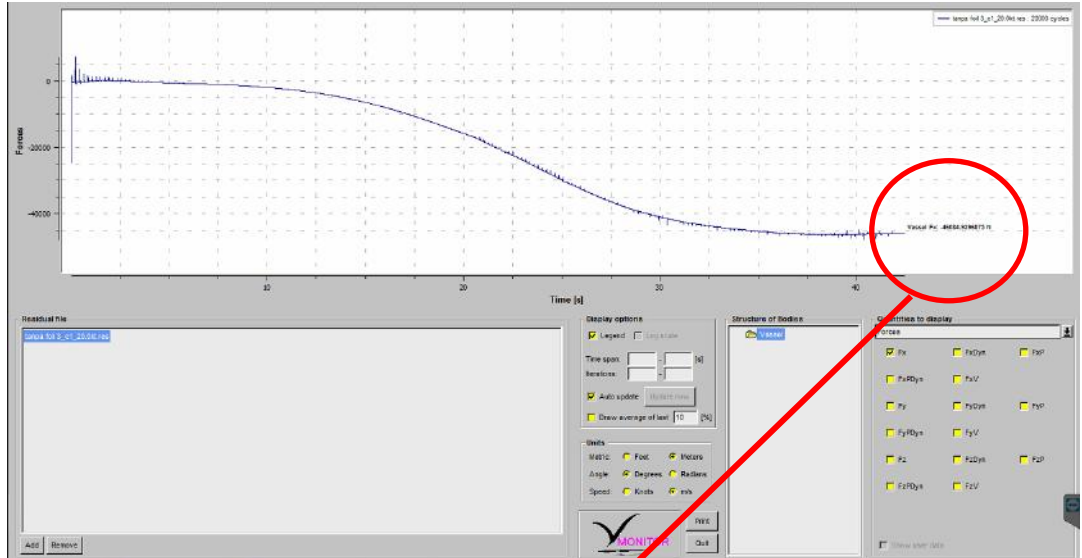


➤ Grafik gerakan kapal (*pitch* dan posisi titik berat kapal)



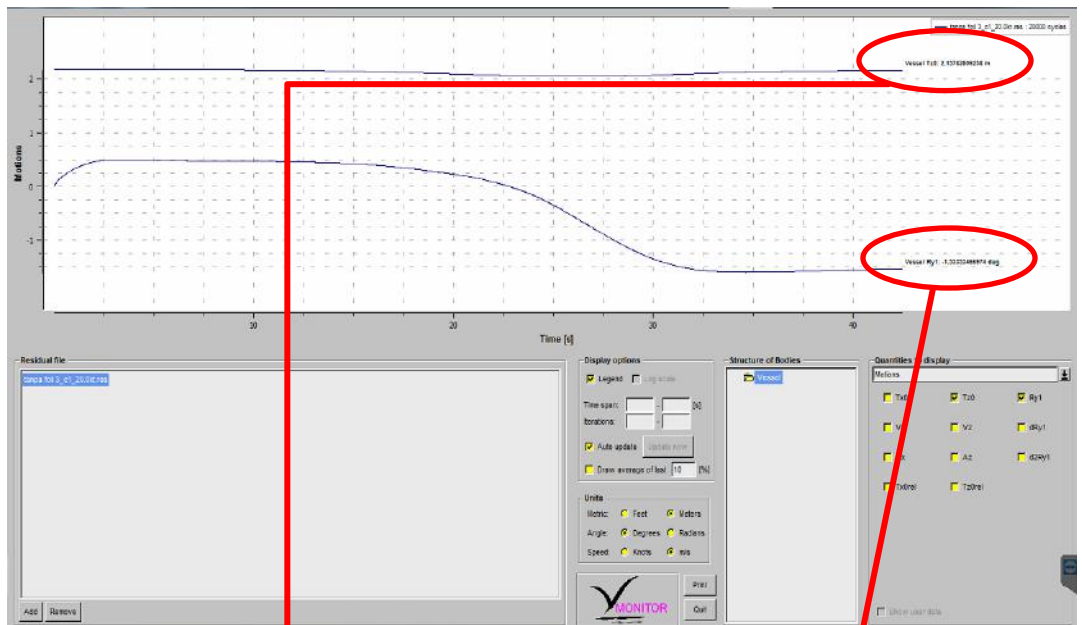
4. Grafik *Monitoring* Hambatan dan Gerakan Kapal ketika bergerak dengan kecepatan 26 knot
a. Kapal tanpa *hull vane*

➤ Grafik hambatan kapal



Vessel Fx: -46084.9396875 N

➤ Grafik gerakan kapal (*pitch* dan posisi titik berat kapal)

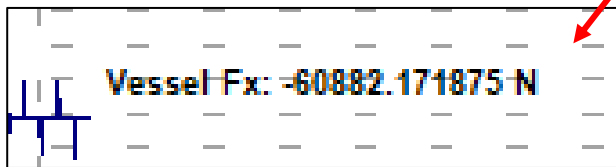
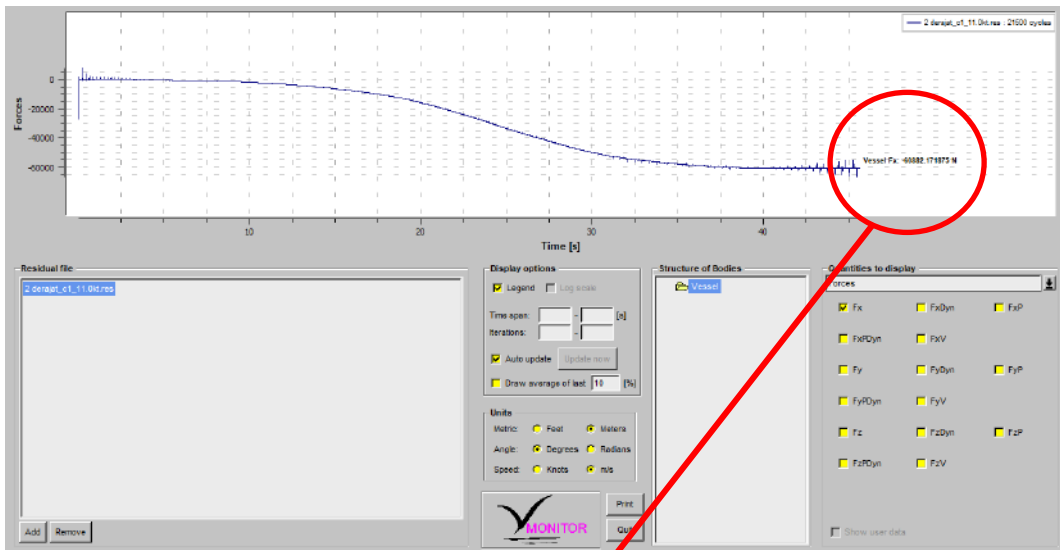


Vessel Tz0: 2.15782809258 m

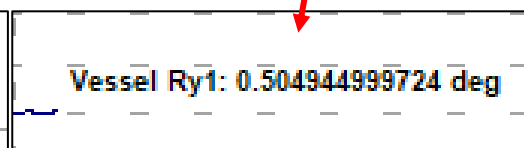
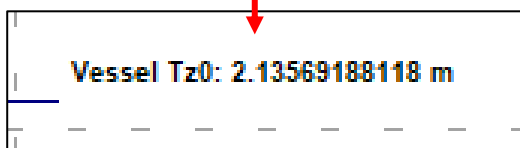
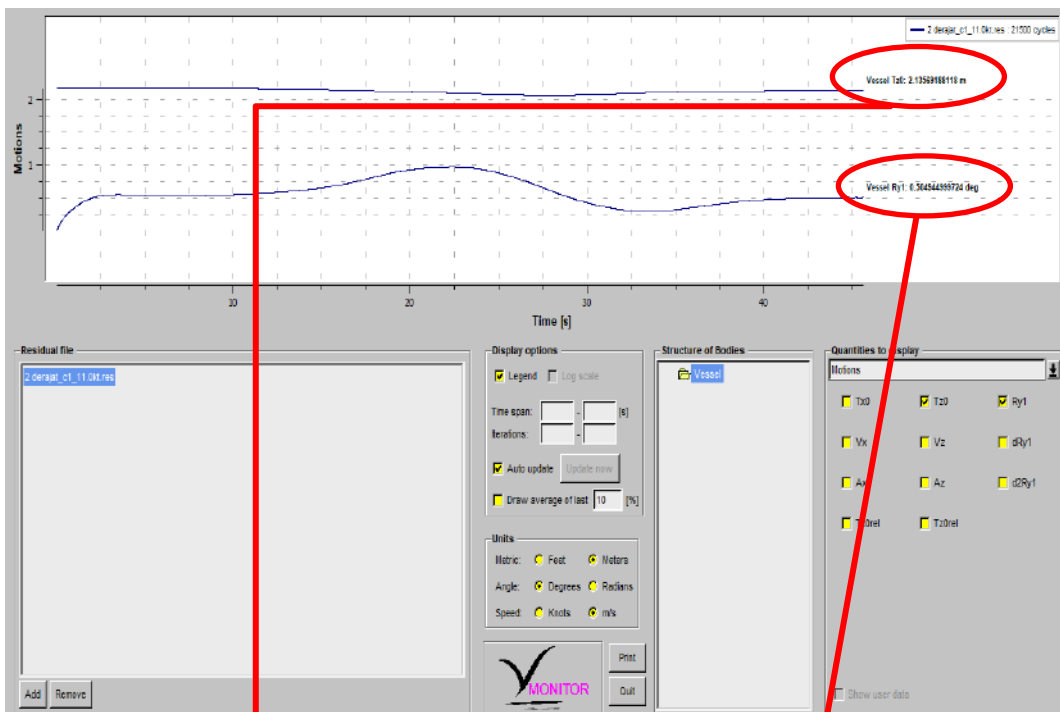
Vessel Ry1: -1.53353466974 deg

b. Kapal dengan *hull vane* lurus

➤ Grafik hambatan kapal

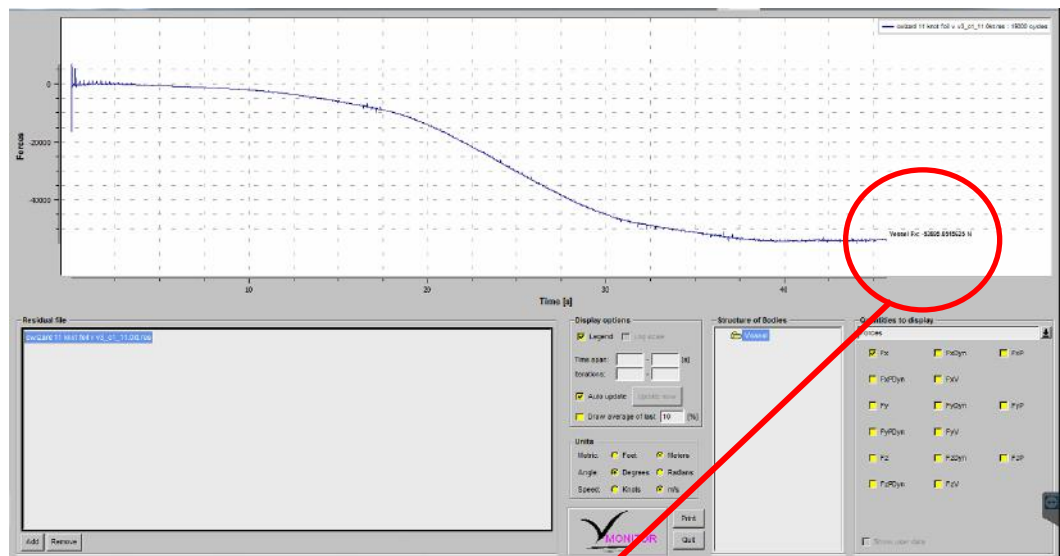


➤ Grafik gerakan kapal (*pitch* dan posisi titik berat kapal)

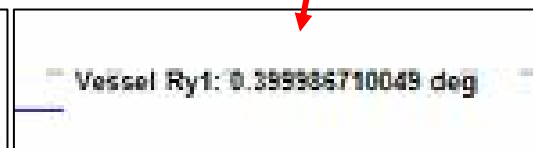
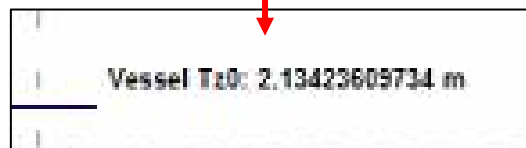
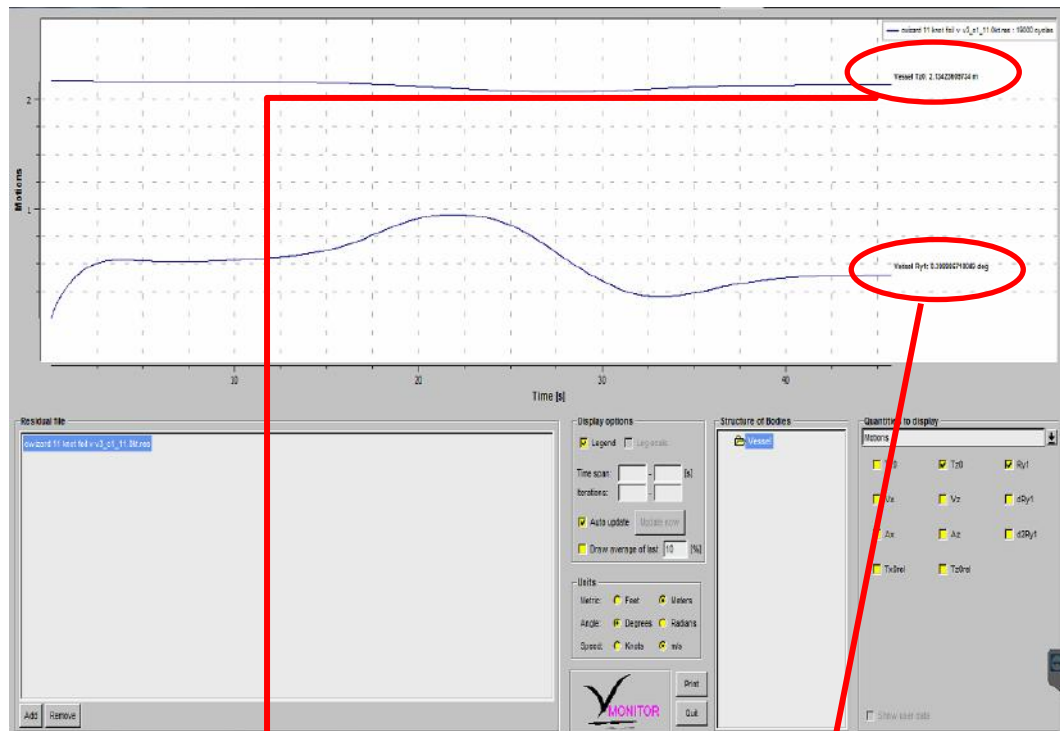


c. Kapal dengan *hull vane* V

➤ Grafik hambatan kapal



➤ Grafik gerakan kapal (*pitch* dan posisi titik berat kapal)

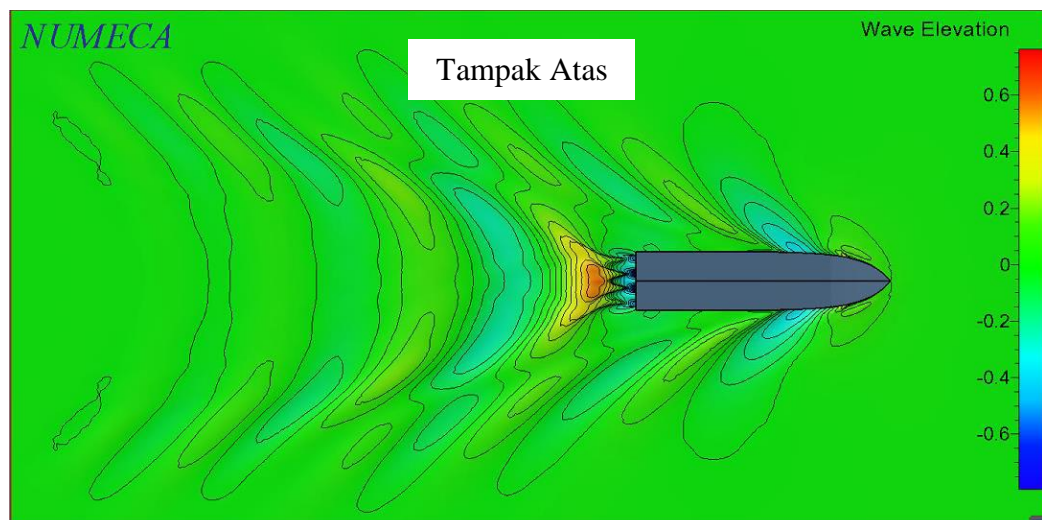
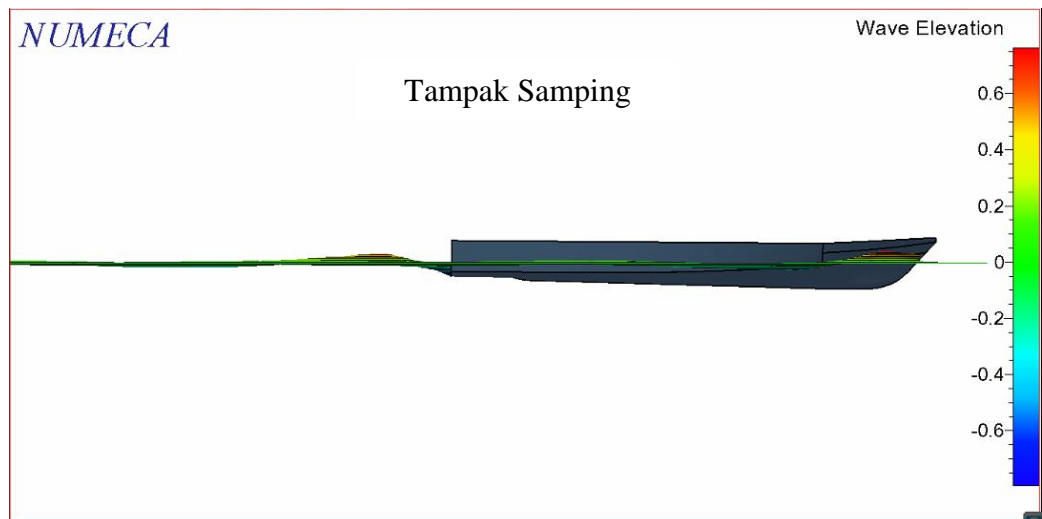
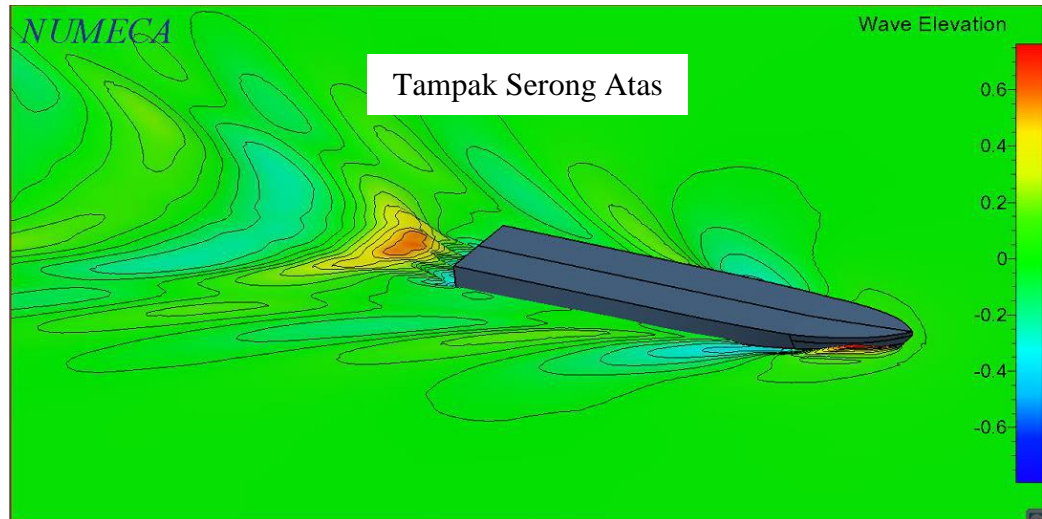


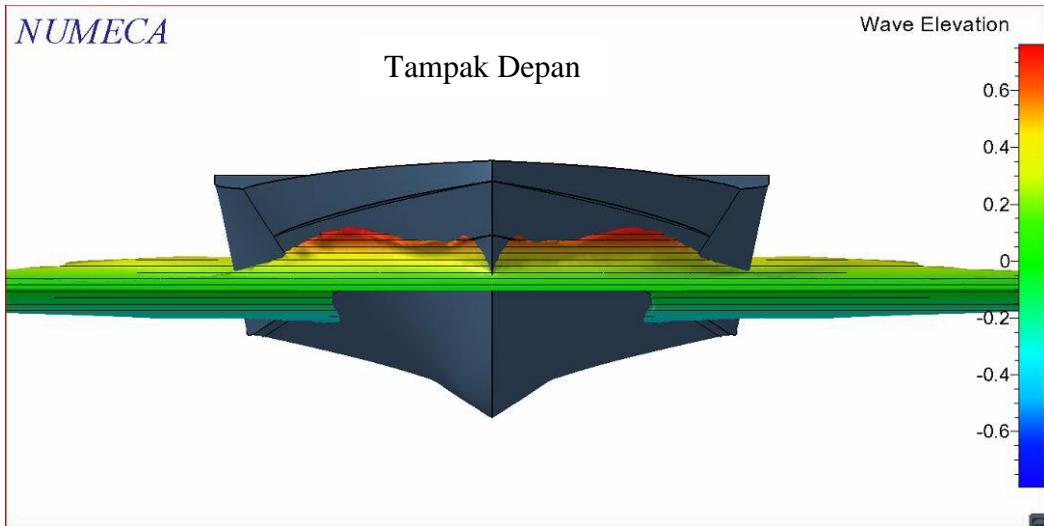
**LAMPIRAN C “VISUALISASI BENTUK GELOMBANG DAN
BENTUK ALIRAN”**

1. Visualisasi Bentuk Gelombang dan Bentuk Aliran Kapal ketika bergerak dengan kecepatan 11 knot

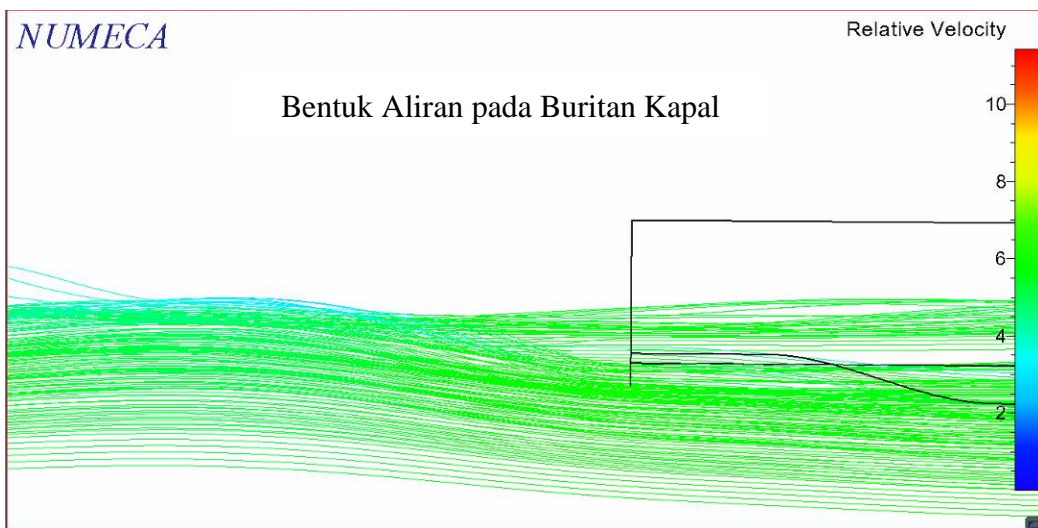
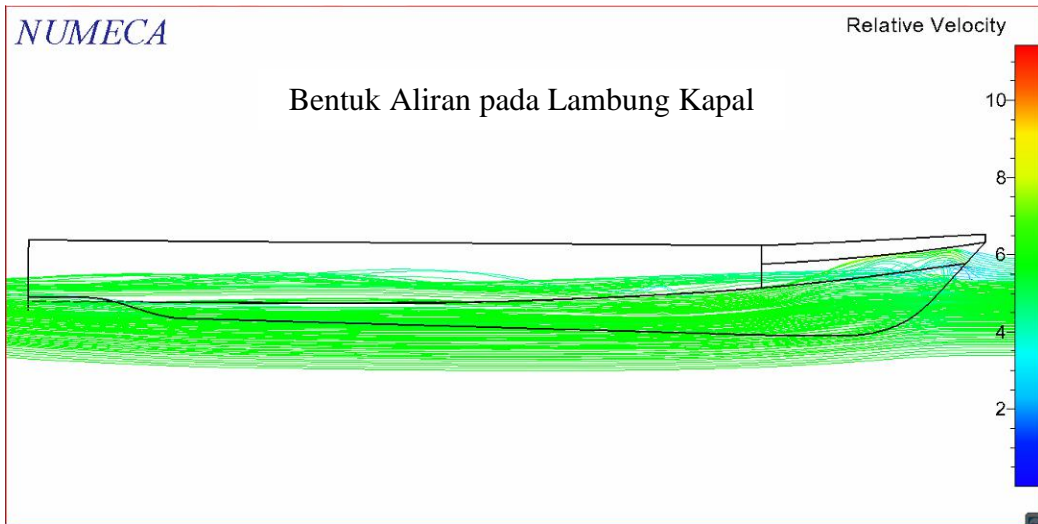
a. Kapal tanpa *hull vane*

➤ Visualisasi bentuk gelombang



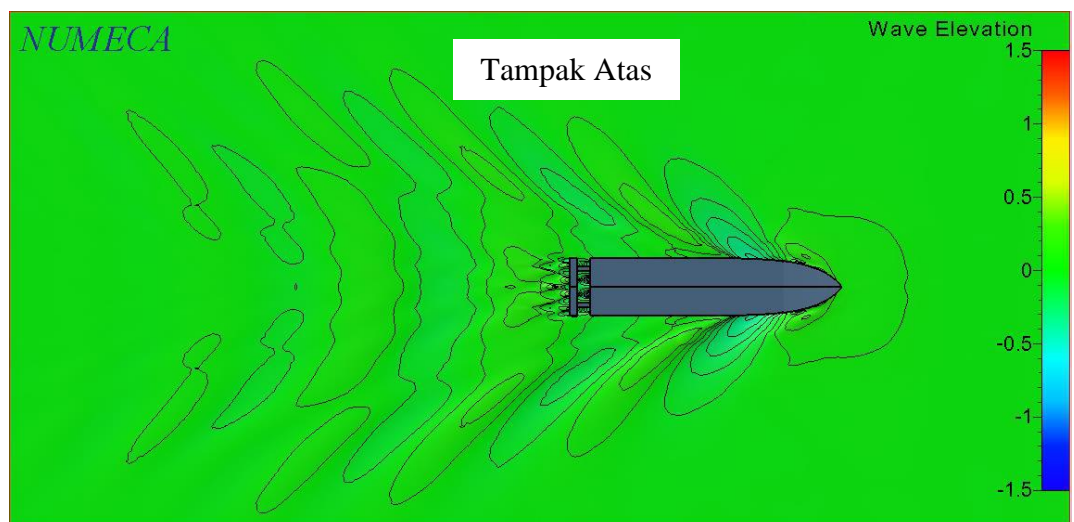
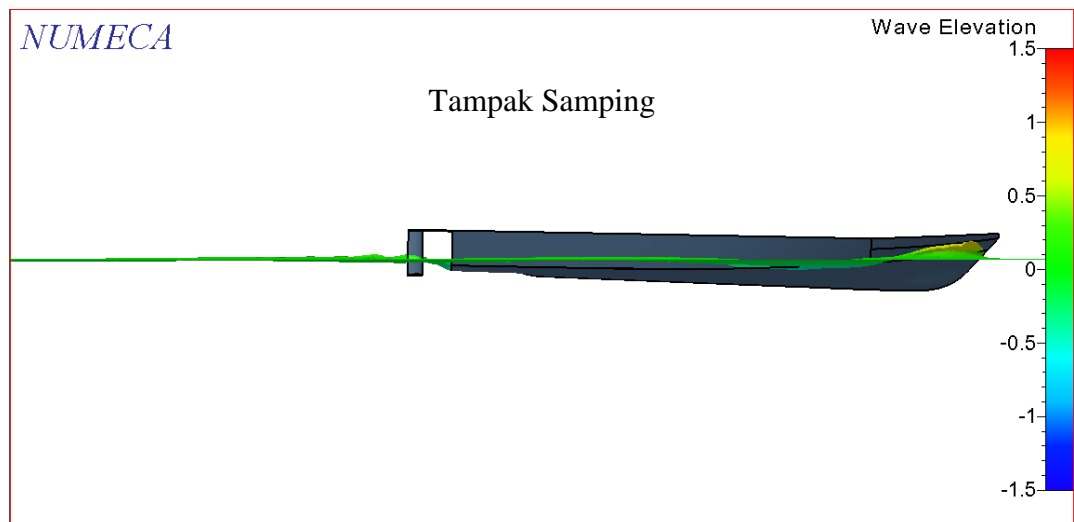
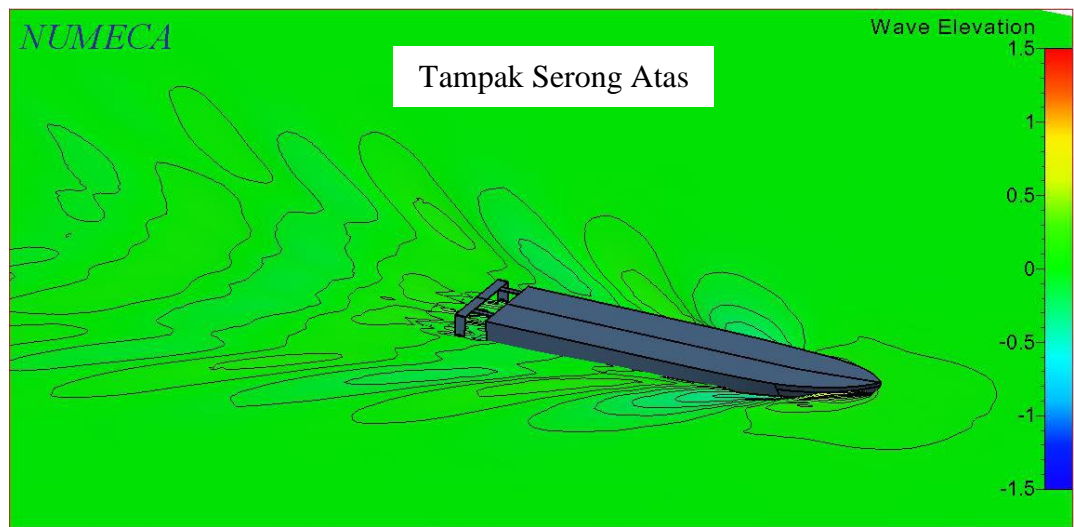


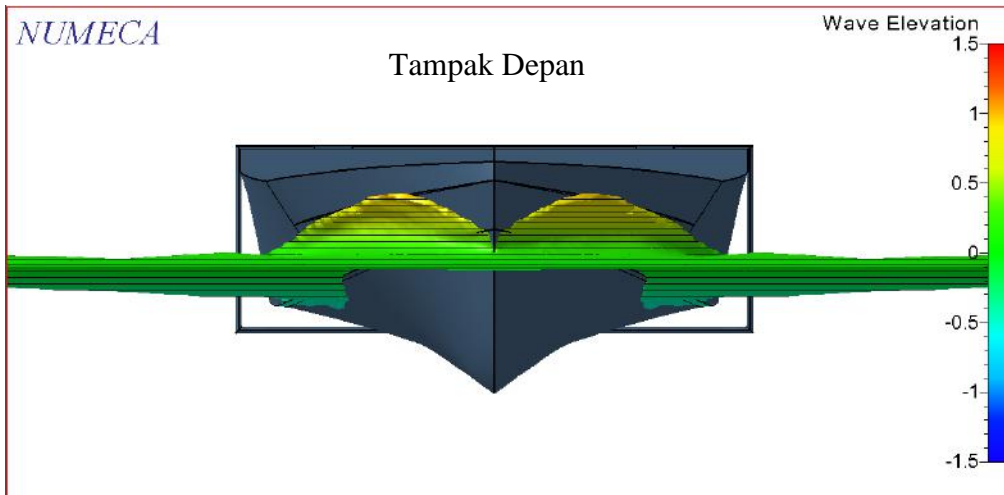
➤ Visualisasi bentuk aliran



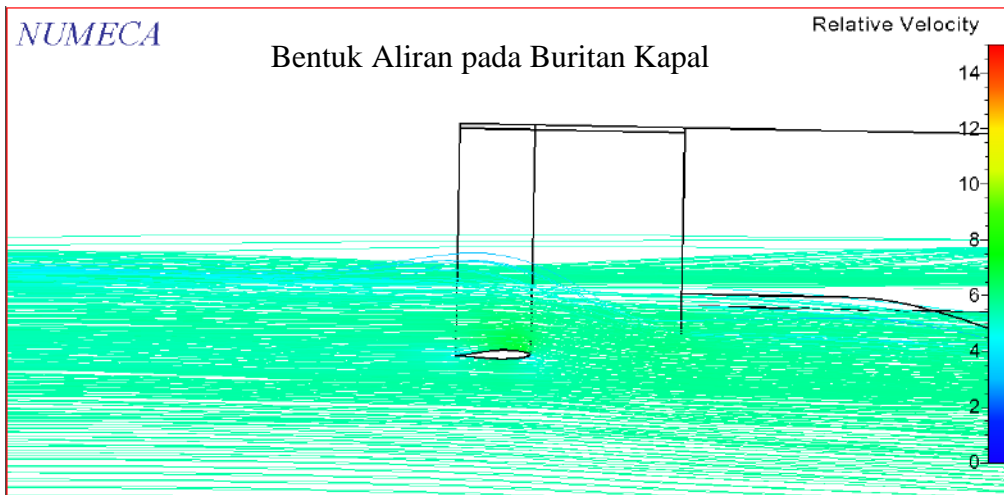
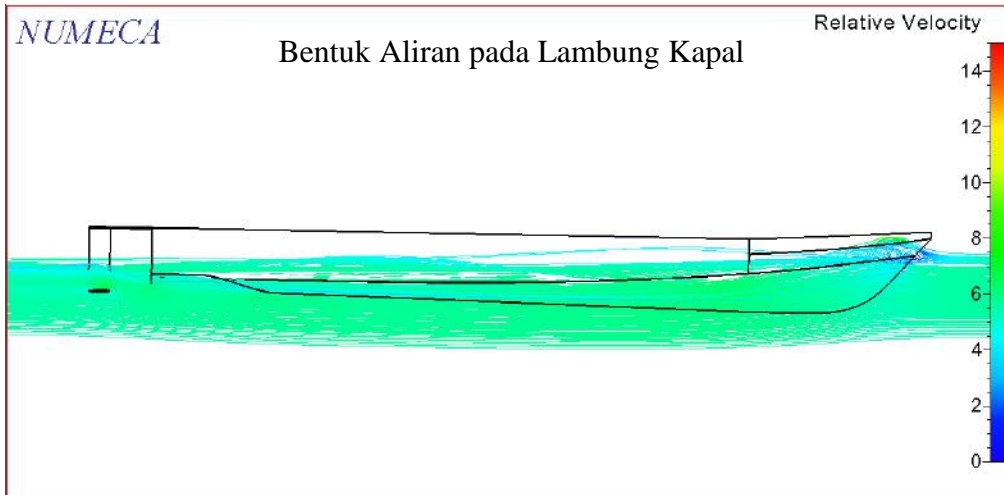
b. Kapal dengan *hull vane* lurus

- Visualisasi bentuk gelombang



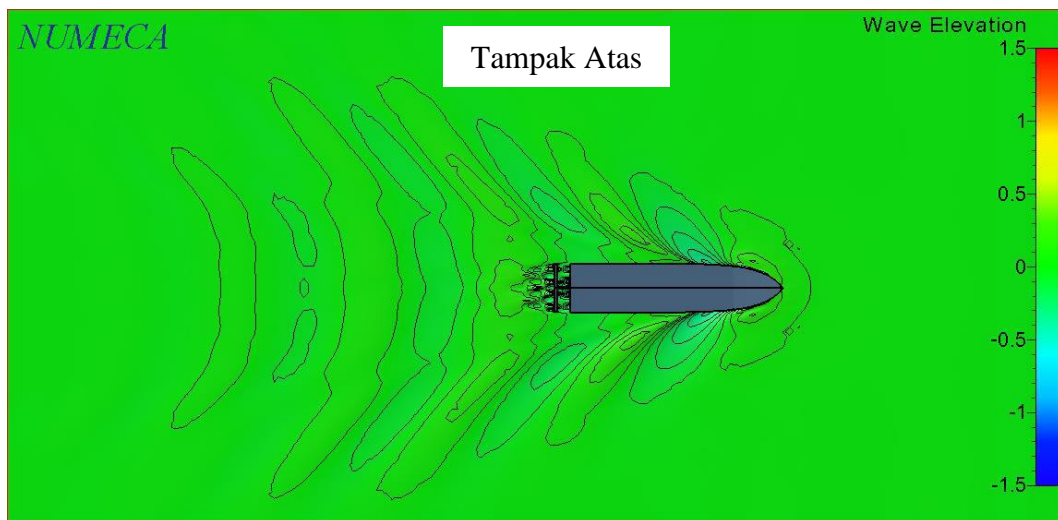
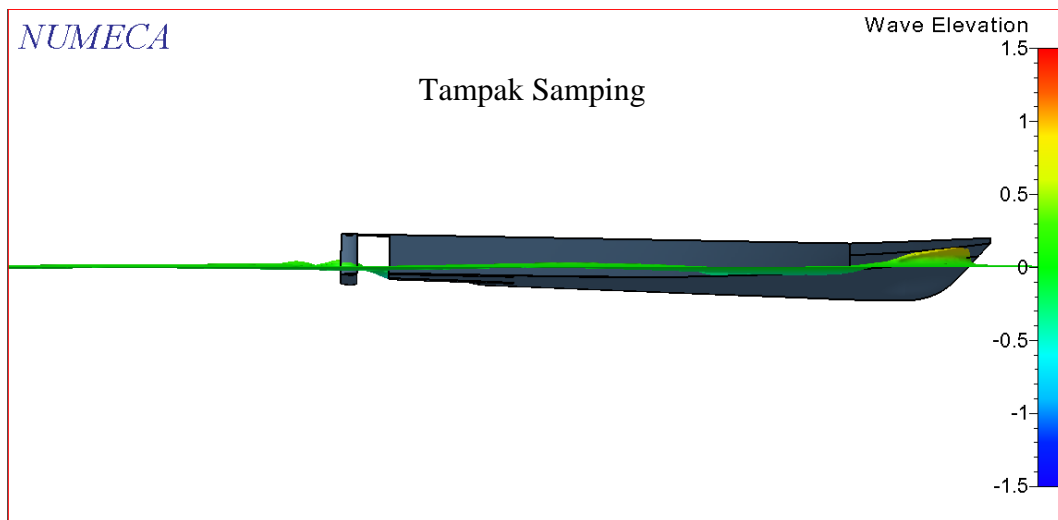
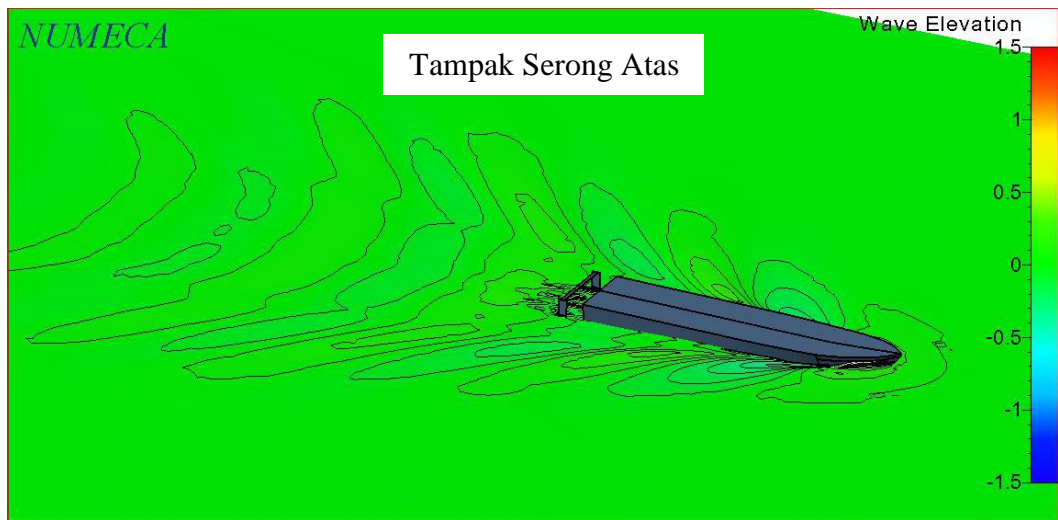


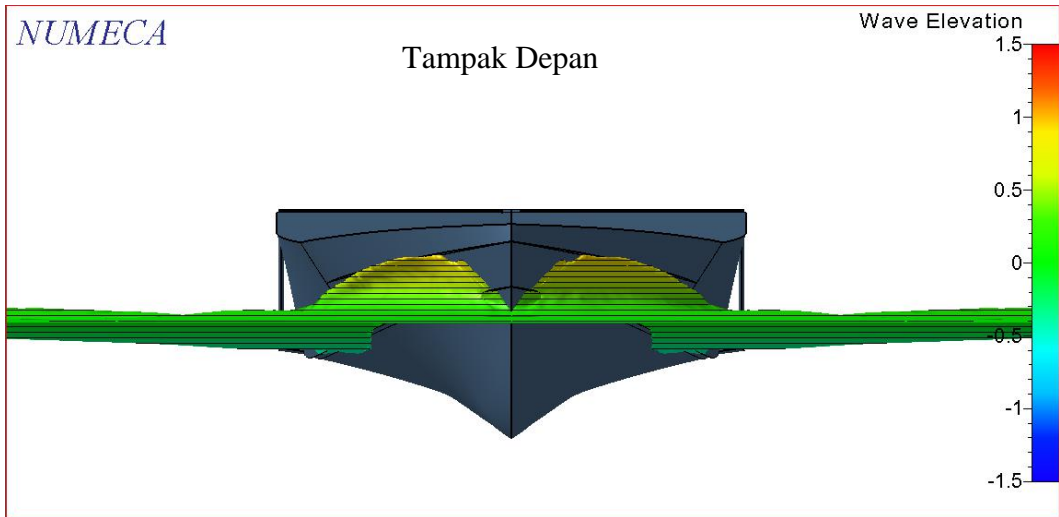
- Visualisasi bentuk aliran



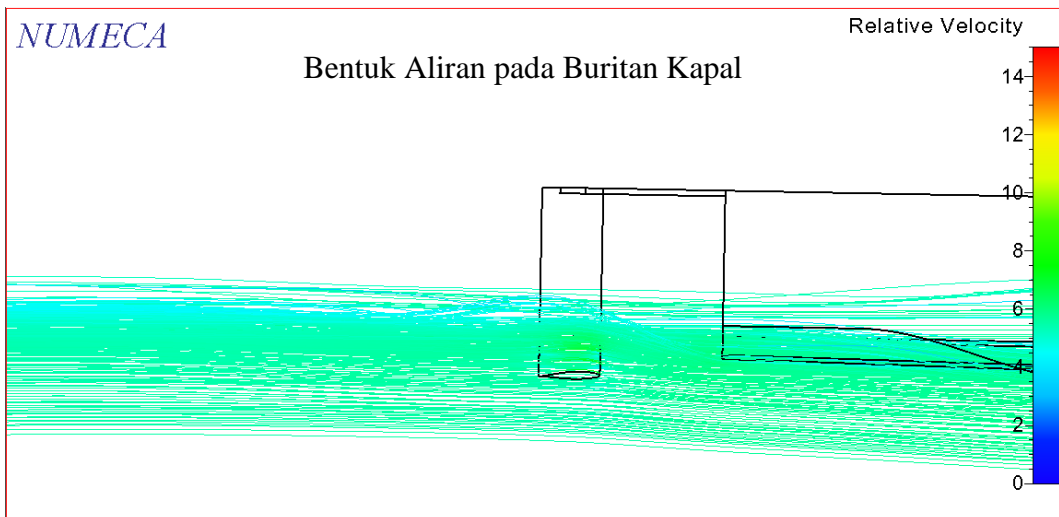
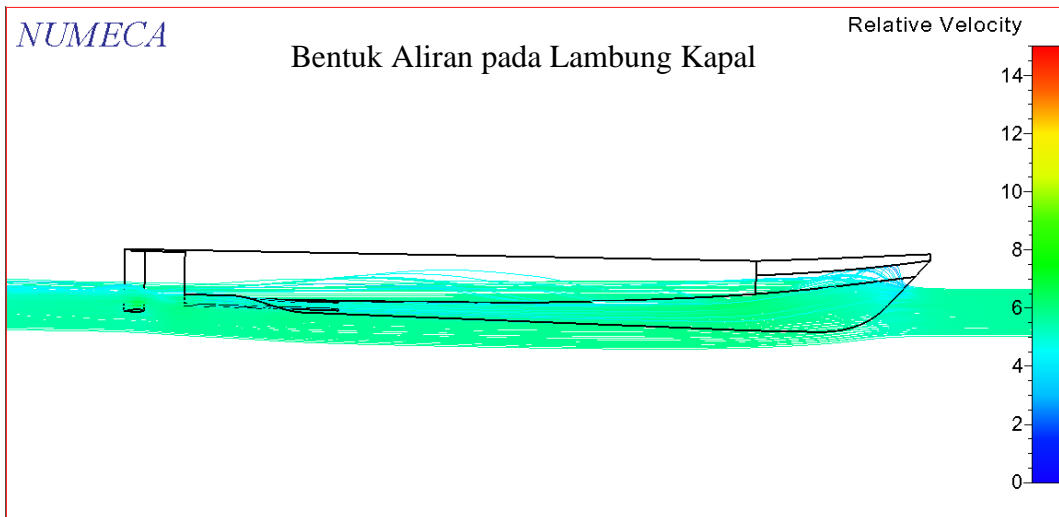
c. Kapal dengan *hull vane* V

- Visualisasi bentuk gelombang





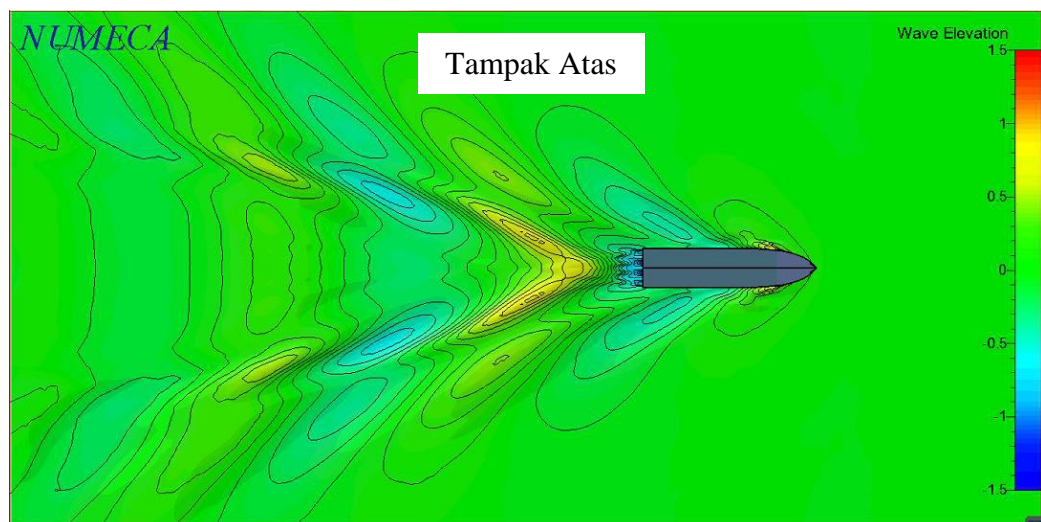
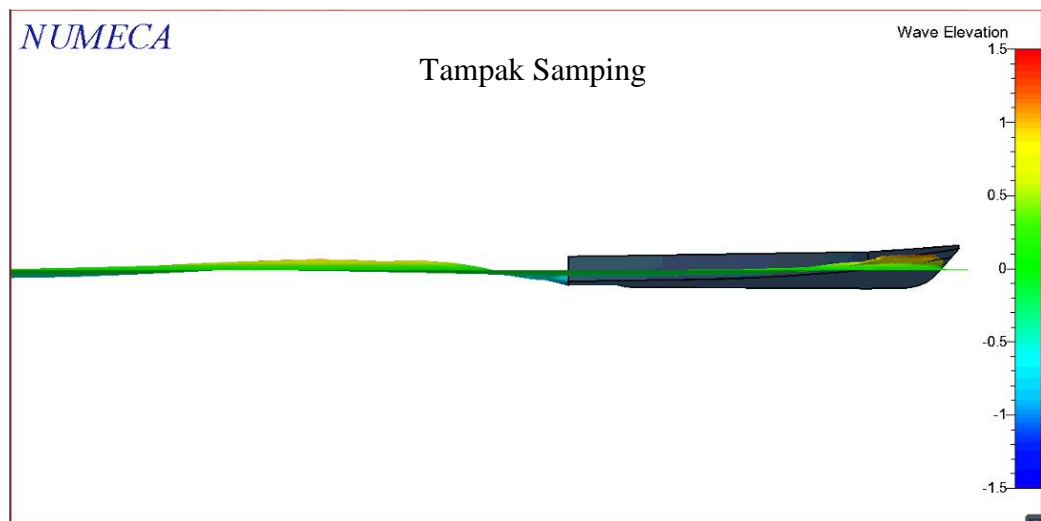
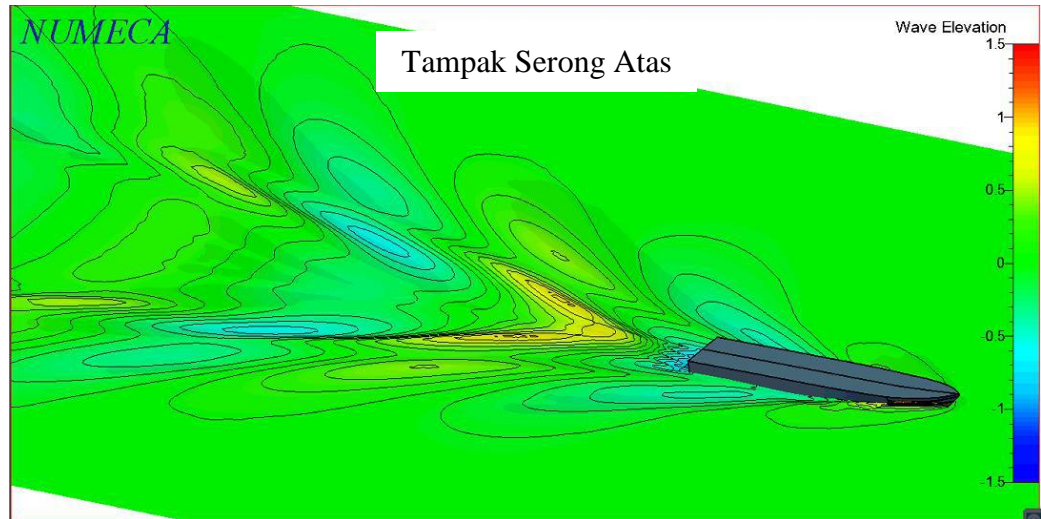
➤ Visualisasi bentuk aliran

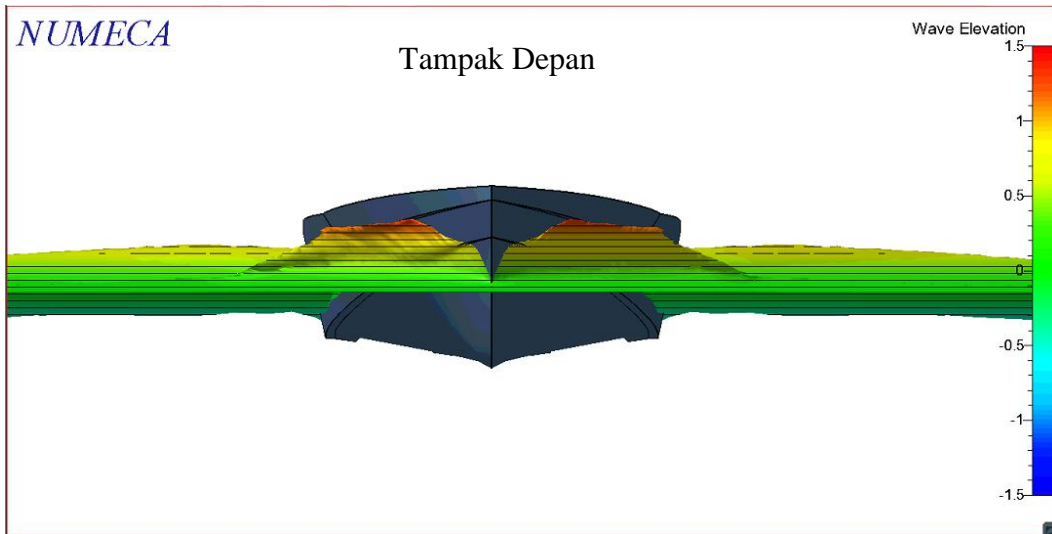


2. Visualisasi Bentuk Gelombang dan Bentuk Aliran Kapal ketika bergerak dengan kecepatan 17 knot

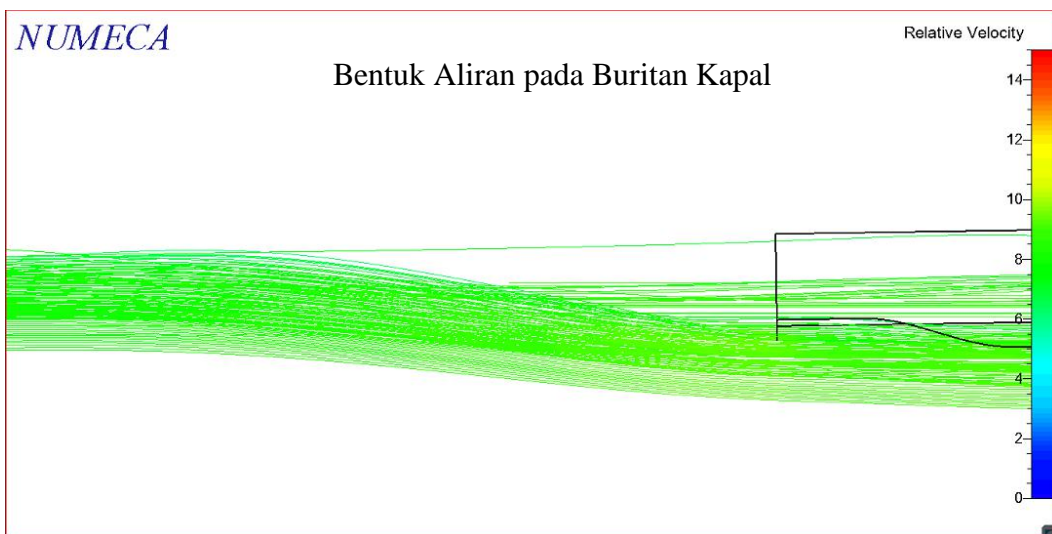
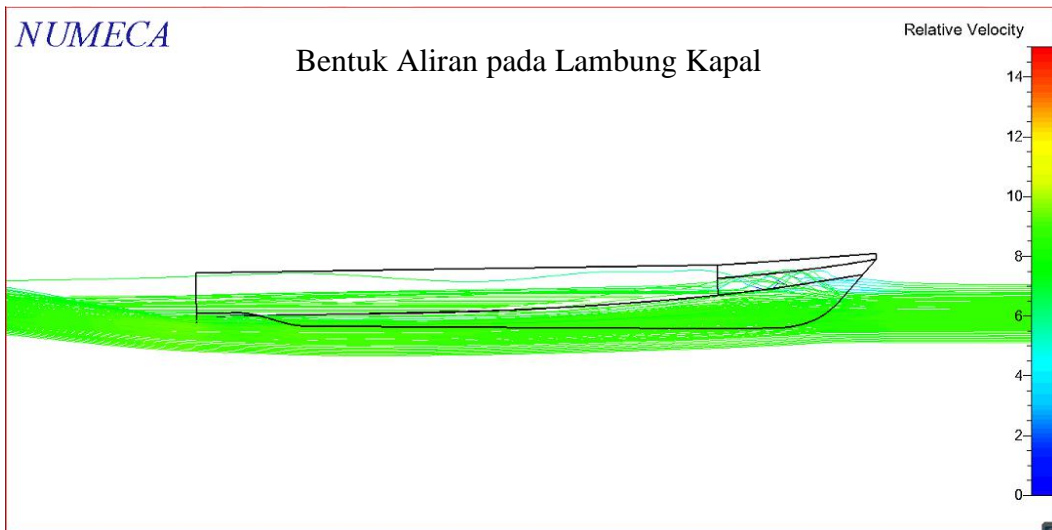
a. Kapal tanpa *hull vane*

➤ Visualisasi bentuk gelombang



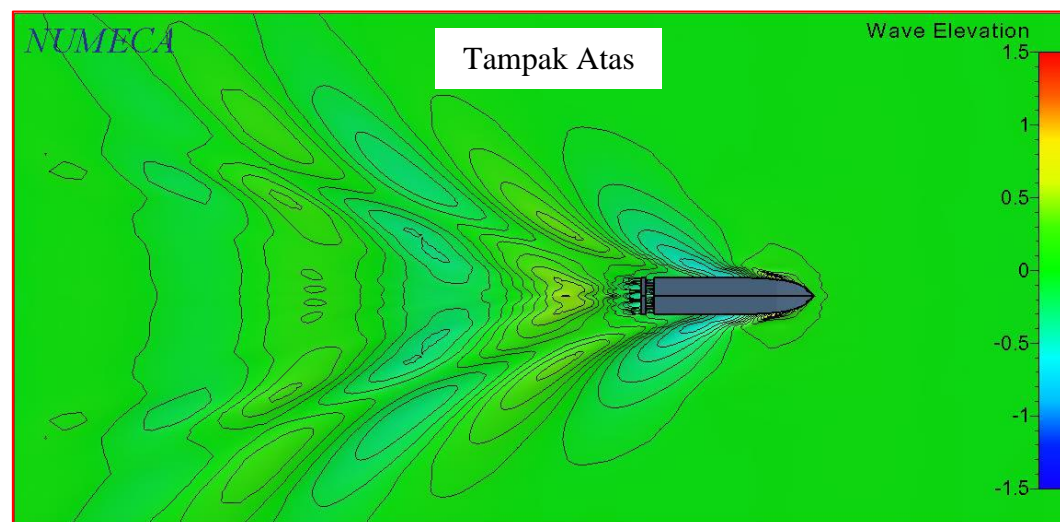
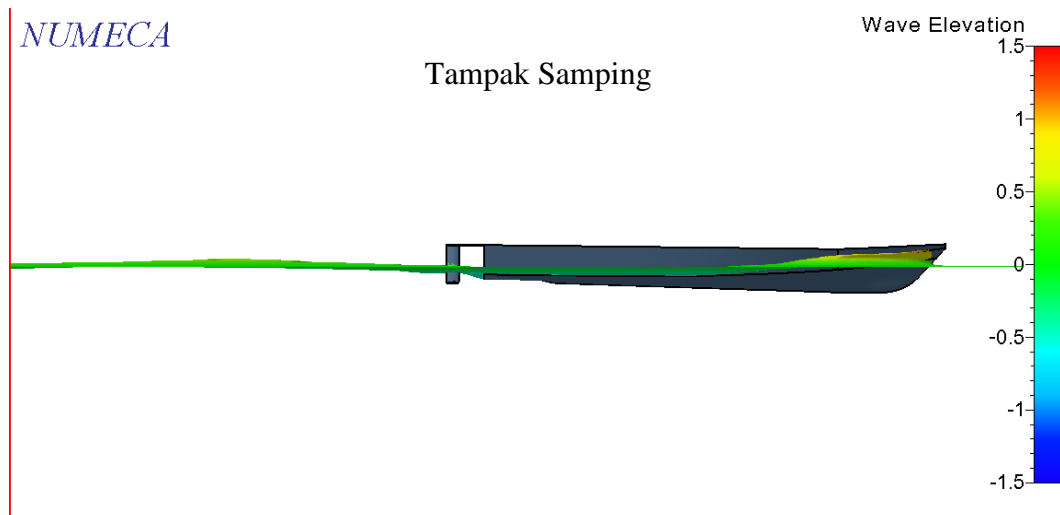
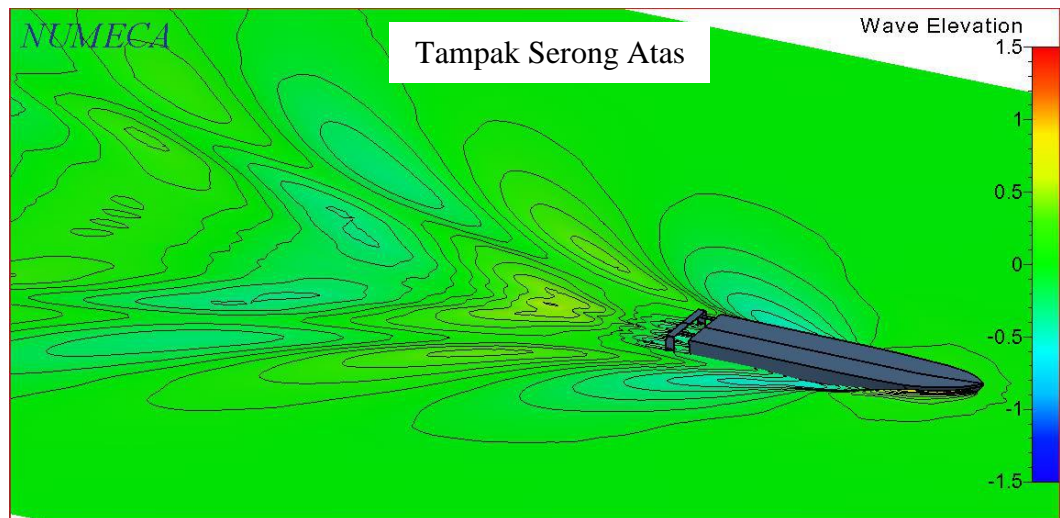


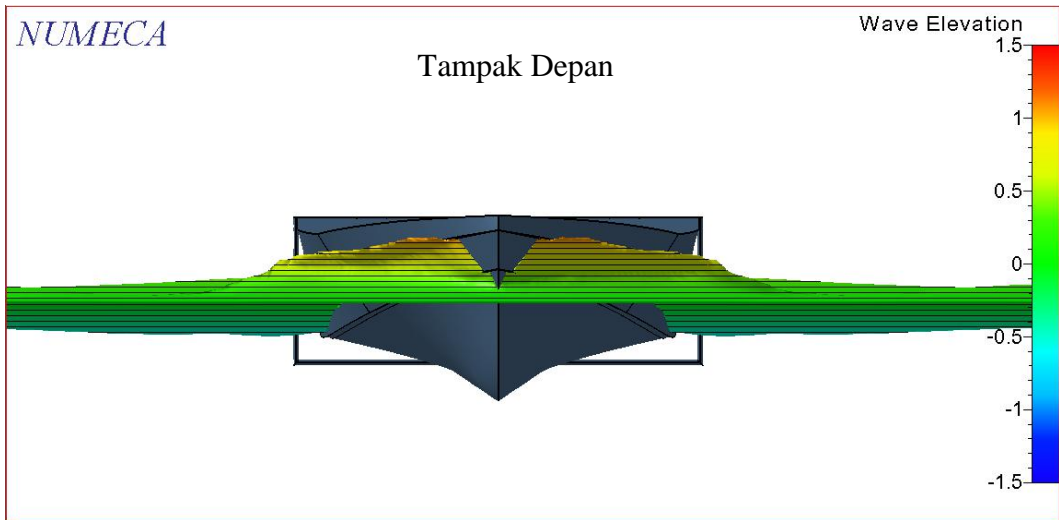
➤ Visualisasi bentuk aliran



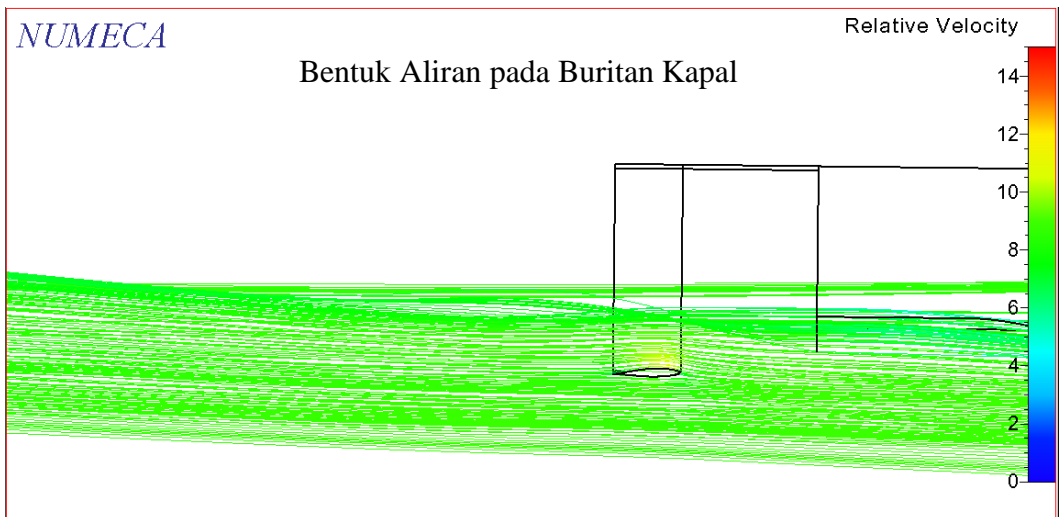
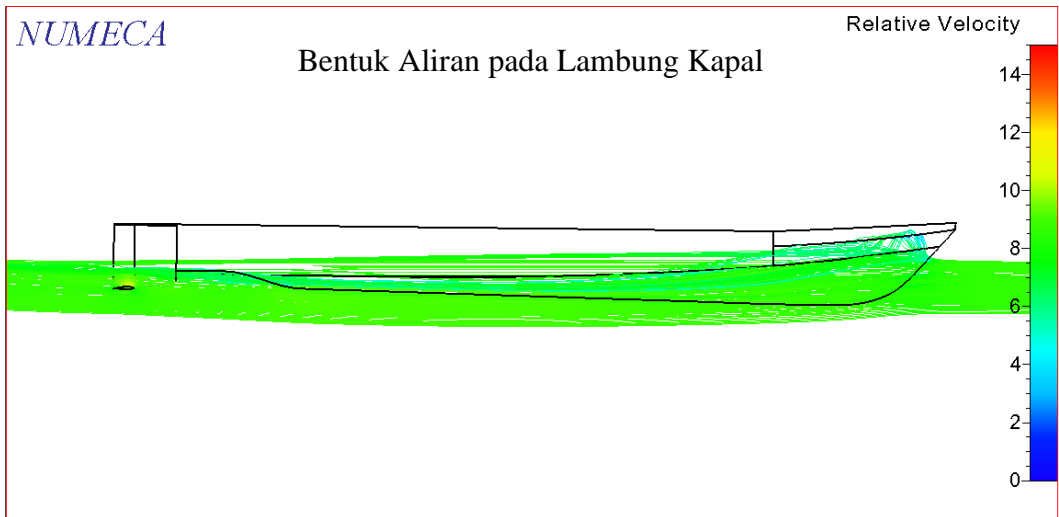
b. Kapal dengan *hull vane* lurus

- Visualisasi bentuk gelombang



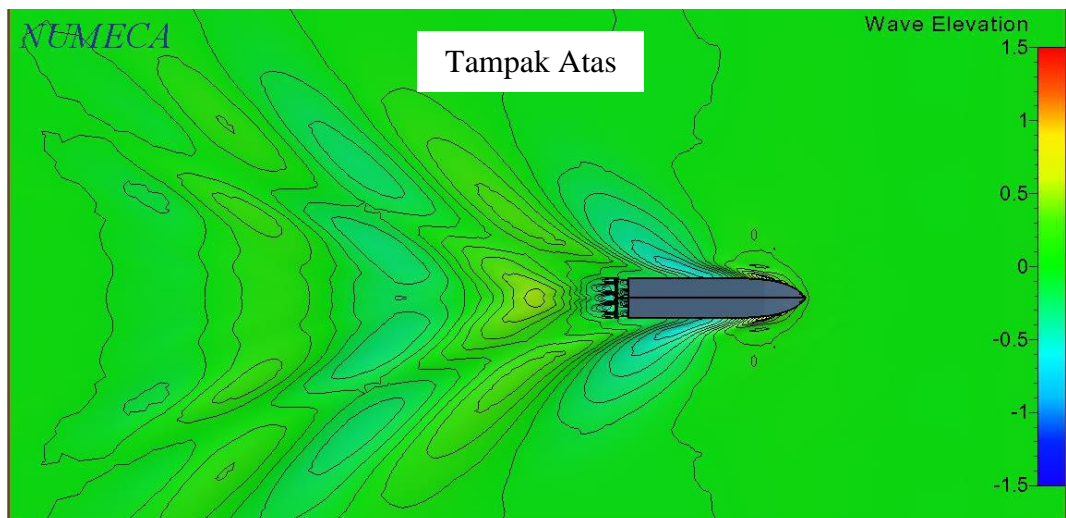
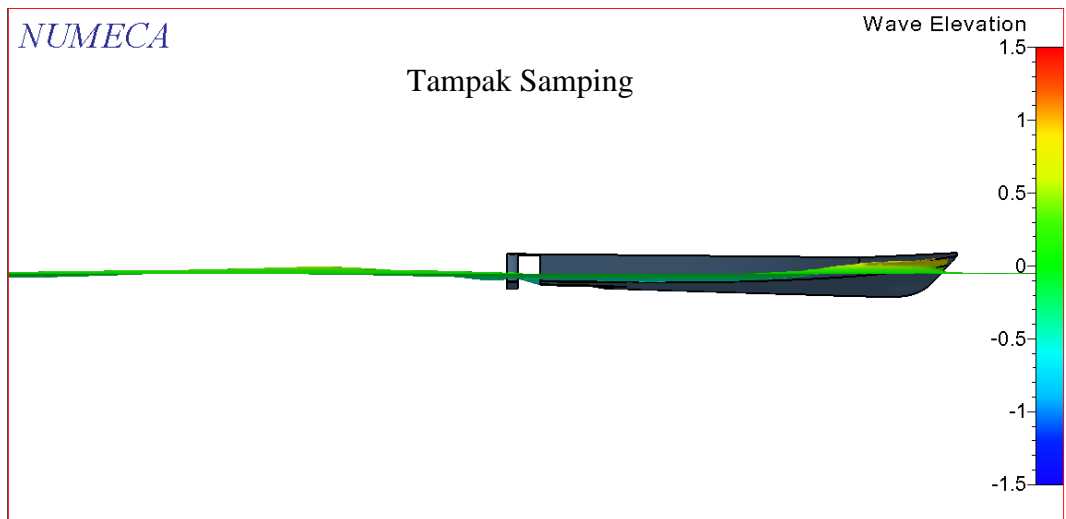
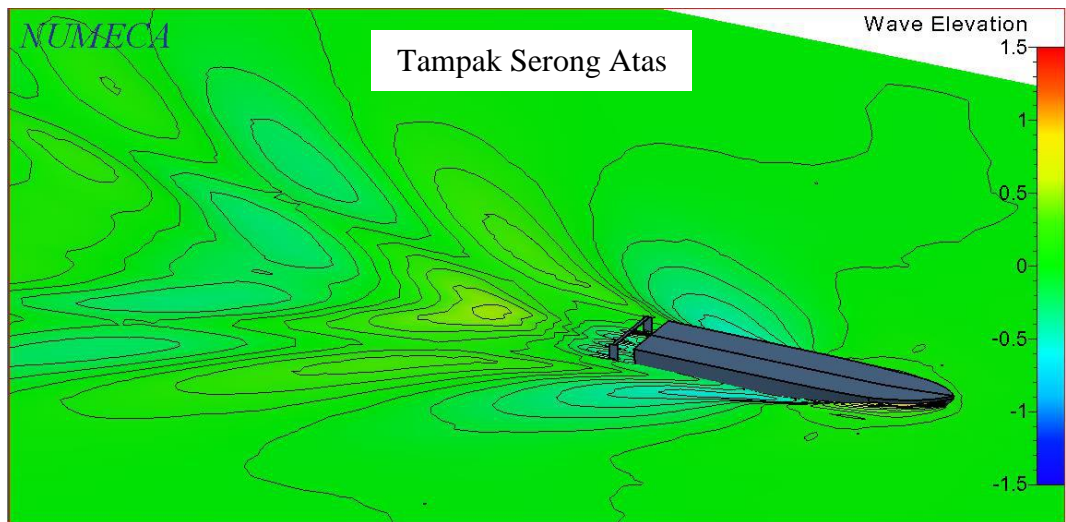


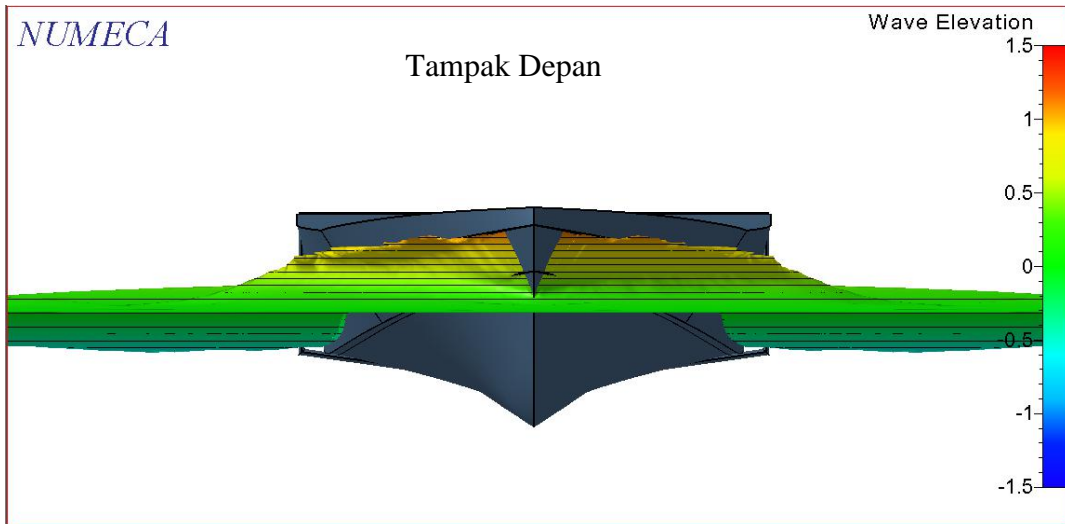
➤ Visualisasi bentuk aliran



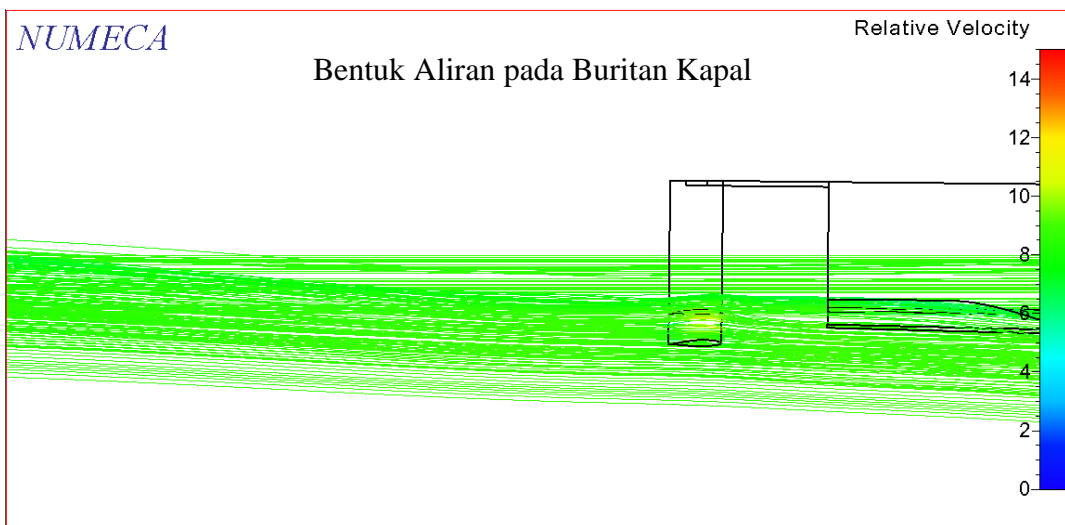
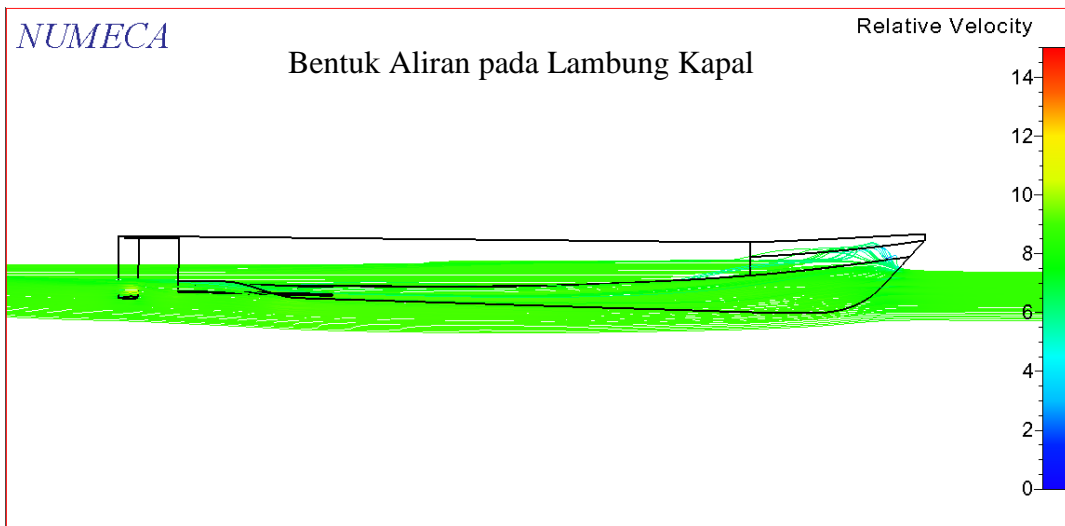
c. Kapal dengan *hull vane* V

➤ Visualisasi bentuk gelombang





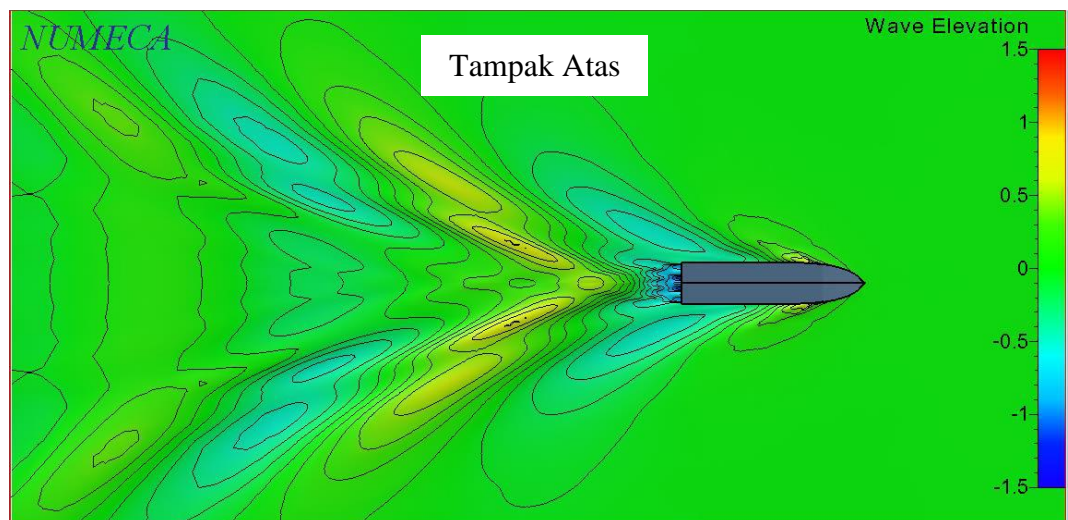
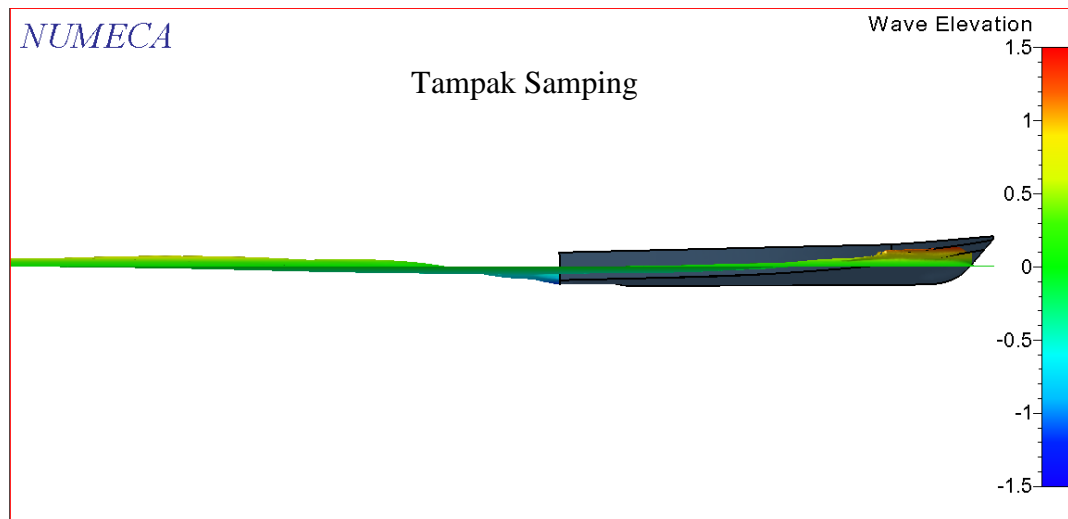
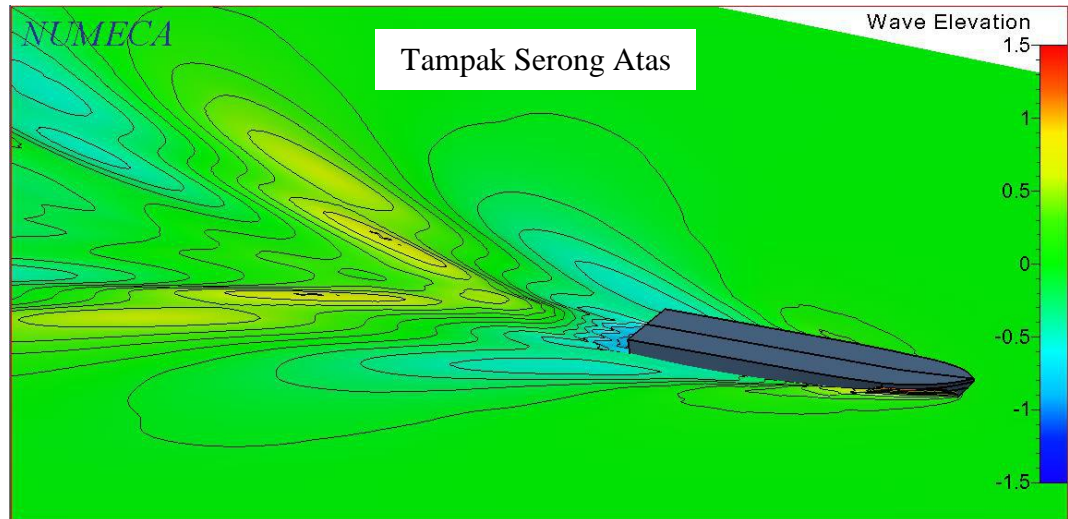
➤ Visualisasi bentuk aliran

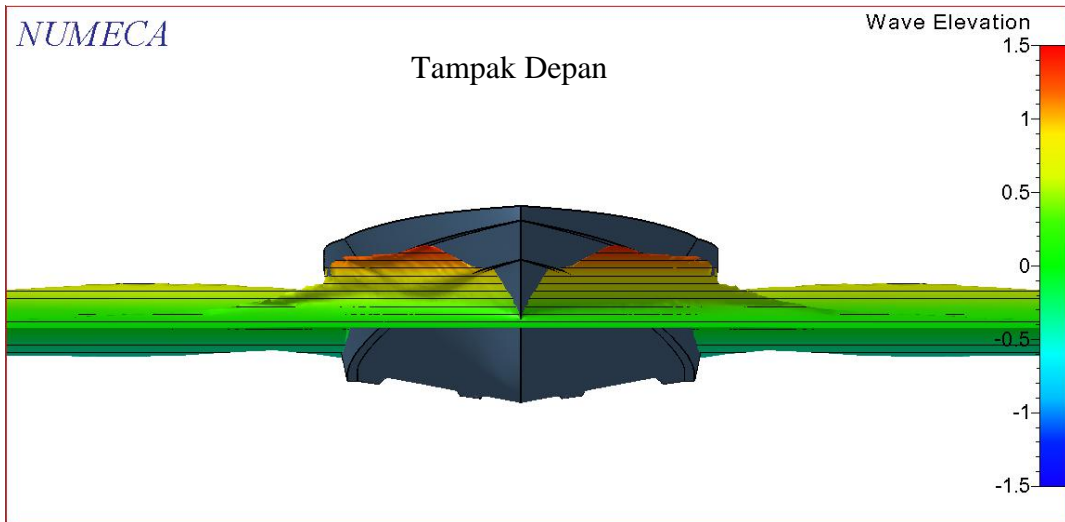


3. Visualisasi Bentuk Gelombang dan Bentuk Aliran Kapal ketika bergerak dengan kecepatan 20 knot

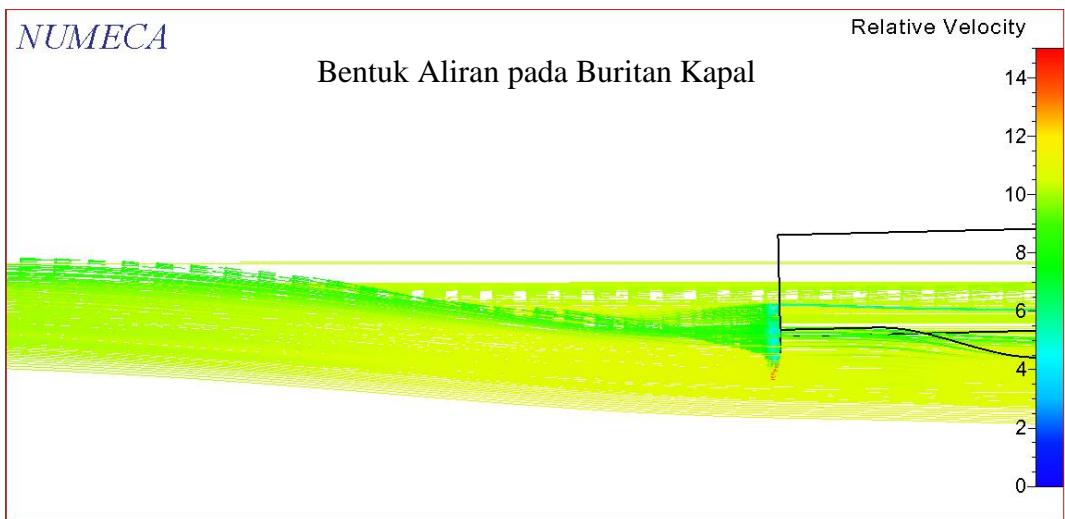
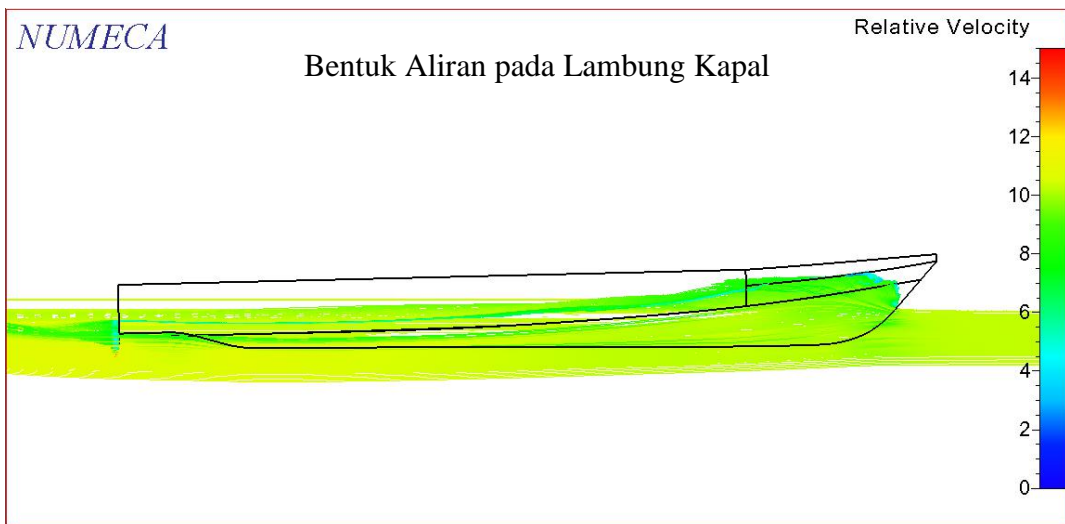
a. Kapal tanpa *hull vane*

➤ Visualisasi bentuk gelombang



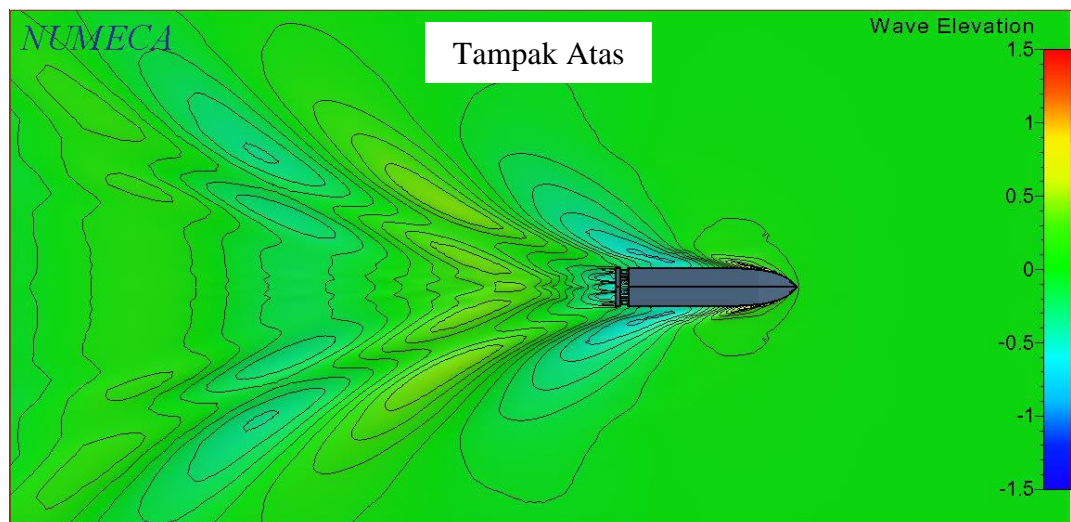
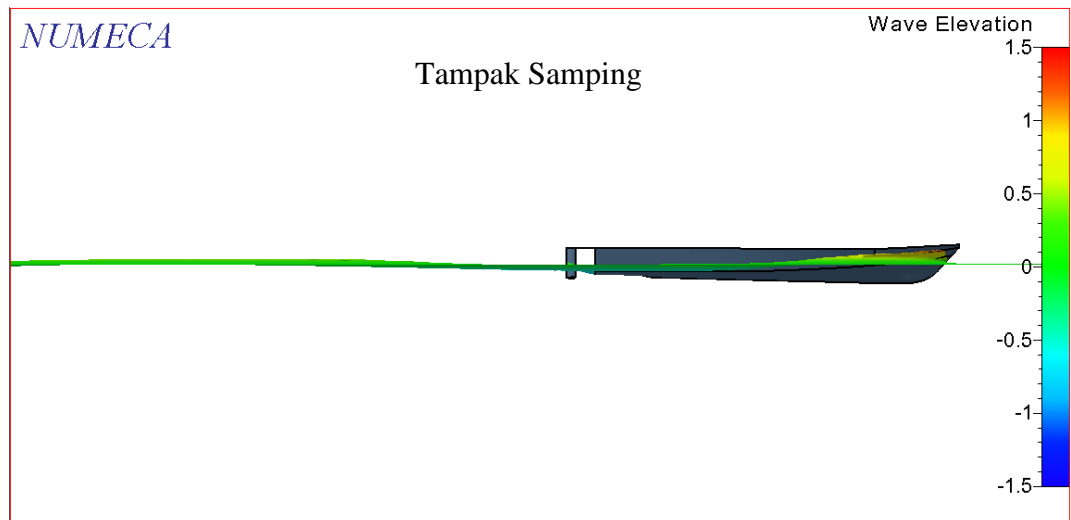
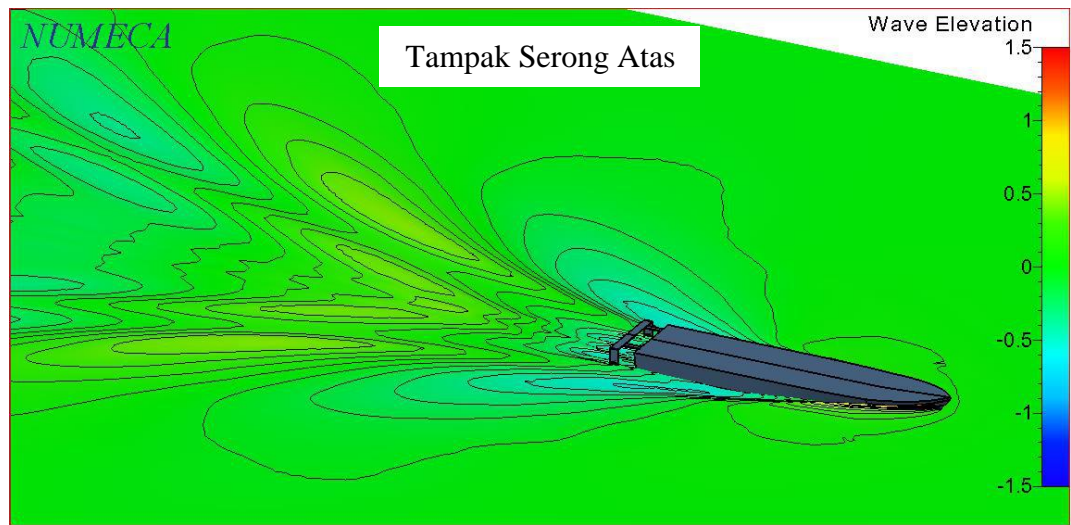


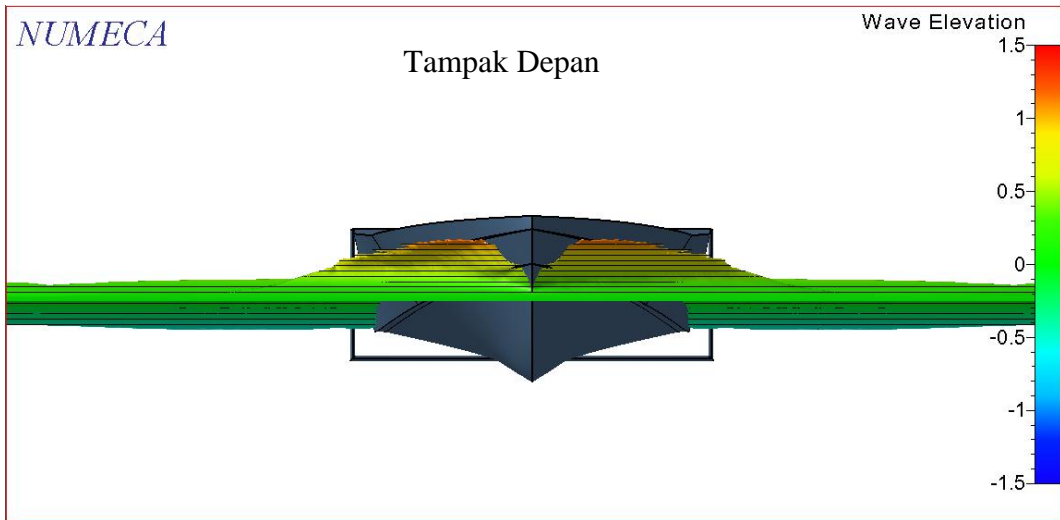
➤ Visualisasi bentuk aliran



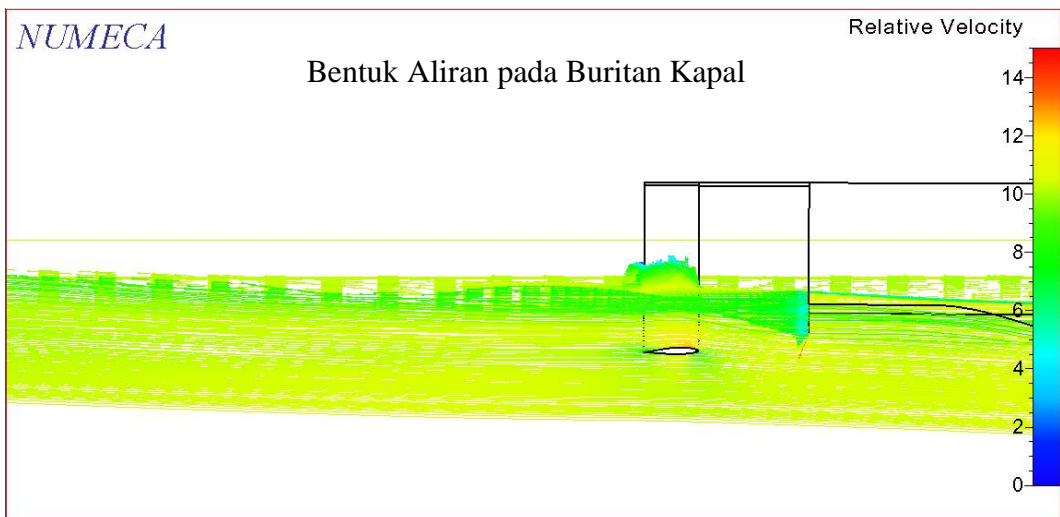
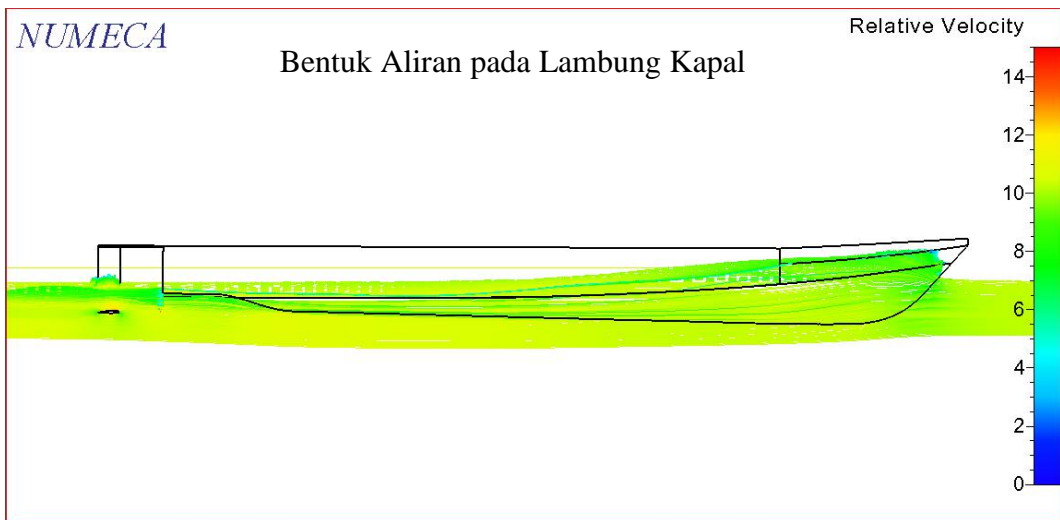
b. Kapal dengan *hull vane* lurus

- Visualisasi bentuk gelombang



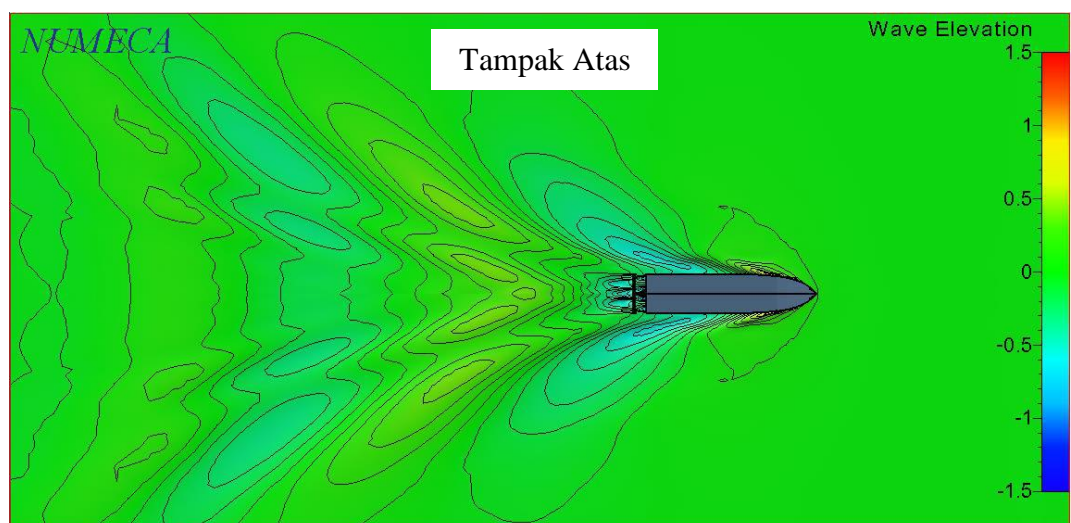
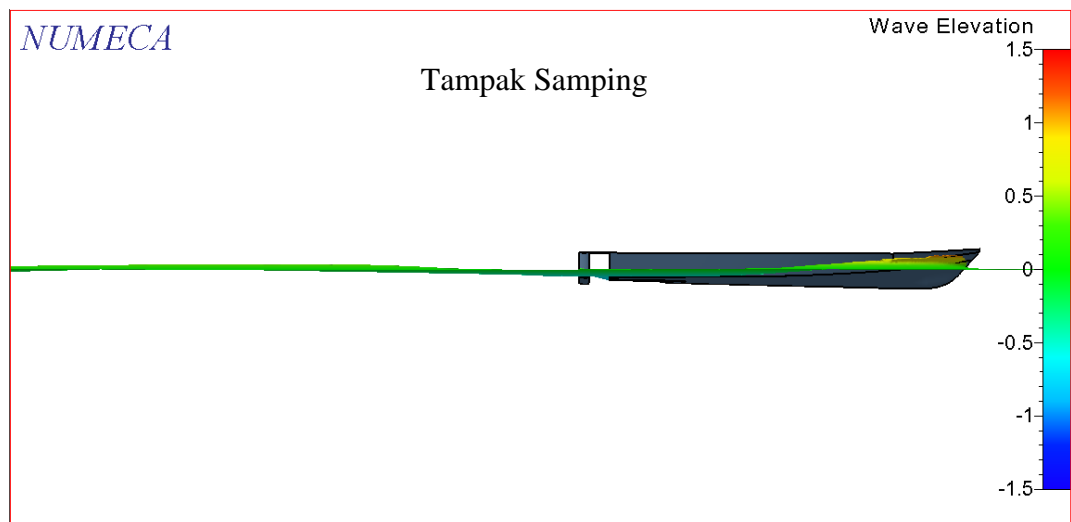
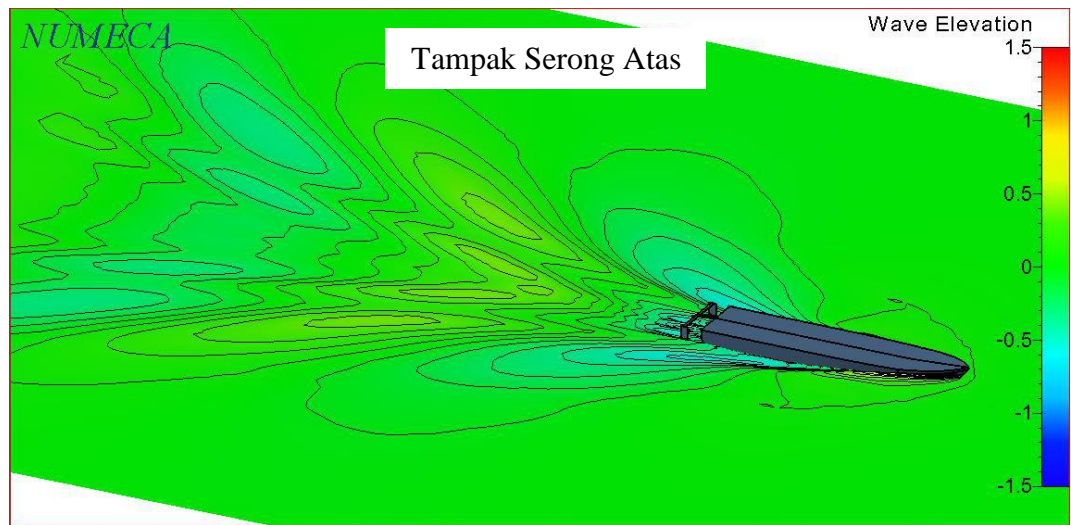


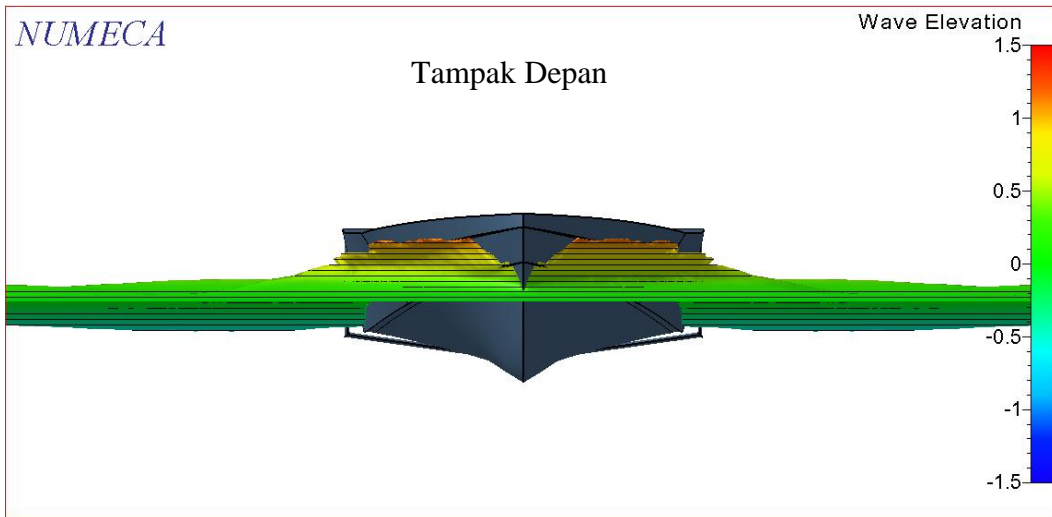
➤ Visualisasi bentuk aliran



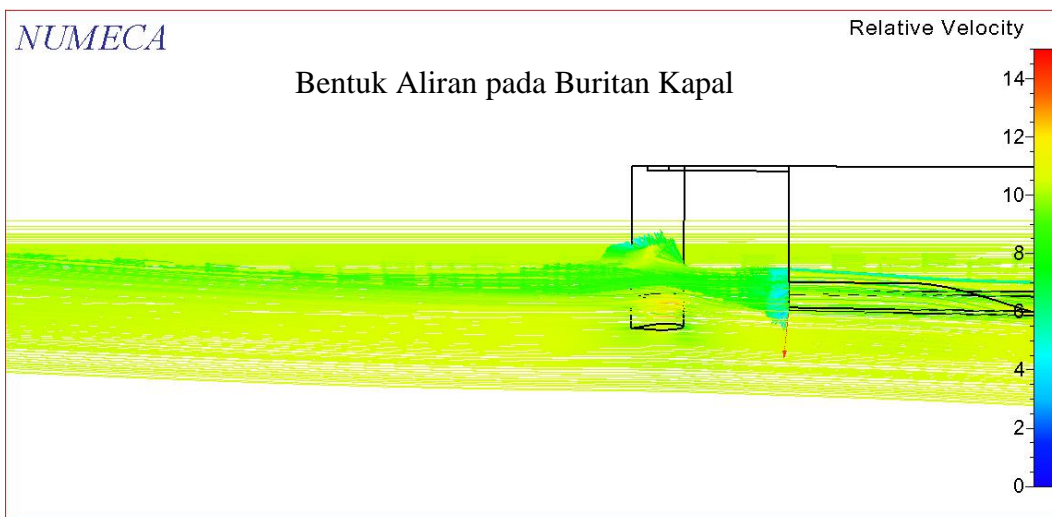
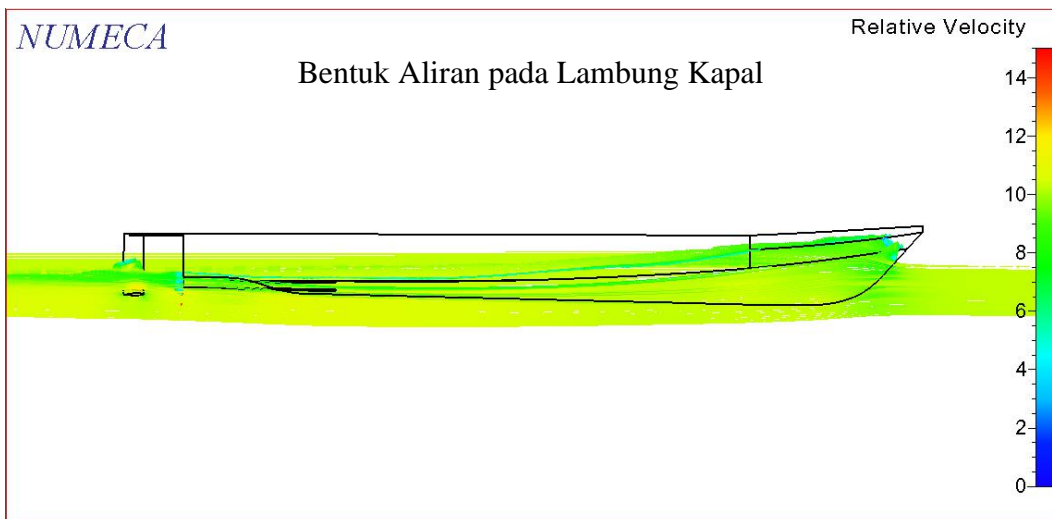
c. Kapal dengan *hull vane* V

- Visualisasi bentuk gelombang





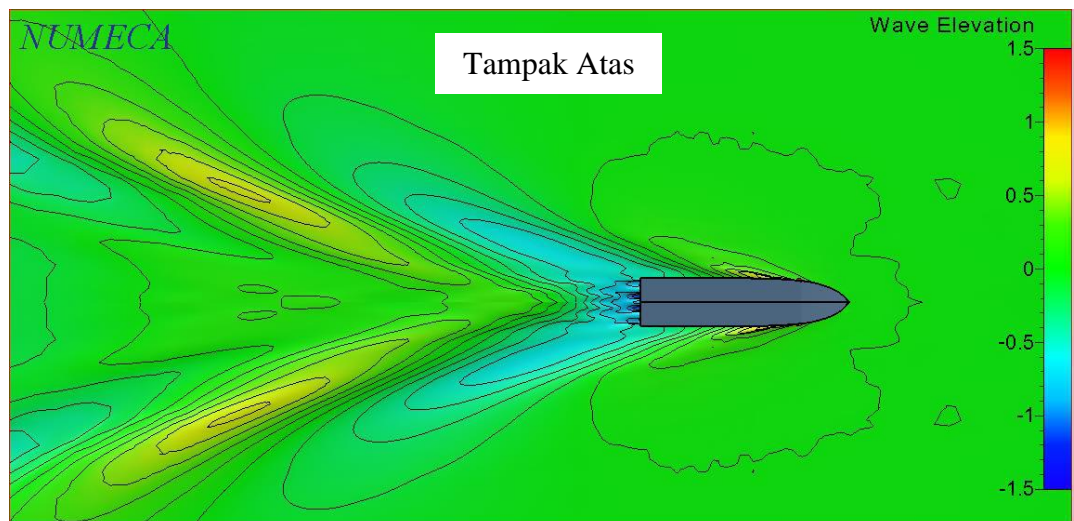
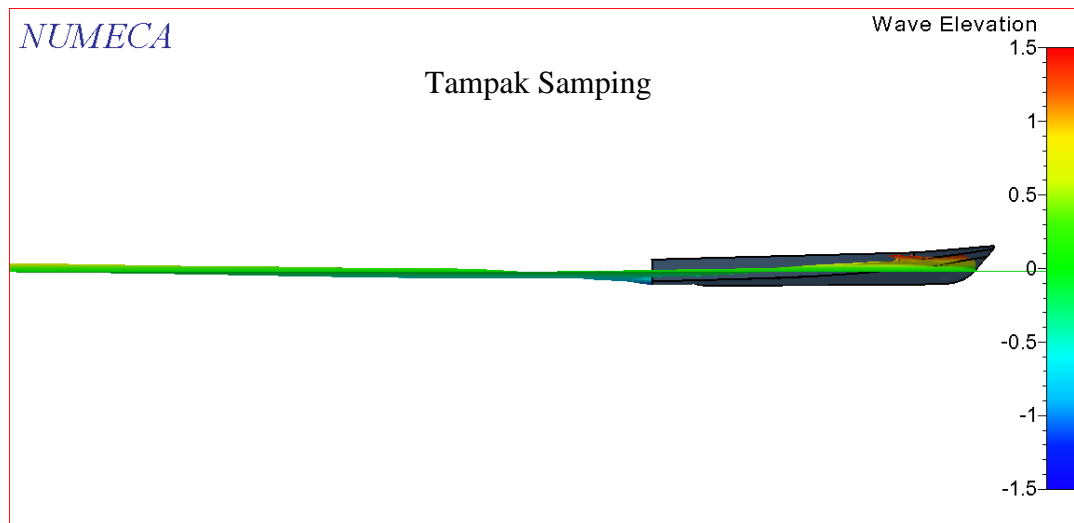
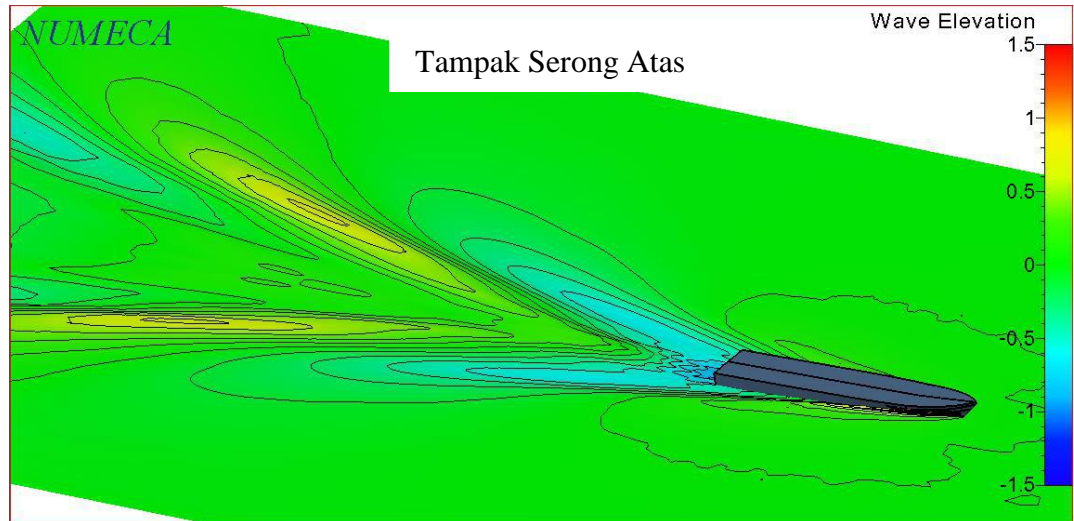
➤ Visualisasi bentuk aliran

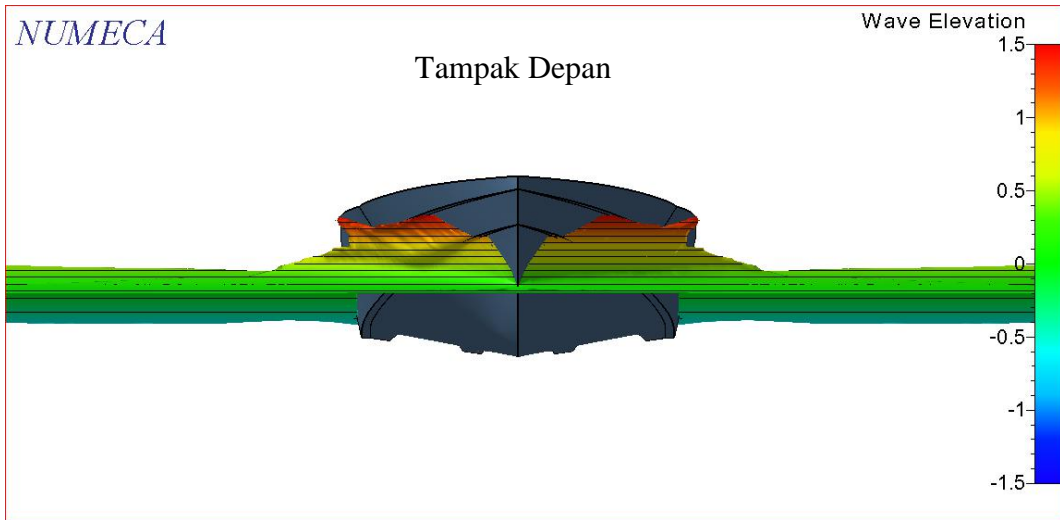


4. Visualisasi Bentuk Gelombang dan Bentuk Aliran Kapal ketika bergerak dengan kecepatan 26 knot

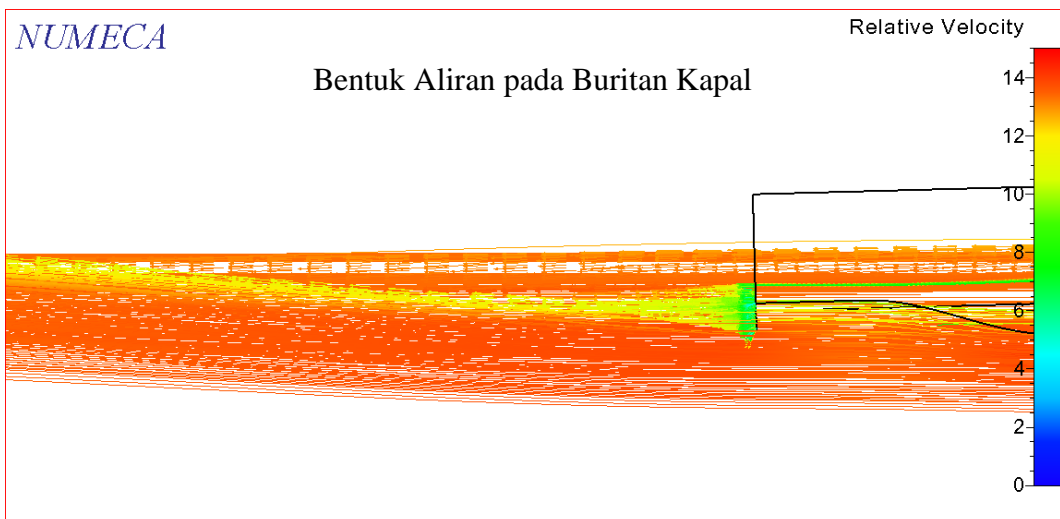
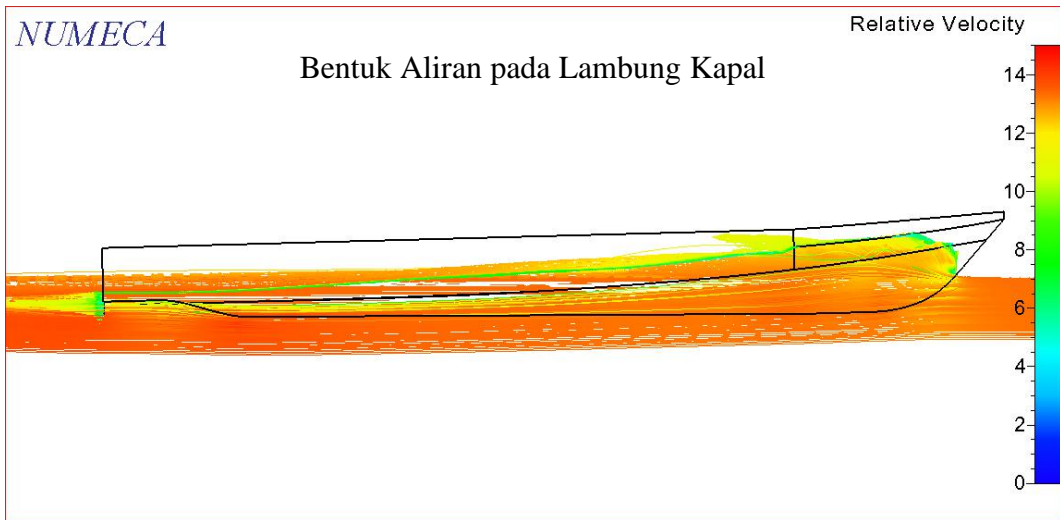
a. Kapal tanpa *hull vane*

➤ Visualisasi bentuk gelombang



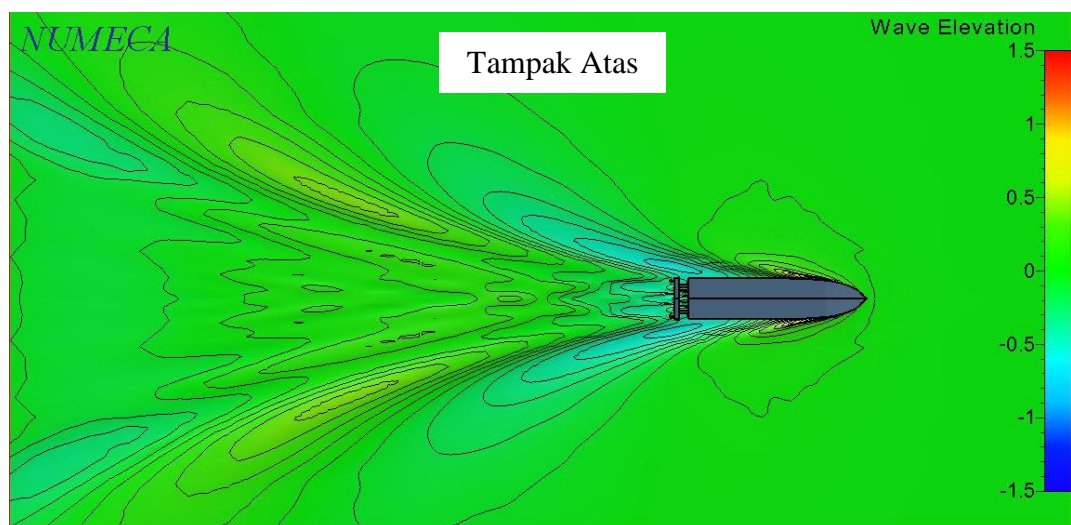
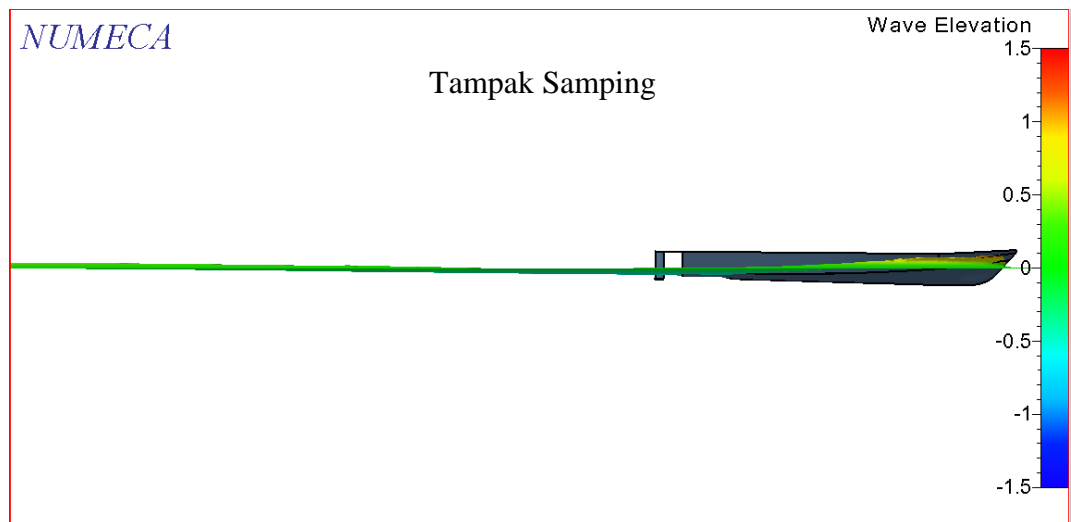
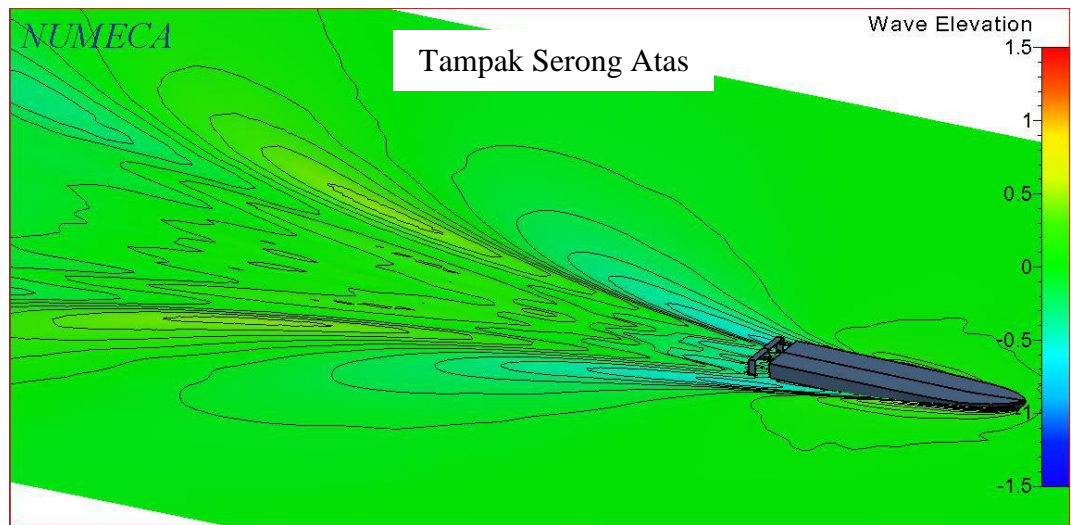


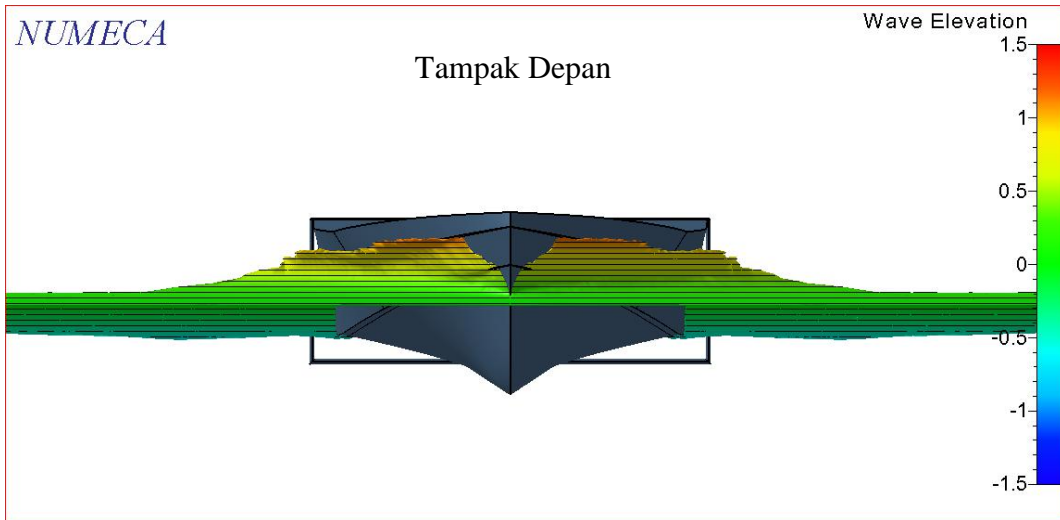
➤ Visualisasi bentuk aliran



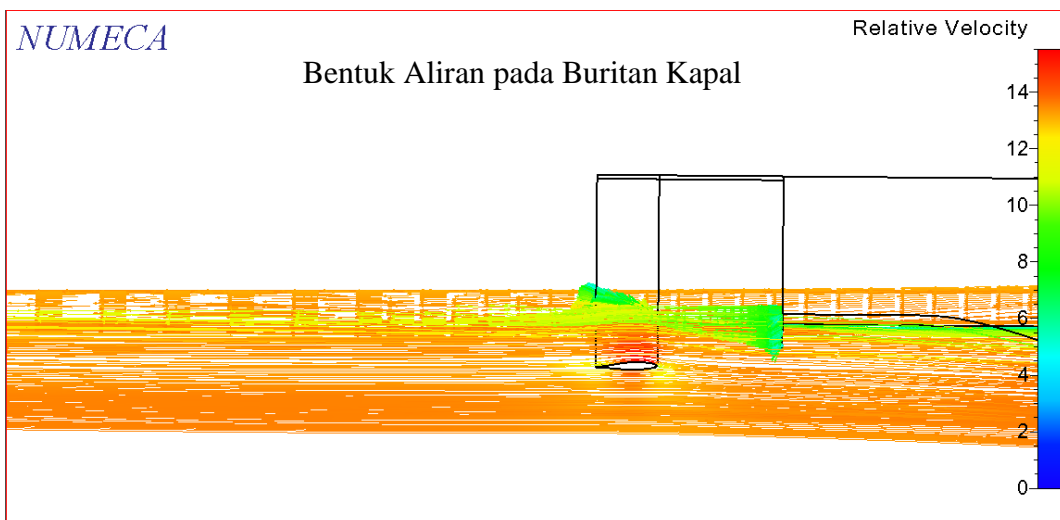
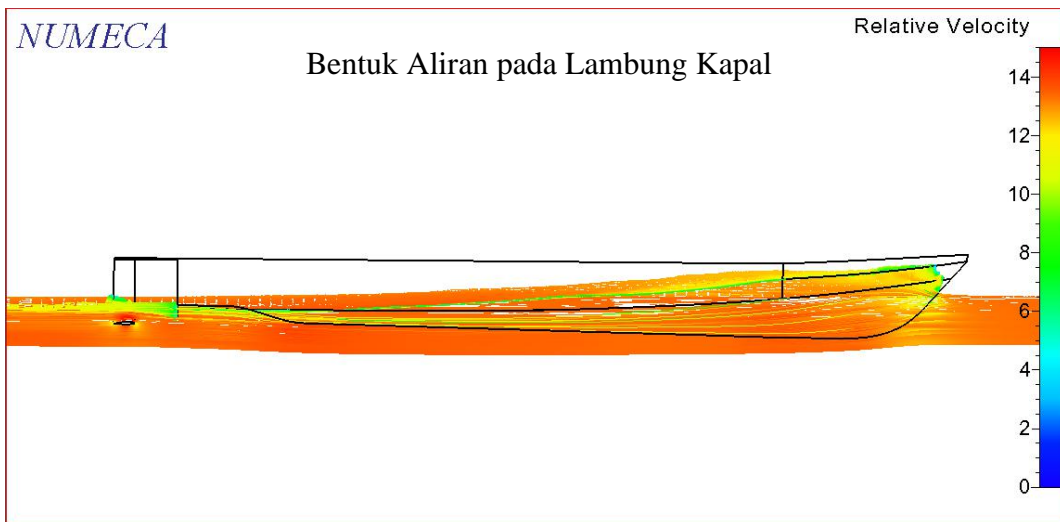
b. Kapal dengan *hull vane* lurus

- Visualisasi bentuk gelombang



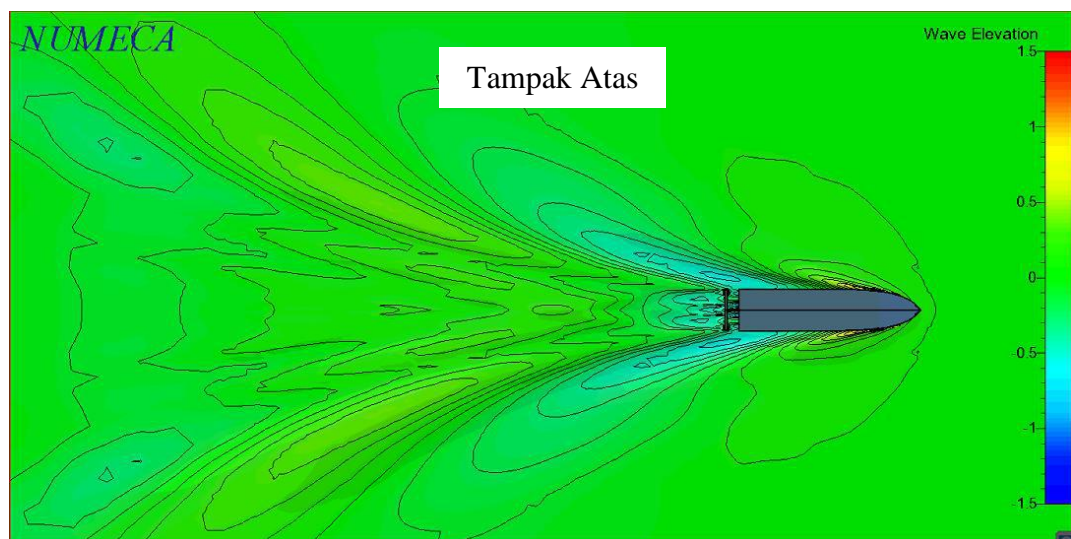
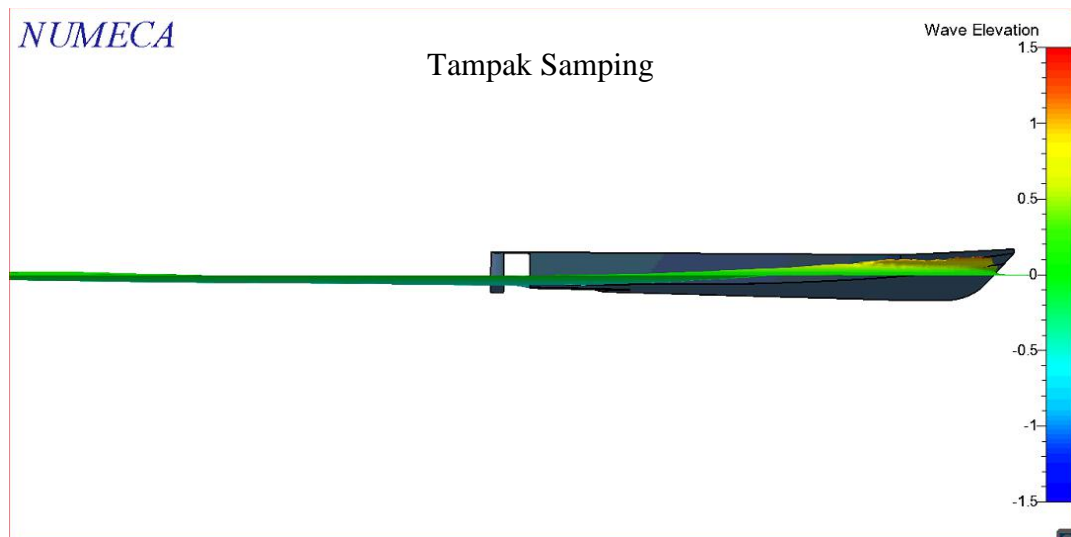
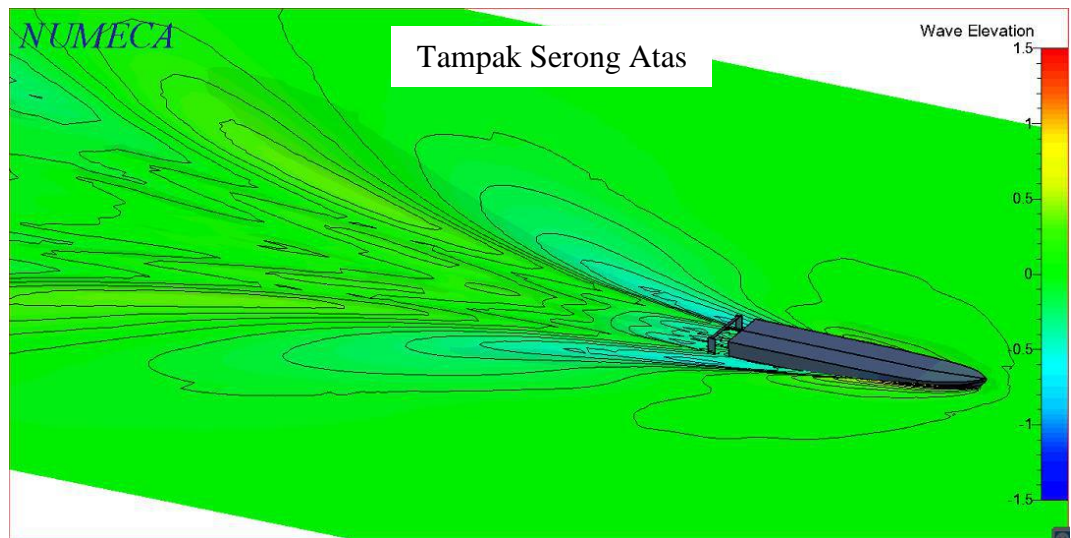


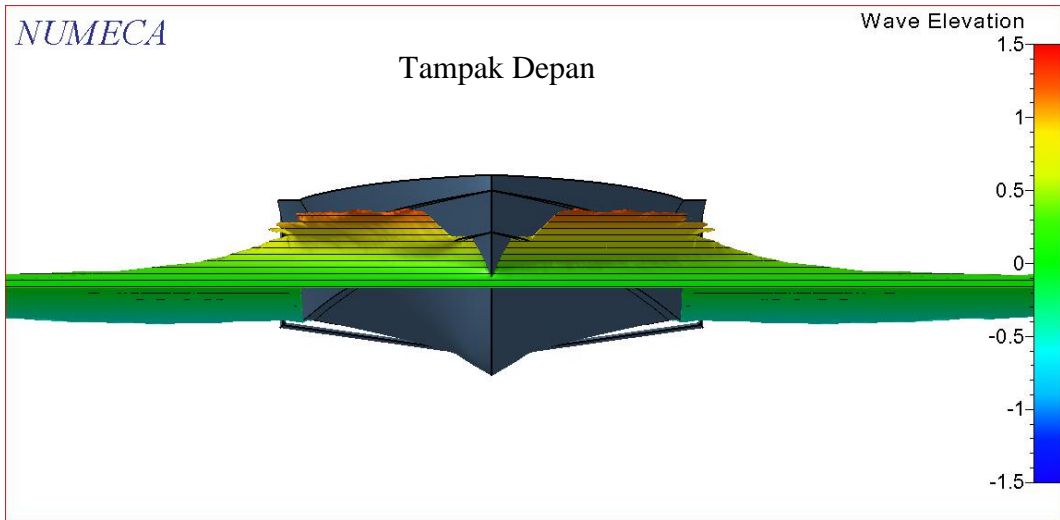
➤ Visualisasi bentuk aliran



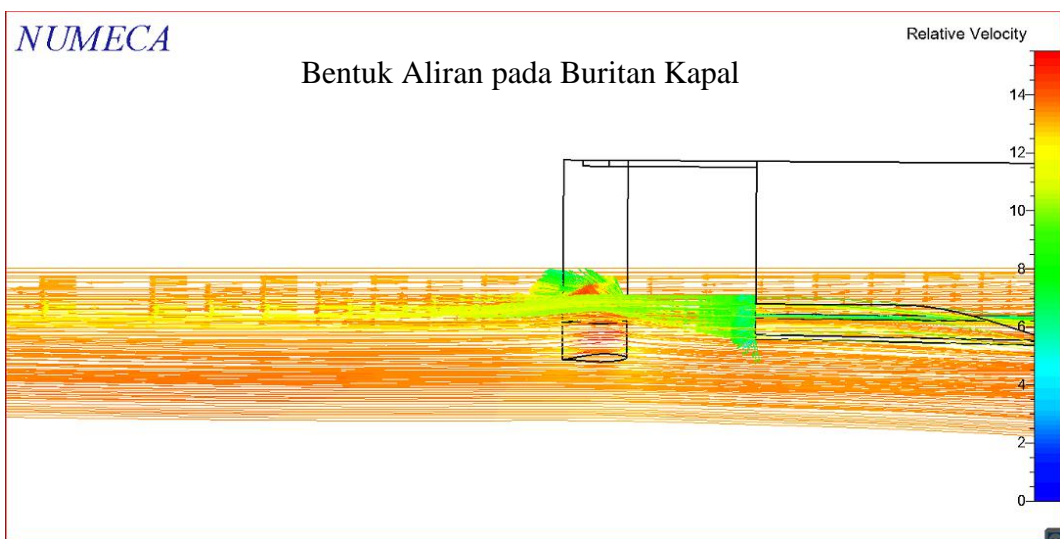
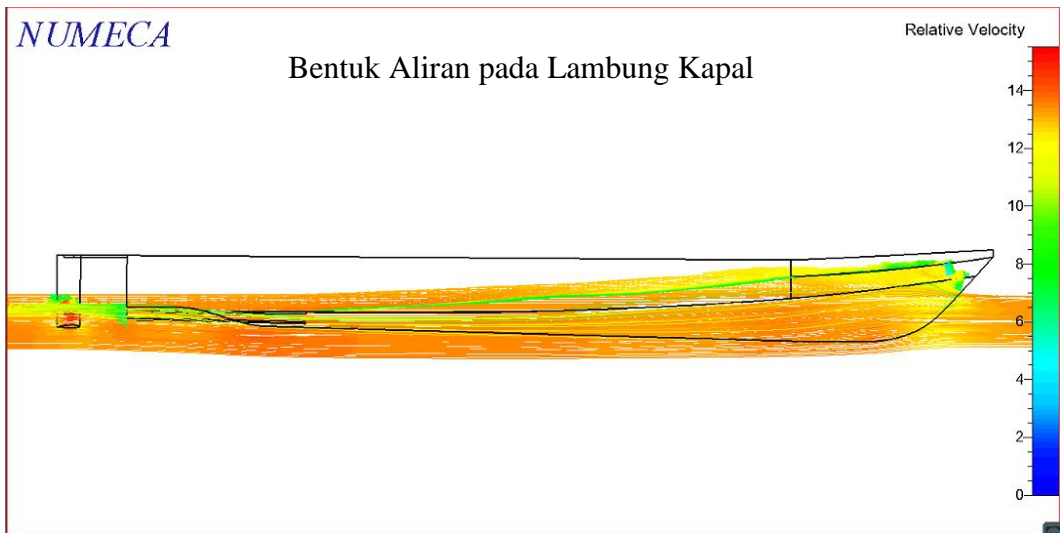
c. Kapal dengan *hull vane* V

- Visualisasi bentuk gelombang





➤ Visualisasi bentuk aliran



BIODATA PENULIS



Ahmad Septiawan Saputra, itulah nama lengkap penulis. Dilahirkan di Lampung pada 11 September 1998 silam, Penulis merupakan anak keempat dari empat saudara. Penulis menempuh pendidikan formal tingkat dasar pada TK Rama, kemudian melanjutkan ke Madrasah Ibtidaiyah Mathla'ul Anwar, lalu sekolah menengah pertama di SMPN 1 Gisting dan sekolah menengah akhir di SMAN 2 Bandar Lampung. Setelah lulus SMA, Penulis diterima di Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS pada tahun 2016 melalui jalur SNMPTN.

Di Departemen Teknik Perkapalan Penulis mengambil Bidang Studi Rekayasa Perkapalan – Hidrodinamika. Selama masa studi di ITS, selain berkuliah Penulis mengikuti beberapa kegiatan organisasi seperti menjadi bagian dari staff Lembaga Dakwah Jurusan (LDJ) Teknik Perkapalan As-Safinah periode 2017/2018. Selain itu, Penulis juga pernah menjadi panitia *Event BALLAST* LDJ As-Safinah pada tahun 2017, dan juga menjadi anggota UKM VSNMC (*Victory Sepuluh Nopember Marching Corps*) pada tahun 2019.

Email : aseptiawansaputra@gmail.com