



SKRIPSI - ME141501

**PERBANDINGAN HAMBATAN KAPAL AKIBAT
PENAMBAHAN *STERN FLAPS* DAN *STERN WEDGE*
PADA KAPAL CEPAT *MONOHULL***

LUKMAN ARIF ABRIANSYAH
NRP 04211546000016

Dosen Pembimbing
Edi Jadmiko, S.T., M.T.
Irfan Syarief Arief S.T.,M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018



SKRIPSI – ME141501

**PERBANDINGAN HAMBATAN KAPAL AKIBAT
PENAMBAHAN STERN FLAPS DAN STERN WEDGE
PADA KAPAL CEPAT MONOHULL**

Lukman Arif Abriansyah

NRP. 04211546000016

Dosen Pembimbing

Edi Jadmiko, S.T., M.T.

Irfan Syarif Arief, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2018

“Halaman sengaja dikosongkan”



UNDERGRADUATE THESIS – ME141501

**SHIP RESISTANCE COMPARASION BETWEEN
ADDITIONALY EFFECT OF STERN WEDGE AND
STERN FLAPS ON MONOHULL FAST SHIP**

Lukman Arif Abriasnyah

NRP. 04211546000016

Supervisor

Edi Jadmiko, S.T., M.T.

Irfan Syarif Arief, S.T., M.T.

DEPARTEMENT OF MARINE ENGINEERING

Faculty of Marine Technology

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2018

“Halaman sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

**PERBANDINGAN HAMBATAN KAPAL AKIBAT PENAMBAHAN STERN
FLAPS DAN STERN WEDGE PADA KAPAL CEPAT MONOHULL**

TUGAS AKHIR

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

Oleh:

Lukman Arif Abriansyah

NRP. 4211546000016

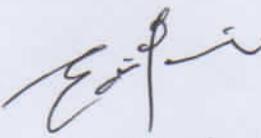
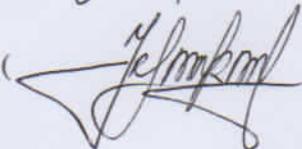
Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Edi Jadmiko, S.T.,M.T.

NIP. 1978 0706 2008 01 1012

Irfan Syarif Arief, S.T.,M.T.

NIP. 1969 1225 1997 02 1001

()
()

SURABAYA

JULI, 2018

“Halaman sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

PERBANDINGAN HAMBATAN KAPAL AKIBAT PENAMBAHAN STERN FLAPS DAN STERN WEDGE PADA KAPAL CEPAT MONOHULL

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada:

Bidang Studi *Marine Manufacture Design* (MMD)

Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

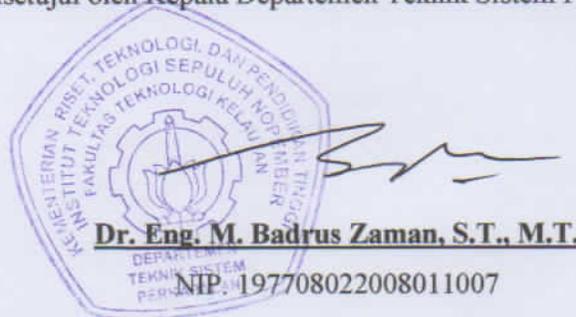
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Lukman Arif Abriansyah

NRP. 421154600016

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan:



SURABAYA

JULI, 2018

“Halaman sengaja dikosongkan”

**PERBANDINGAN HAMBATAN KAPAL AKIBAT
PENAMBAHAN STERN FLAPS DAN STERN WEDGE
PADA KAPAL CEPAT MONOHULL**

Nama Mahasiswa : Lukman Arif Abriansyah
NRP : 4211546000016
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : 1. Edi Jadmiko, S.T.,M.T.
2. Irfan Syarif Arief, S.T.,M.T.

ABSTRAK

Hambatan kapal merupakan salah satu faktor utama yang dapat berpengaruh dalam perancangan sebuah kapal. Salah satu kajian yang dilakukan adalah modifikasi pada bentuk buritan dengan penambahan bentuk di bagian buritan. Penambahan bentuk buritan menjadi bentuk *Stern flaps* dan *Stern wedge* akan berpengaruh terhadap nilai hambatan dan pola aliran yang terjadi di bagian buritan sehingga hambatan yang terjadi akan lebih kecil. Pada tugas akhir ini akan dilakukan penelitian terhadap bentuk buritan *Barehull* dan dengan tambahan adanya *Stern flaps* atau *Stern wedge* dengan variasi panjang dan sudut chord. Fokus dari penelitian ini adalah nilai pengurangan hambatan kapal yang dihasilkan ketika kapal beroperasi dengan stern flaps atau stern wedge. Simulasi dilakukan dengan metode Computational Fluid Dynamics (CFD) menggunakan software NUMECA Fine Marine. Hasil analisa tersebut dapat diketahui perbedaan nilai hambatan pada kapal akibat penambahan bentuk buritan dan pola aliran yang terjadi. Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan, kinerja bentuk stern yang paling optimal mengurangi hambatan adalah bentuk *Stern flap* 1%Lpp dengan sudut 4°. Nilai hambatan berkurang hingga 9,33 kN atau sebesar 3,5% pada kecepatan 28 knot.

Kata Kunci : CFD, *Chord*, Hambatan kapal, Kecepatan, *Barehull*, Buritan, *Stern flaps*, *Stern wedge*.

“Halaman sengaja dikosongkan”

SHIP RESISTANCE COMPARASION BETWEEN ADDITIONALY EFFECT OF STERN WEDGE AND STERN FLAPS ON MONOHULL FAST SHIP

Student Name : Lukman Arif Abriansyah
NRP : 4211546000016
Department : Marine Engineering
Lecturer : 1. Edi Jadmiko, S.T.,M.T.
2. Irfan Syarif Arief, S.T.,M.T.

ABSTRACT

Ship resistance is a main factors that can give more effect the design of a ship. in a studies do it with a design modification of the stern form. The addition of stern design to establish Stern flaps and Stern wedge that will be affect the value of resistance and flow patterns sistem that follow in the stern so that the resistance will be smaller. In this final project will be reseach about resistance on the stern at Barehull shape, and with the addition of Stern flaps or Stern wedge with variations of chord length and chord angle. The focus of this reseach is reduction in ship resistance generated when the ship operates with stern flaps or stern wedges. The simulation is done by Computational Fluid Dynamics (CFD) method using NUMECA Fine Marine software. The results of the analysis can be seen in the addition of the stern and flow patterns sistem that follow. Based on the result of simulation, the most optimal stern form performance reduces the resistance is Stern flap 1% Lpp with angle 4°. The resistance value is reduced to 9.33 kN or 3.5% at speed 28 knots.

Kewords : CFD, Chord, Ship Resistance, Speed, Barehull, Stern, Stern flaps, Stern wedge.

“Halaman sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur alhamdulillah penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan seluruh rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan Skripsi dengan judul “Perbandingan Hambatan Kapal Akibat Penambahan Stern Flaps Dan Stern Wedge Pada Kapal Cepat Monohull” dengan baik.

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

Dalam proses penyusunan dan pengerjaan Skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dan dukungan moral yang sangat berarti dari berbagai pihak. Sebagai bentuk rasa syukur, penulis mengucapkan terima kasih khususnya kepada:

1. Bapak M. Jainul Imron dan Ibu Siti Subarsih, serta semua anggota keluarga yang telah memberikan doa, motivasi serta semangat untuk menyelesaikan Skripsi ini.
2. Bapak Dr. Eng., M. Badrus Zaman, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan ITS Surabaya.
3. Bapak Edi Jadmiko, ST. MT. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak masukan dan ilmu bagi penulis.
4. Bapak Irfan Syarif Arief, ST. MT. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak masukan dan ilmu bagi penulis.
5. Bapak Juniarko Prananda, ST. MT selaku dosen wali, yang selama ini mendukung dan memberikan ilmu yang bermanfaat.
6. Nur Fajrina Tamimi, S.Keb., Putri Isharwiyati Nurhidayah, S.E. dan Nurjanah Dwi Peni Safitri yang selalu memberikan arahan, dukungan dan motivasi kepada penulis untuk menyelesaikan Skripsi ini.
7. Hielda Choirun Nisa, S.Pd. yang selalu memberi arahan, nasehat, motivasi dan memberi kasih sayang kepada penulis untuk menyelesaikan Skripsi ini.
8. Aditya Fajar K., S.T., Ryan Prayogo, A.Md., Tri Nanda Febrianto, S.T., Aldo Akbar, A.Md., Rachmadi Wahyu Adjie, S.T. ,Gria Madya, A.Md. dan Gilang Elsa Pratama, A.Md. sebagai teman “overtime” yang selalu memberi bantuan ilmu dan materi, serta semangat untuk menyelesaikan Skripsi ini.

9. Teman-teman seperjuangan ITS-118 di lab MMD yang selalu memberikan dukungan serta semangat kepada penulis untuk menyelesaikan Skripsi ini.
10. Teman-teman Lintas Jalur 2015 yang selalu memberikan semangat serta doa dan dukungan.
11. Teman-teman GB-51 yang selalu memberikan semangat, dukungan dan motivasi.
12. Semua pengurus dan anggota Laboratorium “Marine Manufacture and Design (MMD)” yang telah memberikan semangat dan transfer ilmu selama pengerjaan Skripsi ini.
13. Serta semua teman, sahabat dan pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu dalam membantu menyelesaikan skripsi ini.

Dalam pembuatan laporan Skripsi ini penulis menyadari bahwa dalam penyusunan dan analisa masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis berharap adanya kritik dan saran yang sifatnya membangun bagi penulis. Akhir kata, semoga dengan semua ini mendapat berkah dan rahmat Allah SWT sehingga analisa pembuatan desain dapat berkembang dan dapat diterapkan untuk industri perkapalan.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.2 Latar Belakang	1
1.3 Perumusan Masalah	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Hipotesis.....	3
1.6 Tujuan Skripsi	3
1.7 Manfaat	3
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Jenis – jenis Kapal	5
2.2 Fenomena Aliran Air Buritan Kapal	7
2.3 Hambatan Kapal.....	7
2.4 Stern Flaps.....	10
2.4.1 Efek Hidrodinamis pada <i>Stern Flap</i>	12
2.5 Stern Wedges	13
2.6 Computational Fluid Dynamic (CFD)	14
2.7 NUMECA Fine Marine (CFD)	16
BAB III	17
METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Diagram Alir	17
3.2 Identifikasi dan Perumusan masalah.....	18
3.3 Studi Literatur	18
3.4 Pengumpulan Data	18

3.5	Pemodelan Geometri Lambung Kapal	19
3.6	Validasi.....	20
3.7	Pemodelan Kapal Dengan Variasi.....	20
3.8	Simulasi CFD	23
3.9	Analisa hasil Simulasi	31
3.10	Kesimpulan dan saran.....	32
3.11	Jadwal Pelaksanaan	32
BAB IV	.....	33
ANALISA DAN PEMBAHASAN	.....	33
4.1	Umum	33
4.2	Pengumpulan Data.....	33
4.2.1	Ukuran Utama Kapal.....	33
4.2.2	Lines Plan Kapal Cepat.....	34
4.2.3	Rencana Umum Kapal Cepat	34
4.3	Pembuatan Model Kapal	35
4.3.1	Pemodelan dengan Maxsurf.....	35
4.3.2	Pembuatan Model Kapal Menjadi Solid	36
4.3.3	Pengujian Hambatan dengan Maxsurf	36
4.3.4	Pengujian Hambatan dengan Numeca	37
4.4	Validasi.....	38
4.5	Simulasi Hambatan dengan Numeca.....	38
4.5.1	Hasil Simulasi Hambatan <i>Barehull</i> dengan <i>Stern Flaps</i>	40
4.5.2	Hasil Simulasi Hambatan <i>Barehull</i> dengan <i>Stern Wedge</i>	47
4.5.3	Perbandingan Nilai Hambatan yang paling Optimal	55
BAB V	.....	57
KESIMPULAN DAN SARAN	.....	57
5.1	Kesimpulan.....	57
5.2	Saran	57
DAFTAR PUSTAKA	.....	59
LAMPIRAN	.....	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Jenis Kapal Cepat.....	5
Gambar 2. 2 Hambatan Gesek (Frictional Resistance)	8
Gambar 2. 3 Hambatan Gelombang (Wave-making-resistance).....	9
Gambar 2. 4 Stern Flap	11
Gambar 2. 5 Lokasi Stern Flap	11
Gambar 2. 6 Efek Stern Flap	11
Gambar 2. 7 Stern Wedges	14
Gambar 2. 8 Lokasi Stern Wedges	14
Gambar 3. 1 Flow Chart	17
Gambar 3. 2 Lines Plan Kapal Cepat.....	19
Gambar 3. 3 Rencana Umum Kapal Cepat.....	19
Gambar 3. 4 Stern Flaps 1%Lpp dengan sudut 4°.....	21
Gambar 3. 5 Stern Flaps 1%Lpp dengan sudut 8°.....	21
Gambar 3. 6 Stern Flaps 1,5%Lpp dengan sudut 4°.....	21
Gambar 3. 7 Stern Flaps 1,5%Lpp dengan sudut 8°.....	22
Gambar 3. 8 Stern Wedge 1%Lpp dengan sudut 4°.....	22
Gambar 3. 9 Stern Wedge 1%Lpp dengan sudut 8°.....	22
Gambar 3. 10 Stern Wedge 1,5%Lpp dengan sudut 4°.....	22
Gambar 3. 11 Stern Wedge 1,5%Lpp dengan sudut 8°.....	22
Gambar 3. 12 Standar ukuran Boundary Domain Simulation	23
Gambar 3. 13 Konfigurasi Domain	24
Gambar 3. 14 Konfigurasi Initial Mesh.....	24
Gambar 3. 15 Konfigurasi Adapt to Geometry	25
Gambar 3. 16 Tampilan Mesh setelah Adapt to Geometry.....	25
Gambar 3. 17 Konfigurasi Snap to Geometry	25
Gambar 3. 18 Konfigurasi Optimisasi.....	26
Gambar 3. 19 Konfigurasi Lapisa Viskos	26
Gambar 3. 20 Hasil Meshing Body Kapal.....	27
Gambar 3. 21 Hasil Meshing Keseluruhan.....	27
Gambar 3. 22 Konfigurasi General Parameter	27
Gambar 3. 23 Konfigurasi Fluid Model	28
Gambar 3. 24 Konfigurasi Flow Model.....	28
Gambar 3. 25 Konfigurasi Boundary Condition	29
Gambar 3. 26 Konfigurasi Body Definition	29
Gambar 3. 27 Konfigurasi Body Motion.....	30
Gambar 3. 28 Konfigurasi Control Variables dan Output.....	30
Gambar 3. 29 Grafik Gaya Terhadap Waktu pada Monitor.....	31
Gambar 3. 30 Tampilan Elevasi Gelombang Kapal pada CFview	31
Gambar 4. 1 Lines Plan Kapal Cepat.....	34
Gambar 4. 2 Rencana Umum Kapal Cepat	34
Gambar 4. 3 Pemodelan dengan Maxsurf	35
Gambar 4. 4 Bentuk Hull solid.....	36
Gambar 4. 5 Gelombang air akibat laju kapal pada kecepatan 28 knot	37
Gambar 4. 6 Grafikperbedaan Hambatan Antara Maxsurf dengan NUMECA.....	38
Gambar 4. 7 Pola aliran bagian buritan pada software NUMECA	39
Gambar 4. 8 Wave elevation pada software NUMECA.....	39

Gambar 4. 9 Pola aliran stern flaps, panjang 1%Lpp dan sudut 4°	40
Gambar 4. 10 Bentuk gelombang stern flaps, panjang 1%Lpp dan sudut 4°	41
Gambar 4. 11 Pola aliran stern flaps, panjang 1%Lpp dan sudut 8°	42
Gambar 4. 12 Bentuk gelombang stern flaps, panjang 1%Lpp dan sudut 8°	42
Gambar 4. 13 Pola aliran stern flaps, panjang 1,5%Lpp dan sudut 4°	44
Gambar 4. 14 Bentuk gelombang stern flaps, panjang 1,5%Lpp dan sudut 4°	44
Gambar 4. 15 Pola aliran stern flaps, panjang 1,5%Lpp dan sudut 8°	45
Gambar 4. 16 Bentuk gelombang stern flaps, panjang 1,5%Lpp dan sudut 8°	46
Gambar 4. 17 Grafik perbandingan selisih hambatan Barehull dengan Stern Flaps.....	46
Gambar 4. 18 Pola aliran stern wedge, panjang 1%Lpp dan sudut 4°	48
Gambar 4. 19 Bentuk gelombang stern wedge, panjang 1%Lpp dan sudut 4°	48
Gambar 4. 20 Pola aliran stern wedge, panjang 1%Lpp dan sudut 8°	49
Gambar 4. 21 Bentuk gelombang stern wedge, panjang 1%Lpp dan sudut 8°	50
Gambar 4. 22 Pola aliran stern wedge, panjang 1,5%Lpp dan sudut 4°	51
Gambar 4. 23 Bentuk gelombang stern wedge, panjang 1,5%Lpp dan sudut 4°	51
Gambar 4. 24 Pola aliran stern wedge, panjang 1,5%Lpp dan sudut 8°	52
Gambar 4. 25 Bentuk gelombang stern wedge, panjang 1,5%Lpp dan sudut 8°	53
Gambar 4. 26 Grafik perbandingan selisih hambatan Barehull dengan Stern Wedge ...	54
Gambar 4. 27 Grafik perbandingan Hambatan yang Paling Optimal	55

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Variasi desain buritan kapal dengan Stern Flaps dan Stern Wedge.	21
Tabel 3. 2 Jadwal Pelaksanaa pengerjaan skripsi	32
Tabel 4. 1 Data Kapal Yang Diperoleh dari Maxsurf	36
Tabel 4. 2 Nilai Tahanan dari Maxsurf.....	37
Tabel 4. 3 Nilai froud number dan hambatan dari software NUMECA.....	37
Tabel 4. 4 Data Validasi antara Hasil dari Maxsurf dengan NUMECA	38
Tabel 4. 5 Selisih Nilai Hambatan Barehull dengan Stern Flaps 1%Lpp 4°	40
Tabel 4. 6 Selisih Nilai Hambatan Barehull dengan Stern Flaps 1%Lpp 8°	41
Tabel 4. 7 Selisih Nilai Hambatan Barehull dengan Stern Flaps 1,5%Lpp 4°.....	43
Tabel 4. 8 Selisih Nilai Hambatan Barehull dengan Stern Flaps 1,5%Lpp 8°.....	45
Tabel 4. 9 Selisih Nilai Hambatan Barehull dengan Stern Wedge 1%Lpp 4°.....	47
Tabel 4. 10 Selisih Nilai Hambatan Barehull dengan Stern Wedge 1%Lpp 8°.....	49
Tabel 4. 11 Selisih Nilai Hambatan Barehull dengan Stern Wedge 1,5%Lpp.....	50
Tabel 4. 12 Selisih Nilai Hambatan Barehull dengan Stern wedge 1,5%Lpp 8°	52

“Halaman sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.2 Latar Belakang

Kapal merupakan alat transportasi yang digunakan untuk mengelilingi perairan suatu negara dan direncanakan untuk berlayar pada kecepatan operasional. Sebagai kapal patroli, kapal harus dirancang untuk berbagai peran perlindungan perbatasan suatu wilayah perairan dalam wilayah kenegaraan. Kapal patroli juga dapat melakukan operasi penyelamatan. Kapal dengan tipe ini biasanya dirancang untuk memiliki kecepatan yang tinggi untuk melakukan tugasnya menjaga wilayah perairan. Dalam hal ini tingginya kecepatan akan mengakibatkan hambatan yang besar, sehingga besarnya hambatan kapal sangat berpengaruh terhadap laju kapal dan hambatan kapal tersebut harus di reduksi.

Hambatan kapal merupakan salah satu faktor utama yang dapat berpengaruh dalam perancangan sebuah kapal. Pada dasarnya bentuk *ship hull* diusahakan dibuat se-efisien mungkin, sehingga kebutuhan daya untuk menggerakkan kapal bisa di dapat dengan nilai sekecil mungkin. Dengan demikian, kapal harus memiliki hambatan yang kecil. Usaha agar hambatan kapal tersebut kecil dilakukan dengan perancangan yang tepat pada hidrodinamis dan propulsinya. Dalam merencanakan bentuk buritan, terdapat 3 macam bentuk buritan pada kapal, yaitu bentuk *Elips*, bentuk *Transom* dan bentuk *Transom With Rake* menurut *Gaguk Suhardjito*. Namun pada skripsi ini akan mengkaji tambahan bentuk buritan pada kapal dengan bentuk buritan berjenis transom. Skripsi ini akan membahas bentuk tambahan pada transom kapal dengan *Stern Flaps* dan *Stern Wedge*. Pada bentuk buritan pada umumnya yang tidak terdapat *stern flaps* atau *stern wedge*, ketika kapal berlayar akan di temui pola aliran yang kurang efisien ketika berlayar. Hal tersebut terjadi karena sebelum ada *stern flap* kecepatan aliran di bawah lambung bagian buritan yang tinggi dan gaya angkat yang rendah sehingga mengakibatkan kapal trim sehingga gaya dorong yang terjadi akan terhambat oleh tingginya air, hal tersebut juga di jelaskan pada penelitian sebelumnya tentang *stern flaps* dengan variasi lebar chord oleh *Aktivano (2017)*, bahwa pengaruh dari stern flaps dapat menurunkan hambatan hingga 3% dari hambatan total, serta dapat merubah aliran air disekitar buritan dengan

meningkatkan kecepatan aliran keluar pada trailing edge dibandingkan dengan kapal tanpa *stern flap*.

M. Salas, J. Rosas and R. Luco (2004), dalam penelitiannya tentang Analisa hidrodinamis dari kinerja flaps pada lambung semi-displacement hull. bahwa efek dari stern flap pada kinerja hidrodinamis dari lambung dievaluasi dengan pengujian sistematis model skala dalam tangki uji tarik. Pengujian ini dilakukan dengan 6 variasi model stern flaps. Dan hasilnya adalah semua model mampu menurunkan hambatan, yang paling optimal adalah pada variasi sudut chord 0° . Pada model tersebut mampu menurunkan hambatan hingga 6,9%.

Stern wedge menurut Predrag Bojovic dan Prasanta K. Sahoo dalam penelitiannya tentang *Effect Of Stern Wedge and Spray Rail system on calm water resistance of high speed displacement hull forms* bahwa kapal yang terdapat stern wedge mampu menurunkan hambatan hingga 20% ketika kapal dengan kecepatan tinggi. Dari dua macam bentuk tambahan buritan tersebut akan dilakukan perbandingan nilai hambatan yang di hasilkan. Sehingga diharapkan dari salah satu bentuk stern dapat menurunkan hambatan yang paling optimum.

Pada pembahasan penelitian ini membahas tentang hambatan kapal dan pola aliran air akibat perubahan bentuk stern kapal. Untuk mendapatkan nilai hambatan kapal dan pola aliran yang terjadi akibat adanya perubahan bentuk stern maka dilakukan analisa pendekatan menggunakan perangkat lunak *Computational Fluid Dynamics (CFD) NUMECA FineMarine* pada aliran air yang terjadi ketika perubahan bentuk stern kapal dengan variasi sudut chord dan panjang chord pada masing-masing bentuk, stern flaps dan stern wedge.

1.3 Perumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penulisan laporan Skripsi ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh variasi bentuk *stern flaps* terhadap hambatan dan pola aliran buritan kapal?
2. Bagaimana pengaruh variasi bentuk *stern wedge* terhadap hambatan dan pola aliran buritan kapal?
3. Membandingkan nilai hambatan *stern flap* dan *stern wedge* yang paling baik dalam mengurangi hambatan.

1.4 Batasan Masalah

Agar analisa dalam skripsi ini dapat fokus, maka akan dibatasi permasalahannya sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan pada kapal patrol KCR 60 M.
2. Analisa dan pengolahan data menggunakan perangkat lunak desain *Maxsurf* dan perangkat lunak pengolah CFD yaitu *NUMECA Fine Marine*.
3. Analisa pola aliran hanya dilakukan pada kecepatan 28 knot setiap model.
4. Analisa hanya dilakukan pada bentuk lambung kapal cepat KCR.
5. Analisa biaya tidak di pertimbangkan.
6. Hanya dilakukan pemodelan berbasis software *3D Solidwork*.

1.5 Hipotesis

Pemilihan dari 2 (dua) alternatif bentuk buritan kapal yaitu *stern flaps* dan *stern wedge* menggunakan metode *Computational Fluid Dynamic/Simulasi Numeric* di harapkan dari salah satu bentuk buritan tersebut mampu meningkatkan performa kapal dan menurunkan hambatan kapal secara optimal. Sehingga dapat digunakan untuk referensi kapal cepat patrol generasi berikutnya. Dari penelitian sebelumnya yang hanya dilakukan penelitian pada *stern flaps* atau *stern wedge* dengan variasi panjang chord dan lebar chord, maka pada penelitian kali ini akan dilakukan perbandingan *stern flaps* dan *stern wedge* dengan variasi sudut chord.

1.6 Tujuan Skripsi

Tujuan yang ingin dicapai dalam penulisan skripsi ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh pengurangan hambatan dan pola aliran pada buritan kapal akibat adanya variasi bentuk *stern flaps*.
2. Mengetahui pengaruh pengurangan hambatan dan pola aliran buritan kapal akibat adanya variasi bentuk *stern wedge*.
3. Mengetahui pemodelan bentuk buritan yang dapat menurunkan hambatan kapal paling baik.

1.7 Manfaat

Manfaat yang ingin dicapai dalam penulisan skripsi ini adalah:

1. Mendapatkan desain kapal yang memiliki hambatan paling kecil.
2. Melakukan pertimbangan optimasi desain bentuk buritan yaitu pemilihan bentuk *stern flaps* atau *stern wedge*.
3. Mengembangkan ilmu pengetahuan di bidang perkapalan.

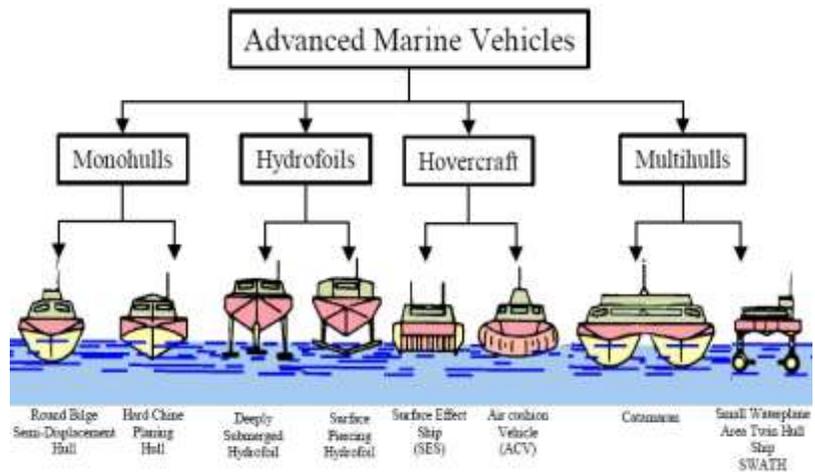
“Halaman sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jenis – jenis Kapal

Kapal merupakan alat transportasi yang digunakan di laut dan sungai, dan banyak fungsinya. Selain untuk alat transportasi, ada kapal yang digunakan sebagai pembantu kapal lain yaitu kapal tunda. Kapal yang digunakan untuk menjaga daerah perairan suatu negara di sebut kapal patroli. Kapal patroli merupakan kapal yang dirancang untuk berbagai peran perlindungan perbatasan suatu wilayah perairan. Kapal patroli juga dapat melakukan operasi penyelamatan. Kapal dengan tipe ini biasanya dirancang untuk memiliki kecepatan yang tinggi untuk memenuhi tugasnya. Kapal patroli bisa di sebut juga dengan kapal cepat. Ada beberapa macam kapal patrol, yaitu: (Chris B. Mc Kesson, 2009)



Gambar 2. 1 Jenis Kapal Cepat
(sumber : <http://fastshipdata.blogspot.co.id/>)

Kapal cepat (high speed craft) digolongkan menjadi 4 (lima) menurut jenis bentuk lambungnya :

1. Kapal Monohull

Mono hull merupakan jenis kapal yang memiliki hanya satu lambung yang disebut (single hull) lambung tunggal. Kapal

monohull dibagi menjadi 2 yaitu: Round Bilge Semi-Displacement Hull dan Hard Chine Planning Hull. (Muhammad Bunari B., 2013)

2. Hydrofoil

Hydrofoil adalah sebuah kapal dengan bagian seperti sayap yang dipasang pada penyangga di bawah lambung kapal. Hydrofoil awal menggunakan sayap atau foil berbentuk-U. Hydrofoil jenis ini dikenal sebagai surface piercing karena sebagian dari hidrofoil ini akan terangkat di atas permukaan air. Hidrofoil modern menggunakan foil berbentuk-T yang keseluruhannya berada di bawah air. Hidrofoil merupakan kendaraan air sebagai hasil rekayasa yang paling revolusioner di bidang maritim. Pada prinsipnya hidrofoil itu sama dengan kapal laut. Bedanya, hidrofoil dapat meluncur dengan cepat dan mempunyai sayap yang dapat melintasi air. Sayap kendaraan ini disebut foil atau hidrofoil (berarti 'sayap air'). Bentuk sayap ini mirip dengan sayap udara (airfoil) sebuah pesawat terbang. Sayap pada hidrofoil melekat pada topangan yang membentang kebawah dari lambung kapal. Ada dua pasang foil dalam kendaraan ini. Satu pasang diletakkan di pusat gravitasi kapal dan sepasang foil lainnya diletakkan. (Febry W., 2015)

3. Hovercraft

Hovercraft adalah kapal dengan system penggerak *self propeller* dan didukung secara dinamis oleh bantal yang dihasilkan sendiri dari udara bertekanan tinggi yang bergerak lambat, yang dilontarkan ke permukaan di bawah dan terdapat di dalam rok fleksibel seperti amfibi dan memiliki kemampuan untuk melakukan perjalanan di atas permukaan yang tidak sempurna. Sistem propulsi tidak berasal dari kontak dengan air atau tanah. (Edwin C. Hanjin, 2017)

4. Multihull

Multi hull merupakan jenis kapal yang memiliki lambung lebih dari satu. Desain seperti ini dapat menaikan Center of Gravity dan Center of Bouyancy sehingga memiliki stabilitas yang tinggi. Jenis kapal multihull di bagi menjadi Katamaran dan Small Waterplane Area Twin Hull Ship. Katamaran adalah tipe kapal yang memiliki dua buah lambung (demihulls) yang dihubungkan oleh

suatu konstruksi sehingga menjadi sebuah kesatuan sebagai satu kapal. Struktur bridging ini merupakan sebuah kelebihan kapal katamaran karena menambah tinggi lambung timbul (freeboard) sehingga kemungkinan terjadinya deck wetness dapat dikurangi. Katamaran mempunyai garis air lambung yang sangat ramping dengan tujuan untuk memperoleh hambatan yang rendah. Garis air yang ramping ini menyebabkan katamaran sensitif terhadap perubahan distribusi berat. (Bondan Al Akbar s, 2017)

2.2 Fenomena Aliran Air Buritan Kapal

Fenomena aliran yang terjadi pada buritan kapal merupakan arus yang ikut gerak kapal atau disebut juga dengan arus ikut wake fraction. Wake fraction merupakan perbedaan kecepatan kapal dengan kecepatan air yang melalui baling-baling. Fenomena tersebut terjadi dibagian belakang kapal akibat perubahan dari kecepatan aliran yang dihasilkan dari bagian depan kapal. Aliran air yang nantinya memasuki propeller berdampak pada efisiensi sistem propulsi kapal. Untuk itu pemilihan bentuk bagian belakang kapal (stern hull) juga sangat berpengaruh terhadap aliran air dibelakang kapal, disamping itu penentuan bentuk stern hull nantinya akan sangat berdampak pada besarnya nilai hambatan kapal. Sedangkan untuk bentuk stern flaps dan stern wedge pada kapal dapat menurunkan viscous pressure resistance dan juga dapat menurunkan hambatan yang terjadi pada kapal. (Habibie Sidqon, 2015)

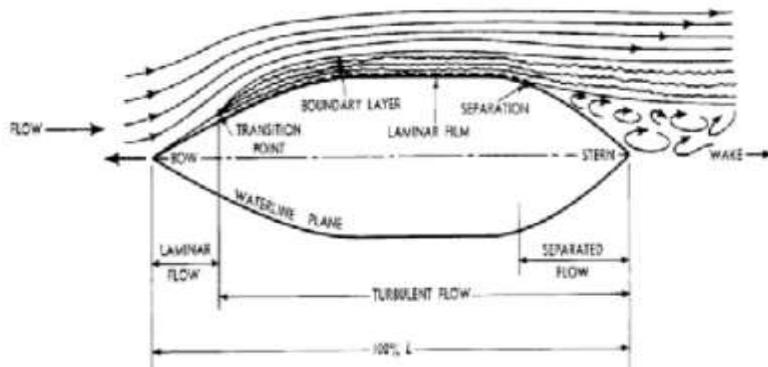
2.3 Hambatan Kapal

Benda yang bergerak di media fluida dengan kecepatan tertentu, maka akan mengalami gaya hambat (tahanan) yang berlawanan dengan arah gerak benda tersebut. Besar hambatan suatu benda dipengaruhi oleh beberapa hal, yaitu luas permukaan tercelup, jenis fluida dan juga kecepatan gerak benda. Begitu juga dengan kapal, kapal bergerak di media air dan kapal bergerak sesuai dengan kecepatannya, maka akan timbul gaya gesek antara kapal dengan air. Hambatan kapal merupakan gaya hambat dari air yang dilalui oleh kapal saat kapal tersebut tercelup dalam air dan beroperasi dengan kecepatan tertentu. (Harvald, 1992)

Besarnya gaya hambatan/tahanan total ini merupakan jumlah dari semua komponen hambatan yang bekerja di kapal seperti:

1. Hambatan/Tahanan Gesek (Viskos Resistance)

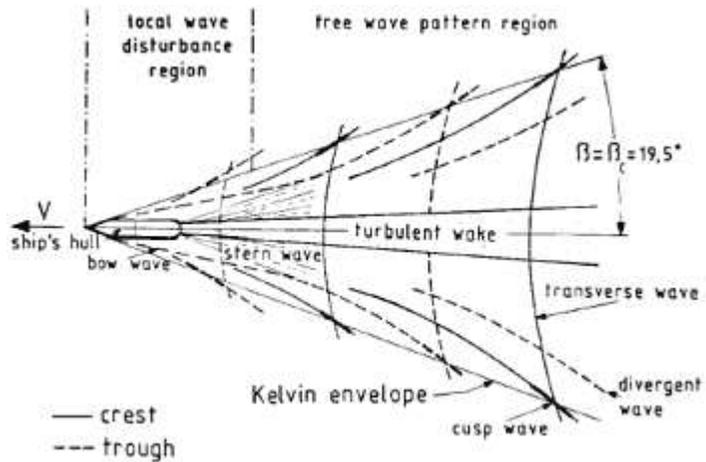
Hambatan gesek merupakan hambatan yang diterima oleh kapal pada saat melaju yang dihasilkan antara gesekan lambung kapal yang tercelup dengan fluida air. Partikel air yang terdapat pada lapisan batas (*boundary layer*) mengalami percepatan karena adanya kecepatan lambung kapal, sehingga menyebabkan *drag* karena gesekan partikel air tersebut. (Harvald, 1992)



Gambar 2. 2 Hambatan Gesek (Frictional Resistance)
(Harvald, 1992)

2. Hambatan/Tahanan Gelombang

Hambatan Gelombang (*Wave making resistance*) merupakan hilangnya energi yang disebabkan oleh gelombang ketika haluan kapal menabrak air. Dalam hambatan Gelombang, sistem hambatan yang dihasilkan dibagi menjadi 2 sistem, yaitu *Transverse wave system* dan *Divergent wave system*. Dalam *Transverse wave system*, gelombang rata-rata berjalan dengan kecepatan yang sama dengan kapal. pada kecepatan kapal yang lambat (*slow speed*), beberapa puncak gelombang ada di sepanjang lambung kapal. Ketika kecepatan kapal dinaikkan, panjang dari gelombang transversal akan naik karena gelombang panjang yang lebih kecil dari panjang kapal. (Harvald, 1992)



Gambar 2. 3 Hambatan Gelombang (Wave-making-resistance)
(Harvald, 1992)

3. Hambatan/Tahanan Viskos

Hambatan *Viskos*, R_V (*Viskos Resistance*) merupakan komponen hambatan yang terkait dengan energi yang dikeluarkan akibat pengaruh *viskos/kekentalan* dari fluida yang menjadi media kapal untuk melaju.

4. Hambatan/Tahanan Sisa

Hambatan Sisa R_r (*Residual Resistance*) adalah kuantitas yang merupakan hasil pengurangan dari hambatan total badan kapal, dan suatu hambatan gesek yang merupakan hasil perhitungan yang diperoleh dengan memakai rumus khusus. (Harvald, 1992)

5. Hambatan/Tahanan Tekan

Hambatan Tekan R_p (*Pressure Resistance*) adalah komponen hambatan yang diperoleh dengan jalan mengintegalkan tegangan normal keseluruhan permukaan kapal menurut arah gerakan kapal. Hambatan tekan sangat berpengaruh pada pola aliran pada kapal. Hambatan tekan bisa disebabkan oleh bentuk lambung kapal. (Harvald, 1992)

6. Hambatan/Tahanan Kekerasan

Hambatan Kekasaran (*Roughness Resistance*) adalah hambatan akibat kekasaran permukaan badan kapal misalnya akibat korosi dan *fouling* (pengotoran) pada badan kapal. *Fouling*

disebabkan oleh karang yang menempel pada lambung kapal. (Harvald, 1992)

7. Hambatan/Tahanan Tambahan

Hambatan tambahan adalah hambatan yang di akibatkan oleh faktor lain selain hambatan gelombang dan hambatan gesek. Hambatan tambahan dapat berupa hambatan udara, dan hambatan kemudi. hambatan udara merupakan hambatan yang terjadi akibat gesekan antara udara dengan bagian kapal yang tidak tercelup air. Hambatan udara yang dialami oleh kapal sangat tergantung pada desain bangunan kapal yang tidak tercelup air. Pada umumnya, besarnya hambatan udara tidak terlalu diperhitungkan. (Harvald, 1992)

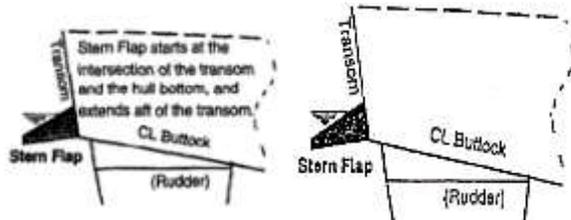
2.4 Stern Flaps

Fenomena yang terjadi dibagian belakang kapal akibat perubahan dari kecepatan aliran yang dihasilkan dari bagian depan kapal. Aliran air yang nantinya memasuki propeller berdampak pada nilai efisiensi pada sistem propulsi kapal. Fenomena aliran air dibelakang kapal adalah velocity of advance dan efisiensi sistem propulsi. Namun untuk mengoptimalkan fenomena aliran tersebut bisa menambahkan penurunan hambatan. Penurunan hambatan yang dimaksud adalah stern flaps. (Bojovic and Sahoo)

Stern flap adalah bagian tambahan pada lambung yang digunakan untuk mengurangi hambatan yang terjadi pada kapal. Besar hambatan yang dapat berkurang adalah sekitar 1-10% dari hambatan total kapal. *Stern flap* terletak di bagian buritan kapal. Interaksi dengan lambung terjadi pada *trim* kapal, mengurangi hambatan propulsi dan meningkatkan kecepatan kapal. Parameter paling penting dari *stern flap* adalah panjang *chord* (L_f), sudut *flap* (α) dan *flap span* sepanjang *transom*. Dari berbagai penelitian *stern flap* memiliki efek dalam performa kapal seperti *stern wedge*. Semua *stern flap* tergantung pada ukuran dan tipe dari kapal yang akan digunakan. (Bojovic and Sahoo)

Stern flap menyebabkan gaya angkat keatas pada *transom* dan merubah distribusi tekanan pada buritan kapal. Pada kapal berpengaruh pada sudut trim 4 – 5 derajat. Sedangkan pada *displacement hull stern*

flap mengakibatkan kenaikan sudut *trim* 0.1 – 0.3 derajat. Hal ini tidak berpengaruh signifikan pada pengurangan hambatan kapal. Keuntungan dasar pada kapal dengan penambahan *stern flap* pada kapal adalah perubahan alur aliran disekitar propeller. Aliran ini memberikan pengurangan *drag* pada bagian buritan dan merubah hambatan gelombang pada kapal. (Bojovic and Sahoo)



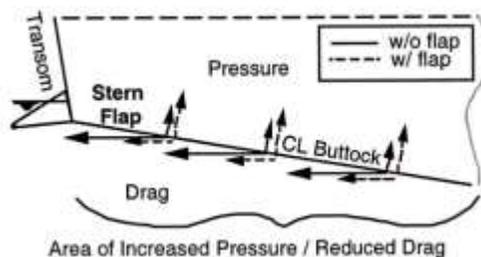
Gambar 2. 4 Stern Flap

Keuntungan dasar pada penambahan *stern flap* adalah:

- Menurunkan hambatan pada lambung saat powering
- Meningkatkan kecepatan maksimum
- Merubah pola aliran air yang melewati transom



Gambar 2. 5 Lokasi Stern Flap



Gambar 2. 6 Efek Stern Flap

Stern flap menyebabkan aliran pada bawah lambung menurun pada lokasi penambahan panjang. Penurunan *flow velocity* akan meningkatkan tekanan pada bawah lambung, hal ini menyebabkan pengurangan gaya hisap *afterbody* (pengurangan bentuk drag). Tinggi gelombang dan energi gelombang pada buritan dapat dikurangi dengan adanya *stern flap*. (Bojovic and Sahoo)

Berdasarkan referensi penggunaan stern flaps terdapat beberapa konfigurasi. Konfigurasi tersebut berdasarkan hasil uji untuk kapal militer Angkatan Laut AS. Dalam konfigurasi tersebut direkomendasikan agar dalam mendesain stern flap dalam kisaran berikut (Cusanelli and Karafiath, 2001):

- Chords antara 0,5 hingga 2,5% LPP.
- Sudut stern flap antara 0° (sudut negatif) hingga 20°.
- Span harus memperluas lebar maksimum di seluruh transom, sehingga tidak mempengaruhi bentuk dari sudut dan tidak membutuhkan kelengkungan yang signifikan di sekitar radius lambung kapal. Dalam beberapa kasus, ditemukan bahwa lebar span tersebut rentang mendekati setengah lebar transom (optimal).

2.4.1 Efek Hidrodinamis pada *Stern Flap*

Penggunaan stern flaps dapat mengakibatkan efek perubahan pola aliran dan hidrodinamis, berikut adalah efek yang terjadi akibat penambahan stern flaps:

1. Perubahan Aliran Buritan

Stern flap mengurangi kecepatan aliran dan meningkatkan tekanan dinamis pada bawah lambung. Peningkatan daerah tekanan menyebabkan gaya angkat yang lebih besar yang menghasilkan efek positif dalam pergerakan arah kapal.

Stern flap meningkatkan kecepatan aliran keluar pada *trailing edge* dibandingkan dengan *transom* tanpa *flap*. Peningkatan kecepatan ini akan mengurangi aliran perpisahan dan menjadikan aliran perpisahan yang lebih bersih yang menghasilkan pengurangan pada hambatan *viscous pressure*.

2. Perubahan Sistem Gelombang

Pemindahan aliran disekitar daerah buritan tanpa *stern flap* diakibatkan oleh hilangnya energi *eddy-making*, turbulensi dan adanya “*white water*”. Pada kecepatan yang sama stern flap

mengakibatkan daerah aliran dengan mengurangi tinggi, *slope* dan gelombang pecah. Dengan adanya *stern flap* dapat mengurangi tinggi gelombang pada sistem daerah dekat buritan dan daerah jauh buritan.

3. Gaya Angkat dan *Drag*

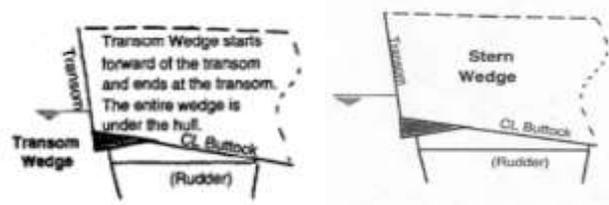
Stern flap dapat menghasilkan gaya angkat dan *drag* pada semua kecepatan dan kondisi. Keuntungannya adalah interaksi dengan lambung dan propeller sehingga dapat mengurangi hambatan kapal. Gaya angkat dan drag meningkat lebih besar seiring dengan peningkatan *chord*, *span* dan sudut dari *stern flap*. (Aktivano, 2017)

2.5 Stern Wedges

Penelitian ini berhubungan dengan hidrodinamika kapal laut, terutama untuk tambahan, pelengkap dan perangkat tambahan untuk mempengaruhi hal yang sama. Penambahan struktur berbagai jenis dan konfigurasi telah diterapkan untuk berbagai jenis kapal laut guna meningkatkan kinerja sistem propulsi. Beberapa jenis kapal yang kecil kini telah dilengkapi dengan flap trim yang dapat diatur (*trim tab*) untuk mengendalikan trim. Sedangkan untuk kapal kombatan, selama Perang Dunia II beberapa kapal Jerman kecil dilengkapi dengan *stern wedge* untuk meningkatkan performa kapal. Dari penelitian yang telah dilakukan Karafiath dan Fisher tentang "The Effect of Stern Wedges on Ship Powering Performance," terbukti bahwa *stern wedge* mampu menurunkan hambatan hingga 5%. *Stern wedges* merupakan salah satu bentuk modifikasi kapal dibagian buritan kapal tepatnya antara station 19,5 – station 20 atau di bawah transom. Sudut *stern wedge* dapat diukur relatif terhadap garis buritan. Tepi depan *wedge* dibuat sebagai kurva 'tertanam' pada permukaan lambung bagian buritan dan *Stern wedges* dipasang dibagian bawah lambung buritan kapal yang tercelup air tepat di bawah transom, dibuat antara sudut *wedge* relatif 0°, 4°, 7° dan 10° dari permukaan lambung kapal lengan panjang *stern wedges* 2% Lpp.

Stern wedges dipasang pada ujung dari buritan kapal, tepat di bawah transom. Prinsip pokok yang mendasari pemasangan *stern wedges* adalah untuk memperbaiki pola aliran air yang terjadi dibagian buritan kapal sehingga nantinya berpengaruh terhadap efisiensi sistem propulsi. (Gabor Karafiath, 1997)

Seperti halnya *stern flaps*, *stern wedges* memiliki fungsi yang mirip dengan *stern flaps*. *Stern wedges* adalah bagian tambahan pada lambung yang digunakan untuk mengurangi hambatan yang terjadi pada kapal. Besar hambatan yang dapat berkurang adalah sekitar 1-10% dari hambatan total kapal. *Stern wedges* terletak di bagian buritan kapal dan di bawah transom. Interaksi dengan lambung terjadi pada *trim* kapal, mengurangi hambatan propulsi dan meningkatkan kecepatan kapal. Parameter paling penting dari *stern wedges* adalah panjang *chord* (L_f), sudut *wedges* (α) dan *flap span* sepanjang *transom*. Dari berbagai penelitian *stern wedges* memiliki efek dalam performa kapal seperti *stern flaps*. Semua *stern wedges* tergantung pada ukuran dan tipe dari kapal yang akan digunakan. (Gabor Karafiath, 1997)



Gambar 2. 7 Stern Wedges

Keuntungan dasar pada penambahan *stern wedge* adalah:

- Mengurangi hambatan pada saat *powering*
- Meningkatkan kecepatan maksimum
- Merubah pola aliran pada buritan kapal



Gambar 2. 8 Lokasi Stern Wedges

2.6 Computational Fluid Dynamic (CFD)

Computational Fluid Dynamics (CFD) merupakan salah satu cabang dari mekanika fluida yang menggunakan metode numerik dan algoritma untuk menyelesaikan dan menganalisa permasalahan yang berhubungan dengan aliran fluida.

Secara sederhana proses perhitungan yang dilakukan oleh aplikasi CFD adalah dengan kontrol-kontrol penghitungan yang telah dilakukan maka kontrol penghitungan tersebut akan dilibatkan dengan memanfaatkan persamaan-persamaan yang terlibat. Persamaan-persamaan ini adalah persamaan yang dibangkitkan dengan memasukkan parameter apa saja yang terlibat dalam domain. Misalnya ketika suatu model yang akan dianalisa melibatkan temperature berarti model tersebut melibatkan persamaan energi atau konservasi dari energi tersebut. Inisialisasi awal dari persamaan adalah *boundary condition*. *Boundary condition* adalah kondisi dimana kontrol-kontrol perhitungan didefinisikan sebagai definisi awal yang akan dilibatkan ke kontrol-kontrol penghitungan yang berdekatan dengannya melalui persamaan-persamaan yang terlibat. (Ahmad F. 2009)

Secara umum proses penghitungan pada metode CFD terdiri atas 3 bagian utama, yaitu:

1. *Preprocessor*

Preprocessor adalah tahap dimana data diinput mulai dari pendefinisian domain serta pendefinisian kondisi batas atau *boundary condition*. Ditahap itu juga sebuah benda atau ruangan yang akan analisa dibagibagi dengan jumlah grid tertentu atau sering disebut juga dengan meshing.

2. *Processor/solver*

Tahap selanjutnya adalah processor, pada tahap ini dilakukan proses penghitungan data-data input dengan persamaan yang terlibat secara iteratif. Artinya penghitungan dilakukan hingga hasil menuju error terkecil atau hingga mencapai nilai yang konvergen. Penghitungan dilakukan secara menyeluruh terhadap volume kontrol dengan proses integrasi persamaan diskrit.

3. *Postprocessor*

Tahap akhir merupakan tahap *postprocessor* dimana hasil perhitungan diinterpretasikan ke dalam gambar, grafik bahkan animasi dengan pola-pola warna tertentu.

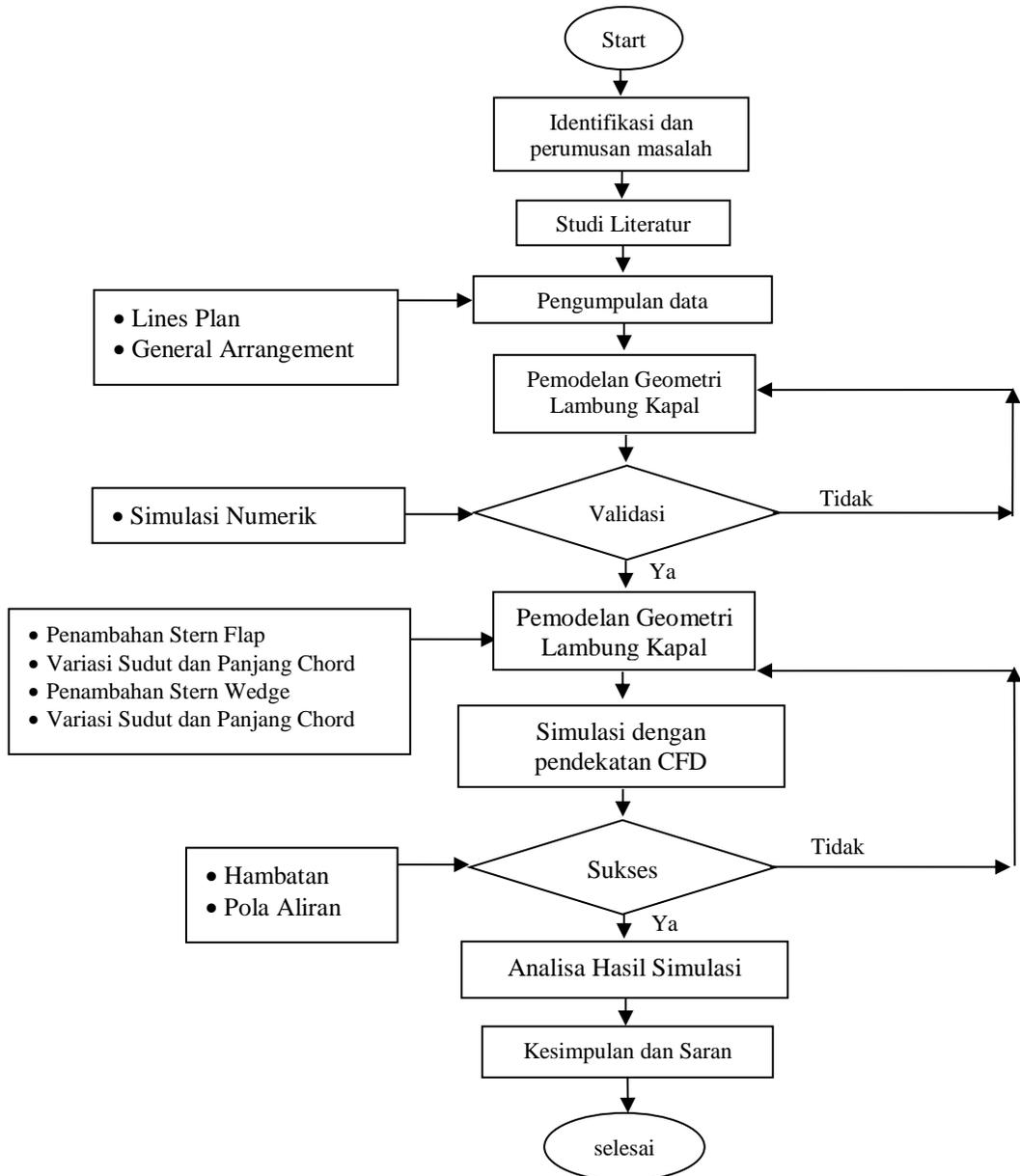
2.7 NUMECA Fine Marine (CFD)

NUMECA merupakan merk dagang dari perusahaan internasional penyedia perangkat lunak pengolah CFD NUMECA International. NUMECA mempunyai produk untuk pengolah desain dan meshing serta solver untuk perangkat lunak pengolah CFD. Beberapa perangkat lunak tersebut akan digunakan pada skripsi ini. Peneliti menggunakan NUMECA Fine Marine Versi 3.1 dengan lisensi student. Lisensi ini khusus untuk para peneliti dan civitas akademis. Data yang dihasilkan dari NUMECA student version tidak dapat digunakan untuk tujuan komersil namun hanya untuk tujuan penelitian dan pengembangan. NUMECA yang berlisensi ini akan ada tanda khusus dalam GUI begitu pula pada hasil simulasi akan ada tanda yang menampilkan bahwa hasil tersebut menggunakan NUMECA. (Numeca International, 2014)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir

Dalam perencanaan skripsi ini maka metodologi yang direncanakan dalam flow chart yang telah disusun oleh penulis sebagai berikut :



Gambar 3. 1 Flow Chart

3.2 Identifikasi dan Perumusan masalah

Menjelaskan latar belakang perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan metodologi dalam menyelesaikan skripsi ini.

3.3 Studi Literatur

Studi literatur merupakan penelusuran literatur (referensi) yang bersumber dari internet, buku ajar, jurnal serta karya tulis yang relevan dengan kasus atau permasalahan yang ditemukan. Studi literatur bertujuan untuk memperkuat permasalahan serta sebagai dasar teori dalam melakukan studi dan juga menjadi dasar untuk melakukan pengerjaan skripsi ini. Bahasan yang di bahas adalah :

- Hambatan Kapal
- Stern flaps
- Stern Wedge
- Computational Fluid Dynamic
- Meshing
- Numecca Fine Marine

3.4 Pengumpulan Data

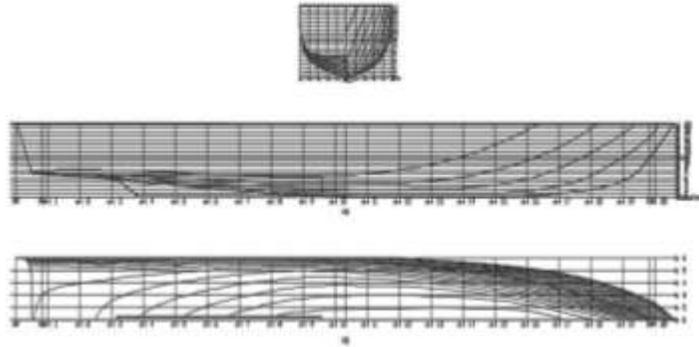
Dalam hal ini perlu diperhatikan dalam pengumpulan data-data penunjang yang tepat sebab akan sangat berpengaruh dalam proses penyelesaian skripsi ini.

Pengumpulan data tersebut berupa studi literatur mengenai hambatan kapal. Pada Skripsi ini yang akan di angkat sebagai sumber dari perumusan masalah adalah studi perbandingan hambatan kapal akibat penambahan stern flaps dan stern wedge pada kapal dengan metode CFD. Maka data - data yang berkaitan dengan hambatan kapal dan aspek yang menyebabkan terjadinya perbedaan hambatan. Data yang dikumpulkan berupa :

- Data utama kapal
 - *Length of all (LOA)* : 60 m
 - *Length of water line* : 55,19 m
 - *Length between perpendicular (LPP)* : 54,97 m
 - *Breadht (B)* : 8,10 m
 - *Depth (H)* : 4,74 m

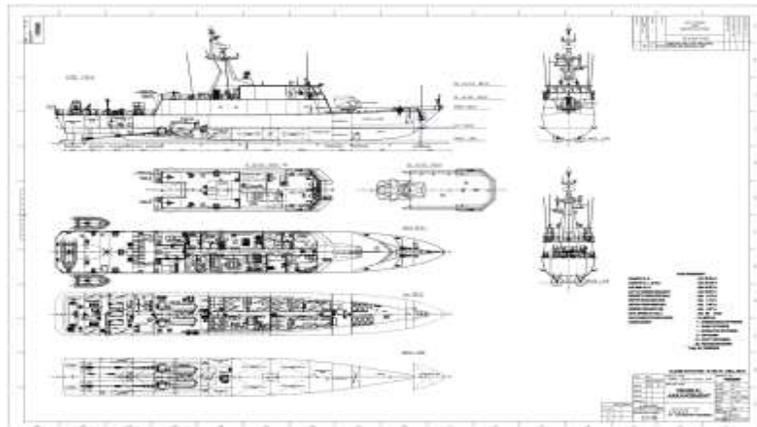
- *Draft (T)* : 2,57 m
- *Coefficient Block (CB)* : 0,554
- *Coefficient Prismatic* : 0,676
- *Max Speed* : 28 knots
- *Patrol Speed* : 20 knot

- Lines Plan



Gambar 3. 2 Lines Plan Kapal Cepat

- General Arrangement



Gambar 3. 3 Rencana Umum Kapal Cepat

3.5 Pemodelan Geometri Lambung Kapal

Pemodelan lambung kapal dilakukan dengan menggunakan data yang telah di peroleh sebelumnya dari data tersebut akan dilakukan pemodelan lambung pada software. Dalam pemodelan lambung kapal pada skripsi ini menggunakan software Maxsurf. Pada software ini tidak hanya digunakan untuk melakukan pemodelan saja, software maxsurf juga bisa digunakan

untuk mensimulasikan model lambung. Nilai yang bias di ambil juga bermacam, nilai yang bias di ambil adalah nilai hambatan kapal, daya kapal, stabilitas kapal dan lainnya. Namun dalam skripsi ini hanya mengambil nilai hambatannya saja.

Dalam simulasi model lambung pada software maxsurf ini yang nantinya di gunakan untuk validasi hambatan yang nantinya akan di bandingkan dengan hasil simulasi pada software CFD.

Setelah didapatkan nilai hambatan dari maxsurf, kemudian data model tersebut diekspor menuju perangkat lunak Solidwork untuk di solidkan (Disimpan dalam format '.x_t'), lalu di lakukan meshing di perangkat lunak NUMECA.

3.6 Validasi

Validasi merupakan proses dimana data dari simulasi pada software maxsurf akan di bandingkan dengan data yang di dapat dari software NUMECA. Data yang di bandingkan adalah data hambatan kapal. Hal dilakukan untuk memastikan nilai hambatan kapal pada hasil masing-masing simulasi memiliki kesamaan dan tidak memiliki selisih lebih dari 15%. Proses validasi menggunakan 2 metode berbeda yaitu menggunakan *Maxsurf Resistance* dan CFD NUMECA FINE Marine.

3.7 Pemodelan Kapal Dengan Variasi

Setelah dilakukan validasi model dan hambatan, selanjutnya aadalah pembuatan model dengan variasi. Variasi model yang ditambahkan berupa stern flaps dan stern wedge. Dari 2 macam variasi model ini akan dibagi lagi, yaitu variasi sudut chord dan panjang chord dari stern flaps maupun stern wedge, yaitu:

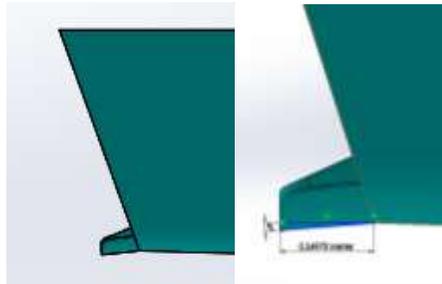
- Pemodelan
 - Sudut Chord adalah 4° dan 8°
 - Panjang Chord adalah $1\%L_{pp}$ dan $1,5\%L_{pp}$

Dari variasi di atas, di dapat data tabel dan model sebagai berikut:

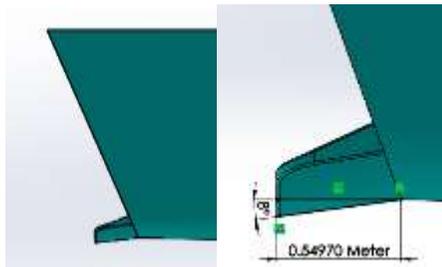
Tabel 3. 1 Variasi desain buritan kapal dengan Stern Flaps dan Stern Wedge.

No	Model	Lebar Span (*% BT)	Lebar Span (m)	Panjang Chord (1-2.5%LPP)	Panjang Chord (m)	Sudut
1	Stern Flap Model 1	100%	8,1	1,0%	0,5497	4°
2	Stern Flap Model 2	100%	8,1	1,5%	0,8246	4°
3	Stern Flap Model 3	100%	8,1	1,0%	0,5497	8°
4	Stern Flap Model 4	100%	8,1	1,5%	0,8246	8°
5	Stern Wedge Model 1	100%	8,1	1,0%	0,5497	4°
6	Stern Wedge Model 2	100%	8,1	1,5%	0,8246	4°
7	Stern Wedge Model 3	100%	8,1	1,0%	0,5497	8°
8	Stern Wedge Model 4	100%	8,1	1,5%	0,8246	8°

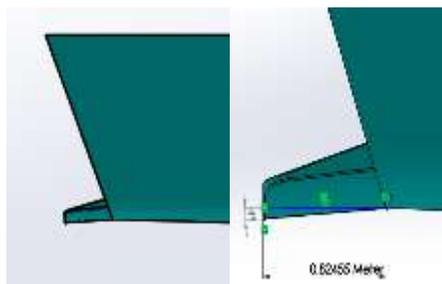
Gambar model untuk kapal cepat ialah sebagai berikut:



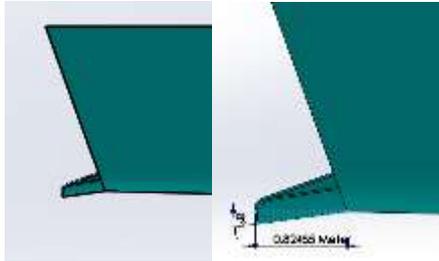
Gambar 3. 4 Stern Flaps 1%Lpp dengan sudut 4°



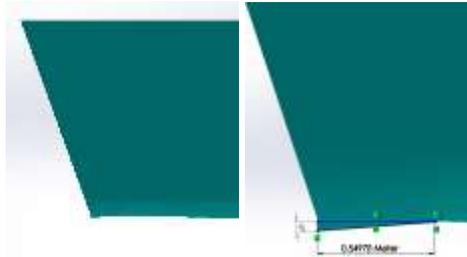
Gambar 3. 5 Stern Flaps 1%Lpp dengan sudut 8°



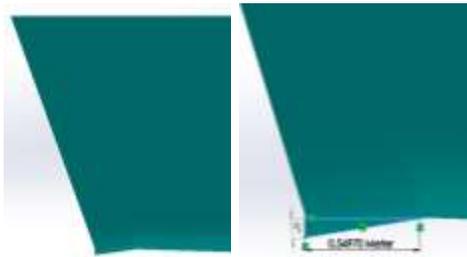
Gambar 3. 6 Stern Flaps 1,5%Lpp dengan sudut 4°



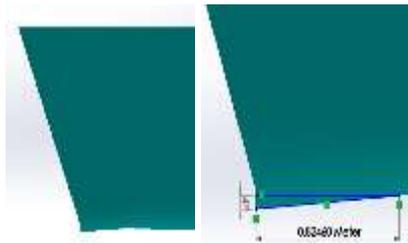
Gambar 3. 7 Stern Flaps 1,5%Lpp dengan sudut 8°



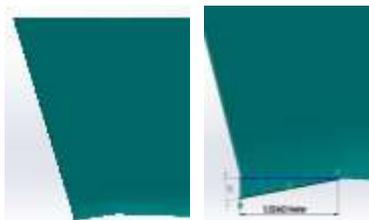
Gambar 3. 8 Stern Wedge 1%Lpp dengan sudut 4°



Gambar 3. 9 Stern Wedge 1%Lpp dengan sudut 8°



Gambar 3. 10 Stern Wedge 1,5%Lpp dengan sudut 4°



Gambar 3. 11 Stern Wedge 1.5%Lpp dengan sudut 8°

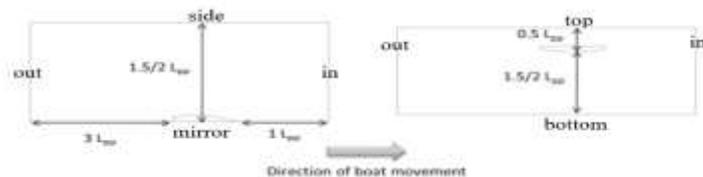
3.8 Simulasi CFD

Setelah dilakukan pemodelan dari Maxsurf dan Solidwork selanjutnya dilakukan soft simulasi CFD dengan solver NUMECA Fine Marine. Dalam tahap ini dapat ditentukan jenis fluida alirannya yaitu air laut. Kemudian hasil simulasi ini berupa hambatan kapal akibat perubahan bentuk buritan kapal berupa stern flaps dan stern wedge.

Simulasi di lakukan dalam sebanyak 8 model dan 5 variasi pada setiap modelnya. Langkah dalam melakukan simulasi dibagi menjadi 2, yaitu Meshing dan Running. Berikut adalah langkah-langkah untuk melakukan simulasi.

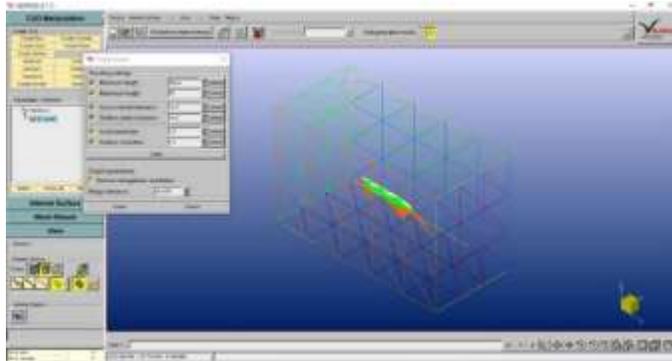
A. Meshing

Setelah permodelan kapal dengan software selesai di buat proses selanjutnya adalah proses meshing. tahapan ini merupakan pembagian detail bagian kapal dari bentuk geometri menjadi elemen-elemen dan node-node yang lebih kecil dan lebih spesifik. Pada proses pengujian model, setiap elemen-elemen tersebut akan dilakukan perhitungan oleh software CFD.



Gambar 3. 12 Standar ukuran Boundary Domain Simulation

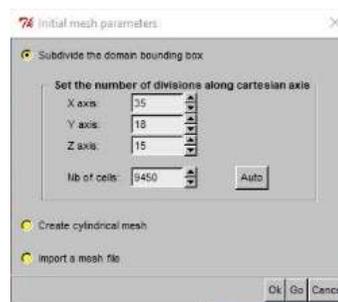
Dalam NUMECA, proses meshing dilakukan pada tools Hexpress. Pengaturan yang dilakukan pertama kali yaitu menentukan ukuran domain dari simulasi. Dalam ukuran pembuatan domain terdapat standar *boundary* yang bertujuan agar hasil dari simulasi bisa disesuaikan dengan keadaan lingkungan sebenarnya.



Gambar 3. 13 Konfigurasi Domain

Pembuatan domain dilakukan sesuai dengan rekomendasi standar ukuran domain, bentuk geometri kapal dibuat menjadi *half-body* dikarenakan bentuk kapal merupakan simetris, hal ini juga akan mempengaruhi pada jumlah cell hasil meshing yang berdampak pada lamanya waktu simulasi. Setelah membuat domain, proses meshing dapat dilakukan, adapun urutan dalam proses meshing dalam Hexpress adalah:

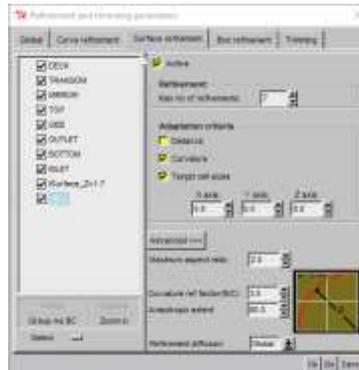
1. *Initial Mesh*



Gambar 3. 14 Konfigurasi Initial Mesh

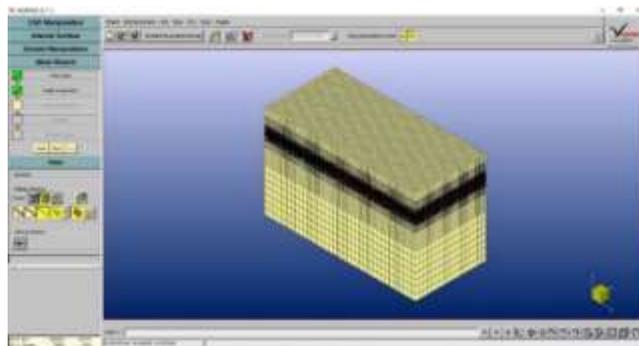
Dalam *Initial Mesh*, dilakukan pembagian geometri seluruh domain. domain dibagi menjadi cell berbentuk kotak sesuai dengan geometri domain yang didefinisikan.

2. *Adapt to Geometry*



Gambar 3. 15 Konfigurasi Adapt to Geometry

Dalam *Adapt to Geometry*, dilakukan *Refinement* terhadap cell-cell yang telah terbagi sesuai dengan bentuk geometri. Selain penghalusan, *Trimming* juga dilakukan yaitu menghapus terhadap cell-cell yang saling menyalang atau yang berlokasi diluar geometri.



Gambar 3. 16 Tampilan Mesh setelah Adapt to Geometry

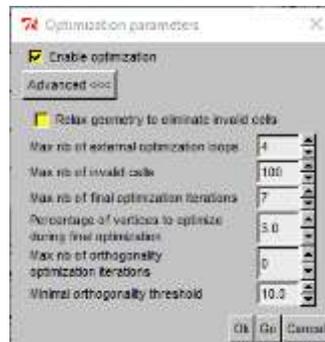
3. *Snap to Geometry*



Gambar 3. 17 Konfigurasi Snap to Geometry

Tujuan dari langkah otomatis ini yaitu untuk memproyeksikan mesh yang didapat dari hasil sebelumnya terhadap bentuk geometri sehingga menghasilkan bentuk geometri yang halus.

4. *Optimize*



Gambar 3. 18 Konfigurasi Optimisasi

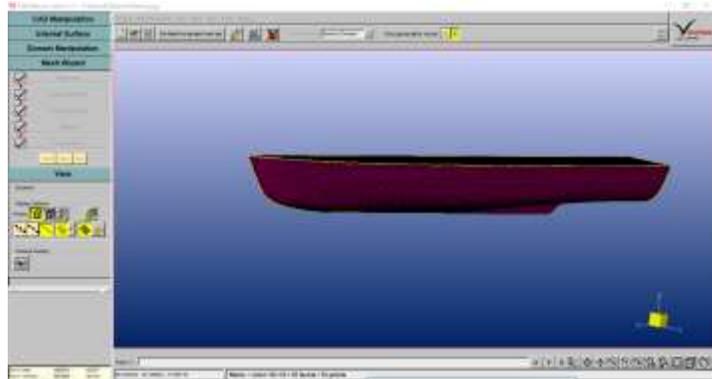
Dalam *Optimize*, dilakukan optimisasi terhadap hasil mesh yang memiliki kualitas buruk seperti *concave cells*, *negative cells*, *twisted cells* Untuk mengetahui kualitas dari cell dapat dilihat dengan menu *mesh quality*.

5. *Viscous Layers*



Gambar 3. 19 Konfigurasi Lapis Viskos

Dalam *Viscous Layers*, dilakukan pendekatan yang spesifik dalam penyisipan lapisan viskos berdasarkan kecepatan sehingga dihasilkan angka Reynolds dan angka Froude yang dipengaruhi kecepatan dan ukuran kapal.



Gambar 3. 20 Hasil Meshing Body Kapal

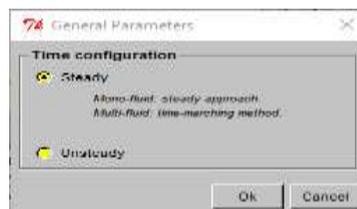


Gambar 3. 21 Hasil Meshing Keseluruhan

B. Running

Proses selanjutnya setelah meshing dan definisi geometri adalah melakukan pengaturan terhadap simulasi aliran yang akan diuji. berikut merupakan beberapa parameter yang perlu didefinisikan:

1. *General Parameter*

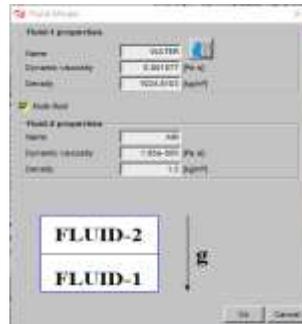


Gambar 3. 22 Konfigurasi General Parameter

Dalam parameter umum ini mengenai konfigurasi waktu pada hasil simulasi saat time step yang ditentukan. terdapat 2 pilihan yaitu *Steady* dan *Unsteady*. *Steady* digunakan apabila ingin mendapatkan hasil running pada saat time step terakhir dan *Unsteady* digunakan apabila ingin

mendapatkan hasil simulasi pada saat time step tertentu. Dalam penelitian ini menggunakan konfigurasi *Steady*.

2. Fluid Model



Gambar 3. 23 Konfigurasi Fluid Model

Dalam konfigurasi *Fluid Model* ini merupakan definisi fluida yang digunakan. Pada penelitian ini menggunakan konfigurasi *multi fluid* yaitu fluida air dan udara. Bagian fluida air dan udara dipisahkan oleh *internal surface* yang telah dibuat pada proses penggambaran geometri.

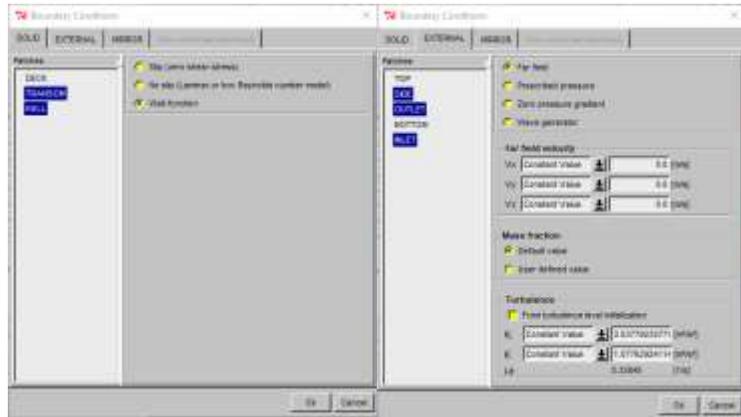
3. Flow Model



Gambar 3. 24 Konfigurasi Flow Model

Dalam konfigurasi *Flow Model* ini merupakan definisi untuk menentukan karakteristik dari aliran yang akan digunakan. terdapat dua pilihan yaitu laminar dan aliran turbulen serta intensitas dari gravitasi. Pada bagian Reference parameters untuk mendefinisikan perhitungan dari Froude number dan Reynolds number yang tertuju pada pengaturan *Fluid Model*.

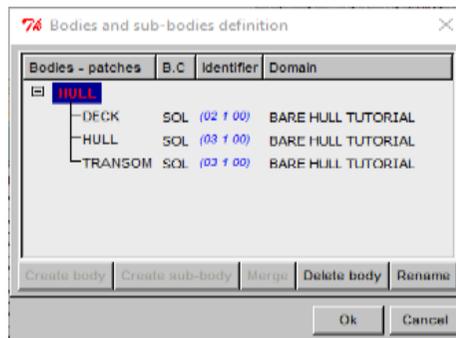
4. Boundary Condition



Gambar 3. 25 Konfigurasi Boundary Condition

Boundary Condition merupakan pendefinisian dari kondisi batasan-batasan yang akan disimulasikan. Konfigurasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan mendefinisikan body kapal sebagai *solid wall-function*, pada kondisi external dibuat kondisi perairan tenang.

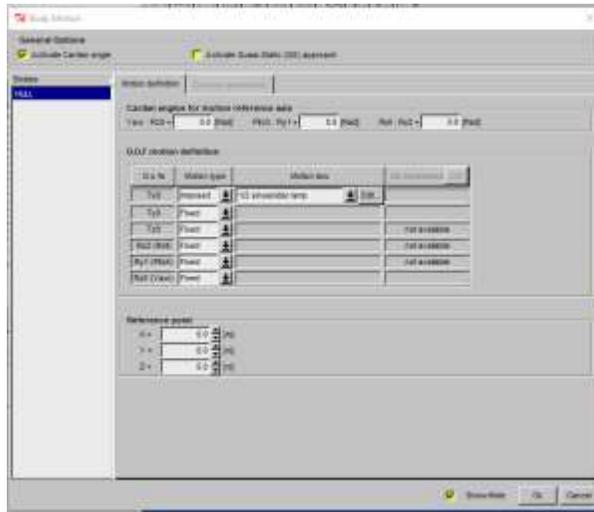
5. Body Definition



Gambar 3. 26 Konfigurasi Body Definition

Body Definition dilakukan untuk menentukan bagian-bagian yang akan dijadikan sebuah badan yang akan diuji. Pada konfigurasi ini badan kapal terdiri dari *deck*, *hull* dan *transom*.

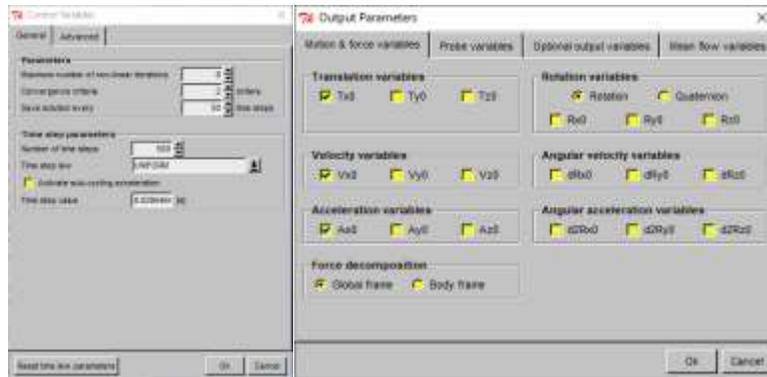
6. Body Motion



Gambar 3. 27 Konfigurasi Body Motion

Body Motion merupakan bagian yang menentukan gerak dari badan kapal yang akan diuji. Badan kapal dapat bergerak berdasarkan 6 derajat kebebasan serta konfigurasi untuk menentukan nilai kecepatan dan percepatan dari badan kapal. Dalam penelitian ini menggunakan *fixed imposed* terhadap sumbu x dengan memberi variasi kecepatan konstan.

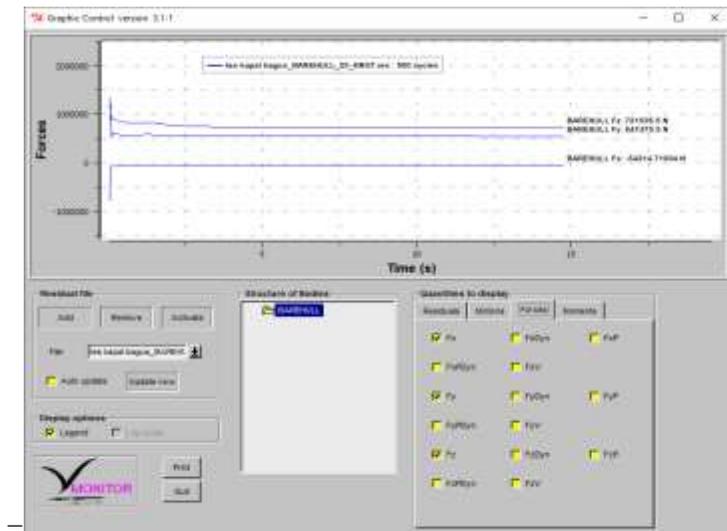
7. Computational Control Variables dan Output



Gambar 3. 28 Konfigurasi Control Variables dan Output

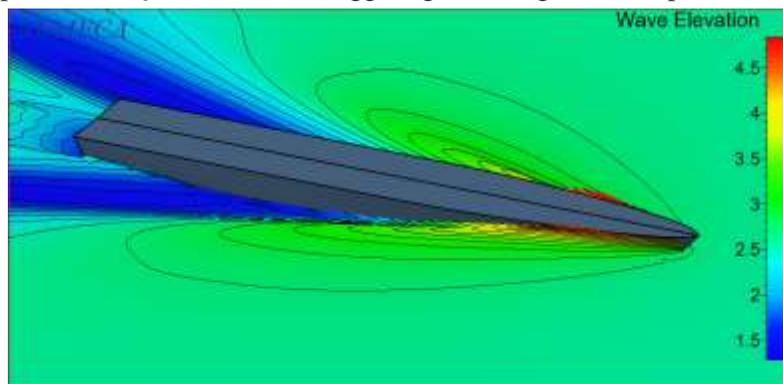
Control Variabel merupakan konfigurasi untuk menentukan perhitungan iterasi dan jumlah *Time step* yaitu periode gerakan kapal yang digunakan. *Output* untuk menentukan variabel hasil yang didapat dari simulasi. Setelah parameter-parameter sudah ditentukan maka simulasi dapat dijalankan dengan mengaktifkan tombol solver running.

Proses selanjutnya setelah selesai running simulasi, maka data hasil simulasi dapat diperoleh dengan membaca grafik pada Monitor. Pada penelitian ini, data yang diambil berupa hambatan kapal yaitu merupakan gaya yang terjadi terhadap sumbu x sehingga dalam grafik terbaca sebagai (Fx).



Gambar 3. 29 Grafik Gaya Terhadap Waktu pada Monitor

Untuk pembacaan data dan visual dari hasil simulasi CFD menggunakan CF View. Dalam tahapan ini, data yang diambil berupa luasan basah kapal (*Wet Surface Area*), Ketinggian gelombang dan Kecepatan Aliran.



Gambar 3. 30 Tampilan Elevasi Gelombang Kapal pada CFview

3.9 Analisa hasil Simulasi

Menganalisa hasil perhitungan serta melihat apakah telah menjawab hasil dari hipotesa diawal, bahwa stern flaps dan stern wedge mampu menurunkan nilai hambatan pada kapal. Dan bentuk model buritan kapal yang seperti apakah yang mampu menurunkan hambatan lebih optimal.

3.10 Kesimpulan dan saran

Tahap ini merupakan tahapan dimana dilakukan penarikan kesimpulan mengenai keseluruhan proses yang telah dilakukan. Kesimpulan diambil berdasarkan analisa data dan perhitungan yang dikerjakan sebelumnya, kesimpulan berisi ringkasan dan poin poin penting dalam pengerjaan skripsi ini. Selain itu, juga memberikan saran terhadap penelitian selanjutnya diharapkan dapat menjadi masukan dan perbaikan untuk kedepannya.

3.11 Jadwal Pelaksanaan

Tabel 3. 2 Jadwal Pelaksanaa pengerjaan skripsi

No	Rencana Kegiatan	Bulan ke-				
		1	2	3	4	5
1	Pembuatan Proposal					
2	Studi literatur					
3	Pengumpulan data					
4	Pemodelan Geometri Kapal					
5	Simulasi Model Kapal					
6	Pemodelan Geometri Kapal dengan Variasi					
7	Simulasi Model Kapal dengan Variasi					
8	Analisa Hasil Simulasi					
9	Pembuatan laporan					

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum

Analisa data di lakukan dengan cara membuat model desain kapal dengan bantuan beberapa program desain kapal. Selanjutnya dari model tersebut akan di tambahkan variasi bentuk buritan dan dilakukan analisa hambatan kapal akibat pengaruh hambatan tambahan yang disebabkan penambahan bentuk buritan kapal.

4.2 Pengumpulan Data

Data yang diperlukan dalam proses pengerjaan tugas akhir ini meliputi data *lines plan* kapal, general arrangement dan ukuran utama kapal. Berikut ini adalah data utama kapal yang telah dikumpulkan oleh penulis untuk mendukung proses analisa permasalahan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini :

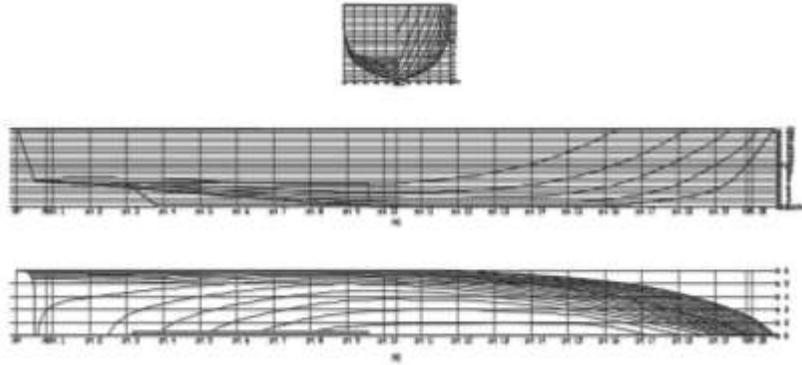
4.2.1 Ukuran Utama Kapal

Data Ukuran Utama kapal cepat di dapatkan dari data gambar Rencana Umum kapal, yaitu sebagai berikut:

- *Length of all (LOA)* : 60 m
- *Length of water line* : 55,19 m
- *Length between perpendicular (LPP)* : 54,97 m
- *Breadht (B)* : 8,10 m
- *Depth (H)* : 4,74 m
- *Draft (T)* : 2,57 m
- *Coefficient Block (CB)* : 0,554
- *Coefficient Prismatic* : 0,676
- *Max Speed* : 28 knots
- *Patrol Speed* : 20 knots

4.2.2 Lines Plan Kapal Cepat

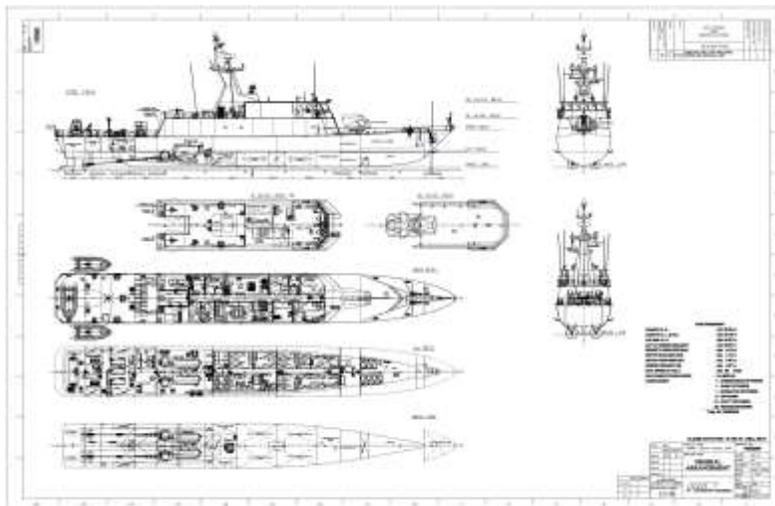
Dengan mendapatkan rencana garis kapal, maka kapal dapat dibuat dengan bantuan *software* Maxsurf Modeller untuk mendapatkan bentuk kapal dengan cara memproyeksikan *body plan*, *sheer plan* dan *half breadth plan*.



Gambar 4. 1 Lines Plan Kapal Cepat

4.2.3 Rencana Umum Kapal Cepat

Data Rencana Umum kapal di dapatkan dari PT.PAL Indonesia (Persero).



Gambar 4. 2 Rencana Umum Kapal Cepat

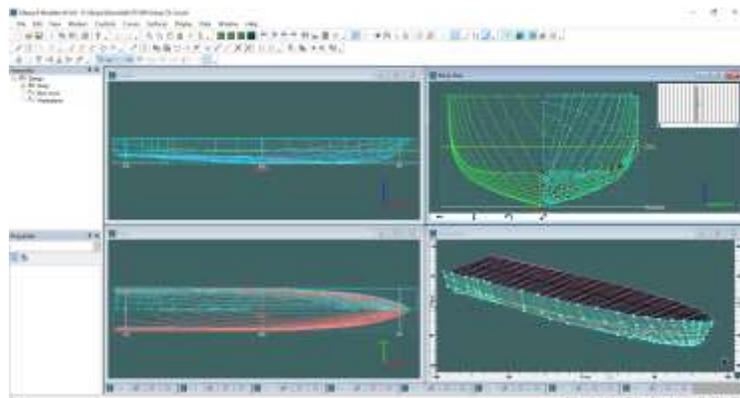
4.3 Pembuatan Model Kapal

Pemodelan lambung kapal dilakukan dengan menggunakan data yang telah di peroleh sebelumnya dari data tersebut akan dilakukan pemodelan lambung pada software Maxsurf. Pada software ini tidak hanya digunakan untuk melakukan pemodelan saja, software maxsurf juga bisa digunakan untuk mensimulasikan model lambung. Nilai yang bisa di ambil juga bermacam, nilai yang bisa di ambil adalah nilai hambatan kapal, daya kapal, stabilitas kapal dan lainnya. Namun dalam skripsi ini hanya mengambil nilai hambatannya saja.

Dalam simulasi model lambung pada software maxsurf ini yang nantinya di gunakan untuk validasi hambatan yang nantinya akan di bandingkan dengan hasil simulasi pada software CFD.

4.3.1 Pemodelan dengan Maxsurf

Setelah semua data telah terkumpul maka akan dilakukan simulasi yang pertama dengan menggunakan software maxsurf. Berikut adalah hasil dari pemodelan pada maxsurf:



Gambar 4. 3 Pemodelan dengan Maxsurf

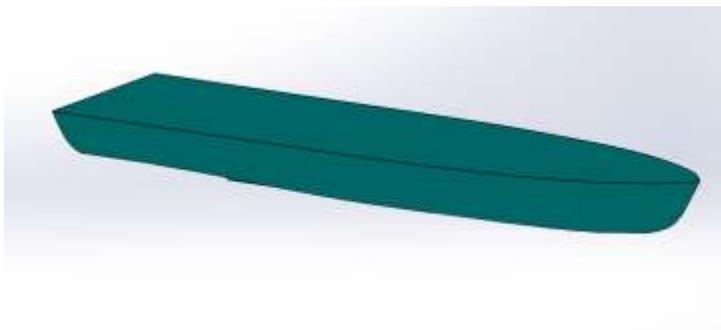
Setelah di lakukan pemodelan maka di dapat data, ialah sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Data Kapal Yang Diperoleh dari Maxsurf

Item	Nilai	Satuan
LWL	55.1	m
Beam	8.4	m
Draft	2.51	m
Displaced volume	528.182	m ³
Wetted area	455.997	m ²
Prismatic coeff. (Cp)	0.689	
Waterpl. Area coeff. (Cwp)	0.832	
½ angle of entrance	12.9	deg.
LCG from midships	-3.066	m
Max sectional area	13.816	m ²
Water Density	1.025	tonne/m ³

4.3.2 Pembuatan Model Kapal Menjadi Solid

Setelah data kapal dari maxsurf telah di dapat, maka dari gambar maxsurf tersebut di export menjadi file “.3dm” yang selanjutnya di olah pada aplikasi solidwork untuk di jadikan menjadi bentuk solid. Berikut adalah hasil penggambaran pada solidwork:



Gambar 4. 4 Bentuk Hull solid

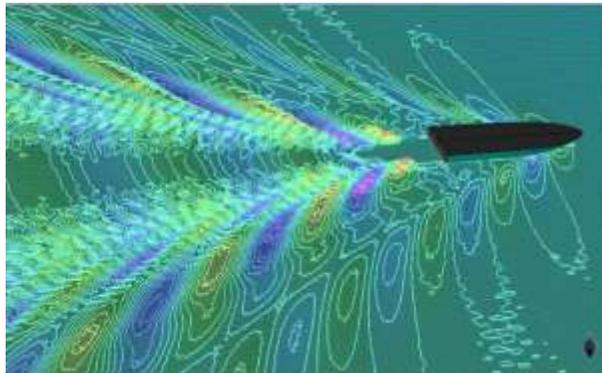
4.3.3 Pengujian Hambatan dengan Maxsurf

Langkah selanjutnya adalah pengumpulan data, dari maxsurf dan solidwork yang akan di jadikan patokan untuk validasi. Pengumpulan data hambatan dari maxsurf dengan metode savitsky preplanning. Data yang di dapat adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 2 Nilai Hambatan dari Maxsurf

No	Speed (Knot)	Fn (LWL)	Fn (Vol)	Savitsky Preplanning (Kn)	Savitsky Planning (Kn)
1	12	0.263	0.693	-	-
2	14	0.307	0.809	-	-
3	16	0.351	0.924	-	-
4	18	0.395	1.04	78.1	196.1
5	20	0.439	1.156	130.5	210
6	22	0.483	1.271	196.7	225
7	24	0.527	1.387	244.4	241
8	26	0.571	1.502	266.6	258
9	28	0.615	1.618	292.9	275.8

Dari software maxsurf juga di dapat hasil Analisa gelombang yang terjadi pada kapal. Gambar tersebut bias di lihat pada gambar di bawah, yakni:



Gambar 4. 5 Gelombang air akibat laju kapal pada kecepatan 28 knot

4.3.4 Pengujian Hambatan dengan Numecca

Simulasi pada software NUMECA telah dilakukan dengan menggunakan model barehull yang tidak terdapat variasi pada bagian stern. Pada simulasi ini hanya dilakukan untuk melakukan validasi barehull. Berikut adalah data table nilai hambatan dan froud number yang telah dilakukan pad software NUMECA.

Tabel 4. 3 Nilai froud number dan hambatan dari software NUMECA

Speed (Knot)	Froud Number	Hambatan kapal (kN)
12	0,266	62,88
16	0,355	94,01
20	0,443	157,17
24	0,532	215,4
28	0,620	266,42

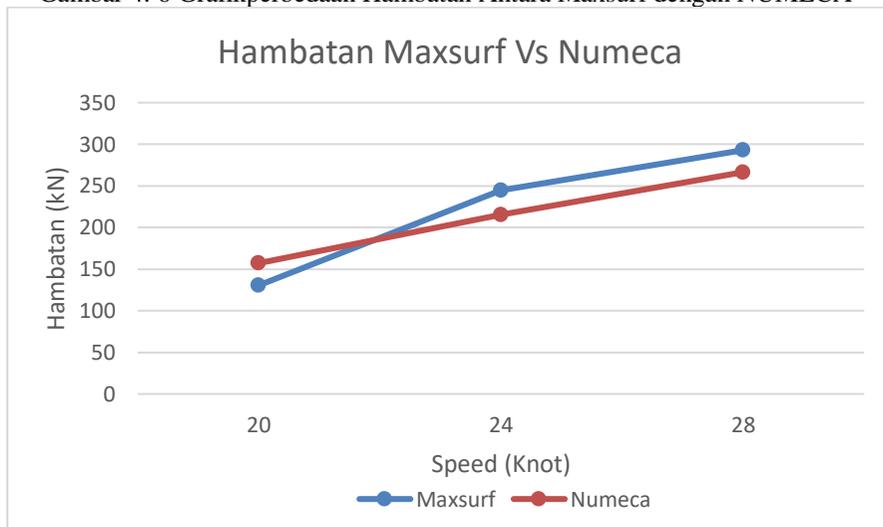
4.4 Validasi

Proses validasi merupakan proses dimana data dari simulasi pada software maxsurf akan di bandingkan dengan data yang di dapat dari software NUMECA. Data yang di bandingkan adalah data hambatan kapal. Dari data yang di peroleh pada maxsurf dan NUMECA Fine Marine, maka data tersebut akan di korelasikan dengan batasan selisih 15%, yaitu sebagai berikut:

Tabel 4. 4 Data Validasi antara Hasil dari Maxsurf dengan NUMECA

Speed (Kn)	Maxsurf	NUMECA FINE Marine (kN)	Selisih Numeca - Maxsurf Pre Planning
20	130,5	157,17	+12,04%
24	244,4	215,38	-8,81%
28	292,9	266,42	-9,09%

Gambar 4. 6 Grafikperbedaan Hambatan Antara Maxsurf dengan NUMECA

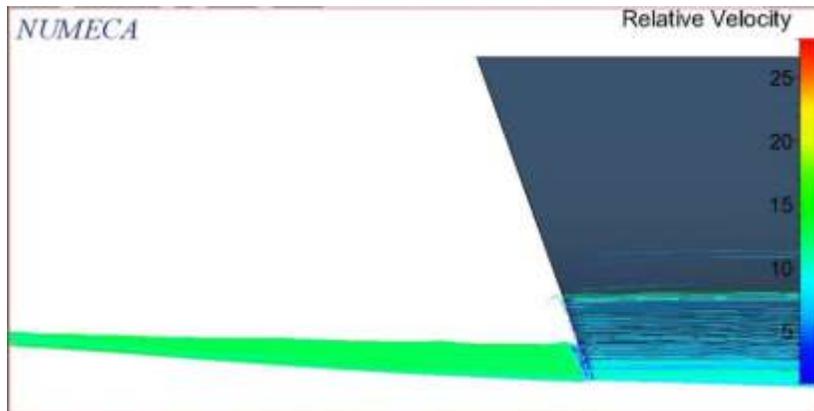


Dari data di atas dapat di simpulkan bahwa nilai hambatan dari software Maxsurf dan NUMECA memiliki nilai <15%, sehingga disimpulkan bahwa nilai tersebut memnuhi kriteria. Dan langkah selanjutnya adalah melakukan simulasi dengan variasi model buritan kapal.

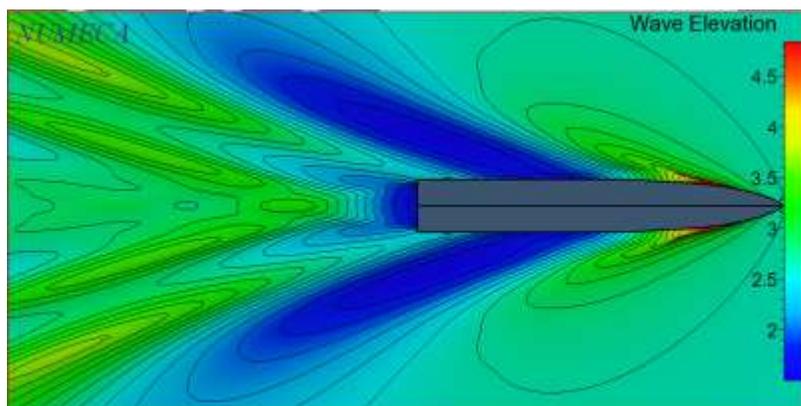
4.5 Simulasi Hambatan dengan Numeca

Simulasi hambatan dilakukan dengan 9 model kapal dengan 5 variasi kecepatan. 9 model kapal terdiri dari 1 model Barehul, 4 model Stern Flaps dan 4 model Stern Wedge. Dari 9 model tersebut akan dilakukan

perbandingan nilai hambatan yang terjadi. Simulasi pertama dilakukan pada model barehull. Dari tabel 4.3 data simulasi hambatan dengan software numeca, selanjutnya dilakukan simulasi pola aliran dan bentuk gelombang akibat adanya kapal yang melaju dan pola aliran yang terjadi di bagian buritan. Simulasi ini di dapatkan sesuai dengan bentuk kapal pada software sebelumnya. Berikut adalah bentuk gelombang akibat laju kapal dan pola aliran yang terjadi pada model barehull.



Gambar 4. 7 Pola aliran bagian buritan pada software NUMECA



Gambar 4. 8 Wave elevation pada software NUMECA

Dari gambar, pola aliran yang melewati stern terdapat pusaran air atau aliran turbulen. Di harapkan dengan adanya bentuk stern baru terjadi perubahan pola aliran, sehingga hambatan kapal menjadi berkurang. Pada skripsi ini akan dikaji dengan melakukan simulasi berbasis computer. Selanjutnya dilakukan pengambilan data dan perhitungan selisih hambatan dari simulasi model stern flaps dan stern wedge. Berikut adalah data yang di dapat:

4.5.1 Hasil Simulasi Hambatan *Barehull* dengan *Stern Flaps*

Hasil perhitungan selisih hambatan pada simulasi dengan software NUMECA yang pertama adalah selisih nilai hambatan pada model barehull dengan Stern Flaps. Berikut adalah hasil dari simulasi:

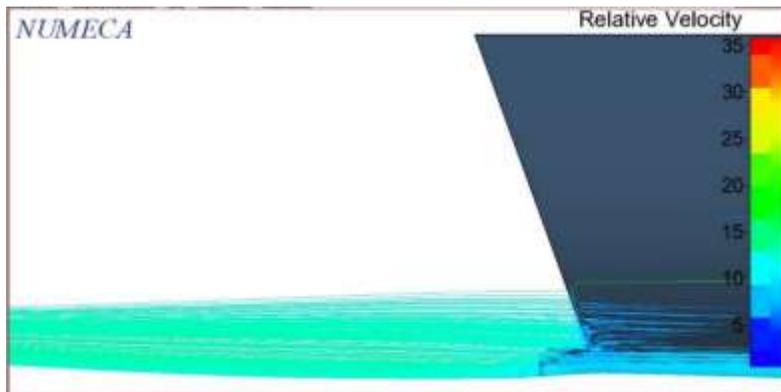
4.5.1.1 Selisih Nilai Hambatan Barehull dengan Stern Flaps 1%Lpp 4°

Hasil simulasi hambatan pada stern flaps dengan Panjang 1%Lpp dan sudut 4°, adalah sebagai berikut:

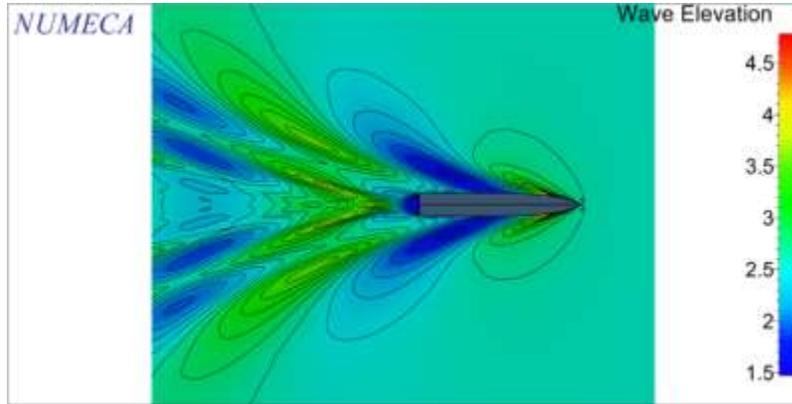
Tabel 4. 5 Selisih Nilai Hambatan Barehull dengan Stern Flaps 1%Lpp 4°

No	Speed	Froude Number	Hambatan		Selisih
			Barehull	Stern Flap 1%LPP 4°	
	Knot		kN	kN	%
1	12	0.2658	62.88	63.05	-0.3%
2	16	0.3545	96.72	94.01	2.8%
3	20	0.4431	157.17	152.18	3.2%
4	24	0.5317	215.38	208.72	3.1%
5	28	0.6203	266.42	257.92	3.2%

Dari data hasil running tersebut maka dilakukan perhitungan selisih hambatan yang terjadi, maka nilai hambatan yang terjadi akibat adanya stern flaps dengan Panjang 1%Lpp dan sudut 4° mengalami penurunan yang signifikan, pada kecepatan 28 knot hambatan menurun hingga 8,5 kN, namun pada kecepatan 12 knot hambatan menjadi naik 0,17 kN. Ini berarti bahwa akibat adanya stern flaps pada buritan kapal nilai hambatan menjadi lebih kecil dan kinerja stern flaps ini akan mereduksi hambatan pada kecepatan di atas 12 knot. Berikut adalah gambar hasil simulasi pola aliran dan tinggi gelombang yang terjadi ketika kapal cepat menggunakan stern flaps pada kecepatan 28 knot:



Gambar 4. 9 Pola aliran stern flaps, panjang 1%Lpp dan sudut 4°



Gambar 4. 10 Bentuk gelombang stern flaps, panjang 1%Lpp dan sudut 4°

Dari gambar tersebut, aliran yang melewati stern flap mengalami perubahan bentuk aliran dan kecepatan, aliran air yang pada model barehull memiliki pola aliran memusar pada buritan kapal. Setelah adanya stern flaps pola aliran menjadi memanjang dan arah aliran menjadi ke bagian bawah seperti pada gambar. Pada bentuk gelombang yang terjadi juga terdapat perubahan dari bagian buritan yang tidak terdapat stern flaps. Bentuk gelombang stern divergent wave dan transvers wave juga mengalami perubahan. Dari sebelumnya yang mengalami kerapatan gelombang, setelah adanya bentuk stern flaps bentuk gelombang menjadi lebih renggang. Hal tersebut terjadi karena pola aliran yang melalui buritan dirubah arahnya oleh stern flaps.

4.5.1.2 Selisih Nilai Hambatan Barehull dengan Stern Flaps 1%Lpp 8°

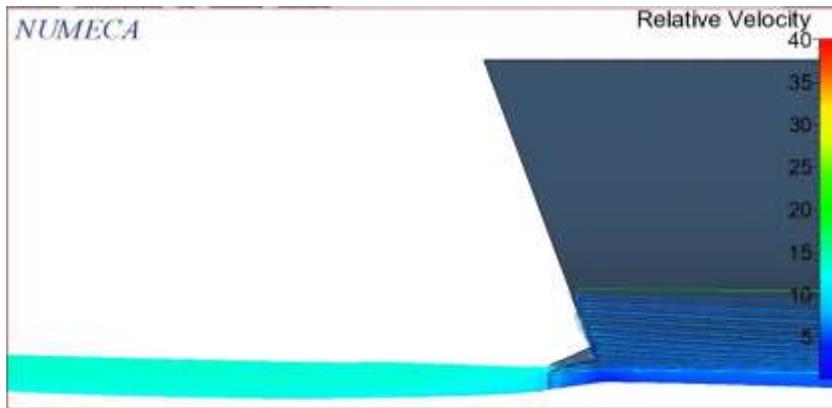
Hasil simulasi hambatan pada stern flaps dengan Panjang 1%Lpp dan sudut 8°, adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 6 Selisih Nilai Hambatan Barehull dengan Stern Flaps 1%Lpp 8°

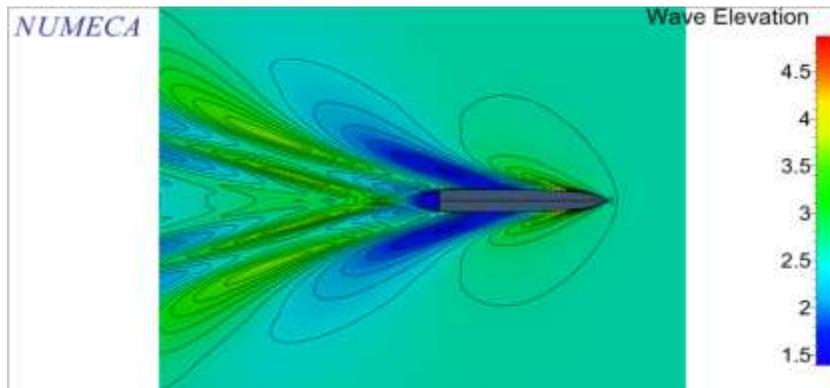
No	Speed	Froude Number	Hambatan		Selisih
			Bare hull	Stern Flap 1%LPP 8°	
	Knot		kN	kN	%
1	12	0.2658	62.88	63.46	-0.9%
2	16	0.3545	96.72	95.79	1.0%
3	20	0.4431	157.17	154.31	1.8%
4	24	0.5317	215.38	210.79	2.1%
5	28	0.6203	266.42	260.11	2.4%

Dari data hasil running tersebut maka dilakukan perhitungan selisih hambatan yang terjadi, maka nilai hambatan yang terjadi akibat adanya stern

flaps dengan Panjang $1\%L_{pp}$ dan sudut 8° mengalami penurunan yang signifikan, namun penurunan hambatan pada stern flaps ini tidak lebih baik dari sebelumnya, pada kecepatan 12 knot hambatan naik hingga 1 kN, ketika kecepatan 16 knot sampai 28 knot hambatan mulai menurun antara 1 kN sampai dengan 6,3 kN. Berikut adalah gambar hasil simulasi pola aliran dan tinggi gelombang ketika kapal cepat menggunakan stern flaps pada kecepatan 28 knot:



Gambar 4. 11 Pola aliran stern flaps, panjang $1\%L_{pp}$ dan sudut 8°



Gambar 4. 12 Bentuk gelombang stern flaps, panjang $1\%L_{pp}$ dan sudut 8°

Dari gambar tersebut, aliran yang melewati stern flap mengalami perubahan bentuk aliran dan kecepatan, aliran air yang pada model barehull memiliki pola aliran memusat pada buritan kapal. Setelah adanya stern flaps ini pola aliran menjadi memanjang dan arah aliran menjadi ke arah bawah seperti pada gambar. Walaupun pola aliran ke arah bawah, namun arah aliran tersebut lebih dalam dari pola aliran pada model stern flaps sudut 4° . Sehingga besar kemungkinan apabila kapal melaju dengan kecepatan rendah akan

mengalami tambahan hambatan. Pada bentuk gelombang yang terjadi juga terdapat perubahan dari bagian buritan yang tidak terdapat stern flaps. Bentuk gelombang stern divergent wave dan transvers wave juga mengalami perubahan. Dari sebelumnya yang mengalami kerapatan gelombang, setelah adanya bentuk stern flaps bentuk gelombang menjadi lebih renggang dan tinggi gelombang pada bagian stern flaps juga mendalam. Hal tersebut terjadi karena pola aliran yang melalui buritan dirubah arahnya oleh stern flaps.

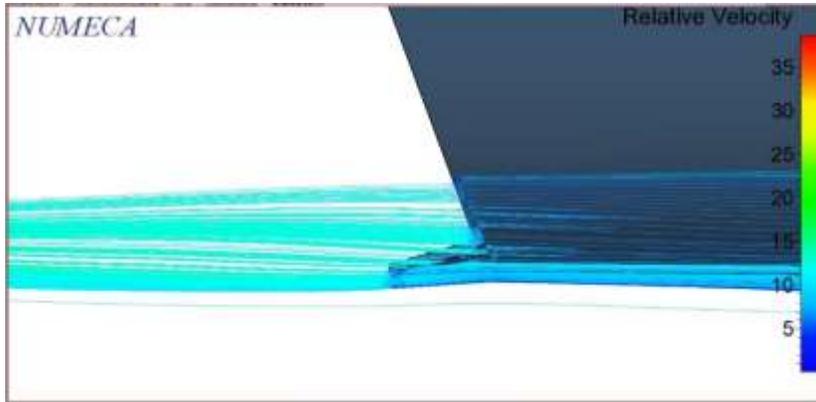
4.5.1.3 Selisih Nilai Hambatan Barehull dengan Stern Flaps 1,5%Lpp 4°

Hasil simulasi hambatan pada stern flaps dengan Panjang 1,5%Lpp dan sudut 4°, adalah sebagai berikut:

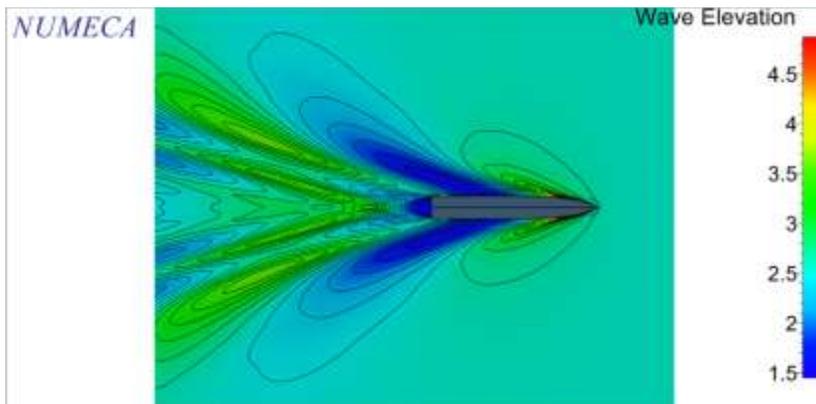
Tabel 4. 7 Selisih Nilai Hambatan Barehull dengan Stern Flaps 1,5%Lpp 4°

No	Speed	Froude Number	Hambatan		Selisih
	Knot		Bare hull	Stern Flap 1,5%LPP 4°	
			kN	kN	
1	12	0.2658	62.88	62.80	0.1%
2	16	0.3545	96.72	94.05	2.8%
3	20	0.4431	157.17	152.27	3.1%
4	24	0.5317	215.38	208.42	3.2%
5	28	0.6203	266.42	257.09	3.5%

Dari data hasil running tersebut maka dilakukan perhitungan selisih hambatan yang terjadi, maka nilai hambatan yang terjadi akibat adanya stern flaps dengan Panjang 1,5%Lpp dan sudut 4° mengalami penurunan yang signifikan, berkisar antara 0,08 kN pada kecepatan 12 knot hingga 9,33 kN pada 28 knot. Penurunan hambatan ini sangat baik, karena dari kecepatan 12 knot kapal sudah mengalami penurunan hambatan, hingga pada kecepatan 28 knot. Ini berarti bahwa akibat adanya stern flaps pada buritan kapal nilai hambatan akan ter-reduksi. Berikut adalah gambar hasil simulasi pola aliran dan tinggi gelombang yang terjadi ketika kapal cepat menggunakan stern flaps pada kecepatan 28 knot:



Gambar 4. 13 Pola aliran stern flaps, panjang $1,5\%L_{pp}$ dan sudut 4°



Gambar 4. 14 Bentuk gelombang stern flaps, panjang $1,5\%L_{pp}$ dan sudut 4°

Dengan penambahan bentuk stern pada kapal, stern flaps memang dapat menurunkan hambatan. Penurunan hambatan ini disebabkan oleh pertambahan Panjang pada bagian stern. Penambahan Panjang pada bagian stern atau lambung bagian belakang mengakibatkan bertambahnya daerah daya angkat. Penurunan gaya angkat terjadi pada bagian buritan yang tidak terdapat stern flap. Dengan adanya stern flaps maka gaya angkat pada bagian stern meningkat. Sehingga kapal mengalami penurunan sudut trim akibat gaya angkat yang disebabkan oleh stern flaps, serta terdapat perubahan pola aliran dan tinggi gelombang. Berarti bahwa dengan adanya stern flaps maka kapal akan mampu menurunkan hambatan dengan melakukan perubahan pola aliran dan bentuk gelombang, atau menurunkan hambatan akibat gelombang pada buritan kapal.

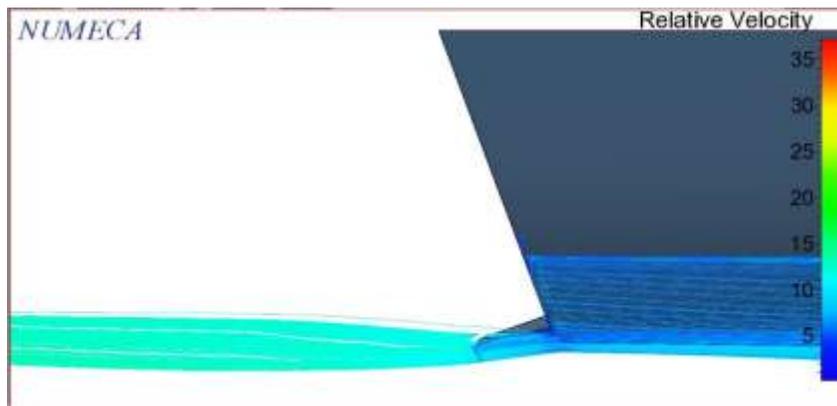
4.5.1.4 Selisih Nilai Hambatan Barehull dengan Stern Flaps 1,5%Lpp 8°

Hasil simulasi hambatan pada stern flaps dengan Panjang 1,5%Lpp dan sudut 8°, adalah sebagai berikut:

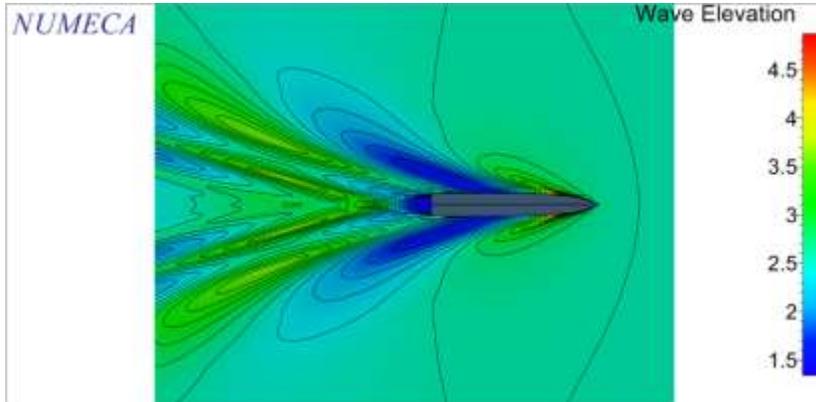
Tabel 4. 8 Selisih Nilai Hambatan Barehull dengan Stern Flaps 1,5%Lpp 8°

No	Speed Knot	Froude Number	Hambatan		Selisih %
			Bare hull kN	Stern Flap 1,5%LPP 4° kN	
1	12	0.2658	62.88	64.95	-3.3%
2	16	0.3545	96.72	96.91	-0.2%
3	20	0.4431	157.17	155.42	1.1%
4	24	0.5317	215.38	212.14	1.5%
5	28	0.6203	266.42	261.82	1.7%

Dari data hasil running tersebut maka dilakukan perhitungan selisih hambatan yang terjadi, maka nilai hambatan yang terjadi akibat adanya stern flaps dengan Panjang 1,5%Lpp dan sudut 8° mengalami penurunan, namun penurunan terjadi ketika di kecepatan tinggi. Penurunan tersebut berkisar antara 2,6 kN hingga 4,6 kN. Berikut adalah gambar hasil simulasi pola aliran dan tinggi gelombang yang terjadi ketika kapal cepat menggunakan stern flaps pada kecepatan 28 knot:



Gambar 4. 15 Pola aliran stern flaps, panjang 1,5%Lpp dan sudut 8°



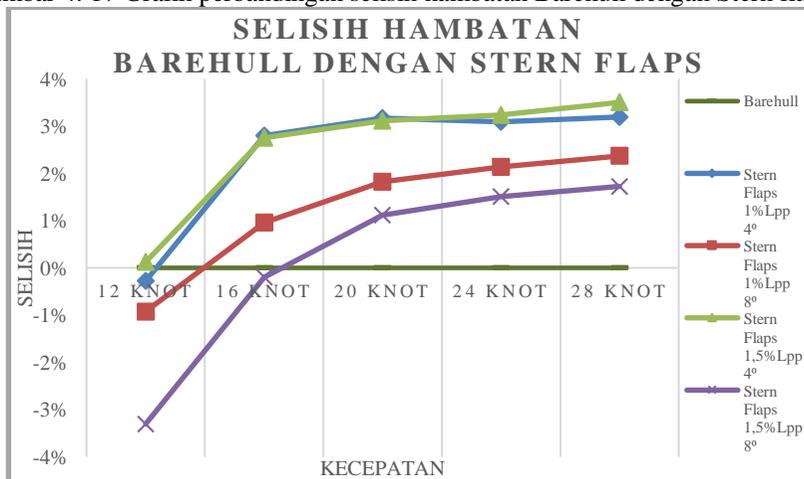
Gambar 4. 16 Bentuk gelombang stern flaps, panjang 1,5%Lpp dan sudut 8°

Akibat stern flaps yang memiliki sudut kedalam lebih tinggi mengakibatkan hambatan pada kecepatan rendah dan mereduksi hambatan pada kecepatan tinggi. Hal tersebut terbukti dari data hambatan yang telah di peroleh mengalami penurunan yang hanya sebatas 1,7%, dikarenakan perubahan pola aliran yang dalam. Panjang stern flaps dan sudut mempengaruhi pola aliran dan gaya angkat kapal. Pola aliran tersebut mengakibatkan gaya angkat pada bagian belakang yang tinggi dan pada bagian depan kapal terdapat gelombang yang cukup tinggi.

4.5.1.5 Selisih Nilai Hambatan dengan stern flaps paling optimum

Nilai hambatan yang terjadi akibat adanya penambahan stern flaps beberapa percobaan di atas dapat di bandingkan selisihnya dalam sebuah grafik. Berikut adalah grafik perbandingan seluruh model stern flaps.

Gambar 4. 17 Grafik perbandingan selisih hambatan Barehull dengan Stern flaps



Dari grafik di atas, dapat disimpulkan bahwa model stern yang dapat mereduksi hambatan paling optimum adalah model *Stern Flaps 1,5%Lpp dengan Sudut 4°*. Pada model tersebut hambatan dapat berkurang ketika kecepatan 12 knot hingga 28 knot. Ini berarti bahwa hambatan dapat berkurang dengan adanya penambahan panjang pada bagian buritan kapal dengan sudut yang tidak terlalu dalam. Apabila sudut terlalu dalam, maka sudut tersebut akan menjadi hambatan pada kapal, seperti yang terjadi pada model *Stern Flaps 1,5%Lpp dengan sudut 8°*.

4.5.2 Hasil Simulasi Hambatan *Barehull* dengan *Stern Wedge*

Hasil perhitungan selisih hambatan pada simulasi dengan software NUMECA yang pertama adalah selisih nilai hambatan pada model *barehull* dengan *Stern Wedge*.

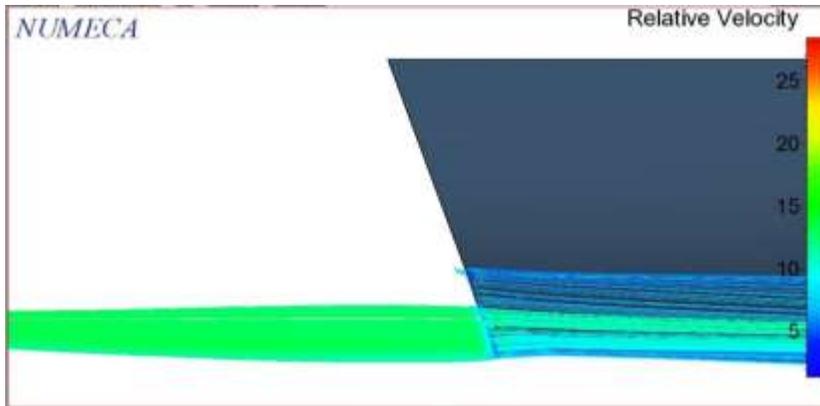
4.5.2.1 Selisih Nilai Hambatan *Barehull* dengan *Stern Wedge 1%Lpp 4°*

Hasil simulasi hambatan pada *stern wedge* dengan Panjang 1%Lpp dan sudut 4°, adalah sebagai berikut:

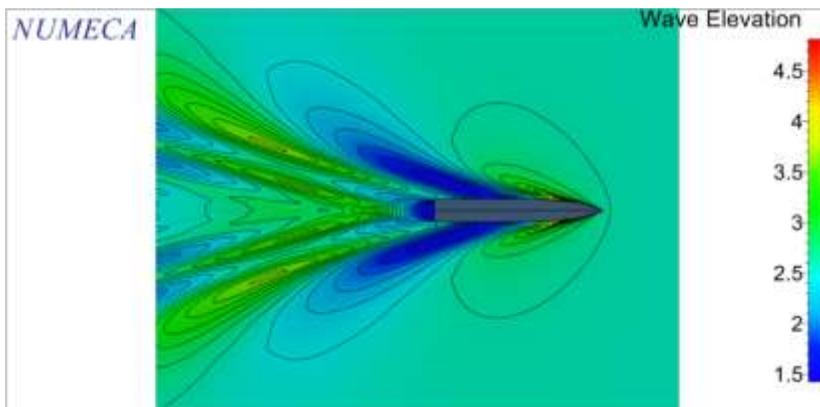
Tabel 4. 9 Selisih Nilai Hambatan *Barehull* dengan *Stern Wedge 1%Lpp 4°*

No	Speed	Froude Number	Hambatan		Selisih
	Knot		Barehull	Stern wedge 1%Lpp 4°	
			kN	kN	%
1	12	0.2658	62.88	64.99	-3.4%
2	16	0.3545	96.72	95.45	1.3%
3	20	0.4431	157.17	153.98	2.0%
4	24	0.5317	215.38	211.35	1.9%
5	28	0.6203	266.42	261.23	1.9%

Dari data hasil running tersebut maka dilakukan perhitungan selisih hambatan yang terjadi, maka nilai hambatan yang terjadi akibat adanya *stern wedge* dengan Panjang 1%Lpp dan sudut 4° mengalami kenaikan hambatan pada kecepatan 12 knot, yang semula hambatan 62,88 kN, ketika menggunakan *stern wedge* menjadi 64,99. Namun pada kecepatan 16 knot, hambatan mengalami penurunan 1%, dan hingga kecepatan 28 knot tercapai, hambatan yang berkurang hingga 5,2 kN. Berikut adalah gambar hasil simulasi pola aliran dan tinggi gelombang yang terjadi ketika kapal cepat menggunakan *stern wedge* pada kecepatan 28 knot:



Gambar 4. 18 Pola aliran stern wedge, panjang 1%Lpp dan sudut 4°



Gambar 4. 19 Bentuk gelombang stern wedge, panjang 1%Lpp dan sudut 4°

Dari gambar tersebut, aliran yang melewati stern wedge mengalami perubahan kecepatan, aliran air yang pada model barehull memiliki pola aliran memusar pada buritan kapal. Setelah adanya stern wedge ini pola aliran menjadi sedikit memanjang dan arah aliran menjadi ke arah bawah seperti pada gambar. Walaupun pola aliran ke arah bawah, namun arah aliran tetap terdapat aliran memusar pada bagian buritan. Sehingga besar kemungkinan apabila kapal melaju dengan kecepatan rendah mengalami tambahan hambatan. Pada bentuk gelombang terdapat perubahan dari bagian buritan yang tidak terdapat stern wedge. Bentuk gelombang stern divergent wave dan transvers wave juga mengalami perubahan. Dari sebelumnya yang mengalami kerapatan gelombang, setelah adanya stern wedge bentuk gelombang menjadi lebih renggang dan tinggi gelombang pada bagian stern wedge juga mendalam.

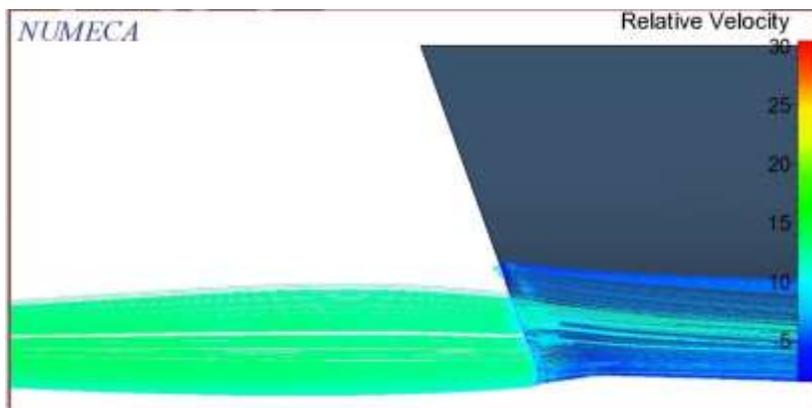
4.5.2.2 Selisih Nilai Hambatan Barehull dengan Stern Wedge 1%Lpp 8°

Hasil simulasi hambatan pada stern wedge dengan Panjang 1%Lpp dan sudut 8°, adalah sebagai berikut:

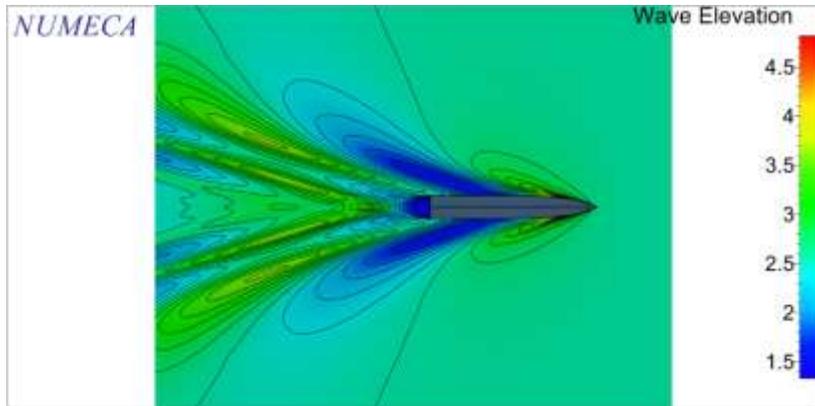
Tabel 4. 10 Selisih Nilai Hambatan Barehull dengan Stern Wedge 1%Lpp 8°

No	Speed	Froude Number	Hambatan		Selisih
	Knot		Bare hull	Stern wedge 1%Lpp 8°	
			kN	kN	%
1	12	0.2658	62.88	68.92	-9.6%
2	16	0.3545	96.72	98.32	-1.7%
3	20	0.4431	157.17	158.03	-0.5%
4	24	0.5317	215.38	214.76	0.3%
5	28	0.6203	266.42	266.06	0.1%

Dari data hasil running tersebut maka dilakukan perhitungan selisih hambatan yang terjadi, maka nilai hambatan yang terjadi akibat adanya stern wedge dengan Panjang 1%Lpp dan sudut 8° mengalami peningkatan hambatan, peningkatan tersebut terjadi dari kecepatan 12 knot hingga kecepatan 20 knot. Peningkatan hambatan terjadi hingga 6 kN atau 9,6 % dari hambatan kapal tanpa stern wedge. Berikut adalah gambar hasil simulasi pola aliran dan tinggi gelombang yang terjadi ketika kapal cepat menggunakan stern wedge pada kecepatan 28 knot:



Gambar 4. 20 Pola aliran stern wedge, panjang 1%Lpp dan sudut 8°



Gambar 4. 21 Bentuk gelombang stern wedge, panjang 1%Lpp dan sudut 8°

Aliran yang melewati stern wedge mengalami perubahan pola dan kecepatan, aliran air yang pada model barehull memiliki pola aliran memusar pada buritan kapal. Setelah adanya stern wedge ini pola aliran menjadi sedikit memanjang dan arah aliran menjadi lebih ke arah bawah seperti pada gambar. Dengan pola aliran seperti pada gambar, maka kapal akan mengalami tambahan hambatan pada kecepatan rendah hingga kecepatan dinas. Dikarenakan perubahan pola aliran yang terjadi terlalu awal dan perubahan tersebut akan mengakibatkan gaya angkat yang rendah. Pada bentuk gelombang yang terjadi juga terdapat perubahan dari bagian buritan yang tidak terdapat stern wedge.

4.5.2.3 Selisih Nilai Hambatan Barehull dengan Stern Wedge 1,5%Lpp 4°

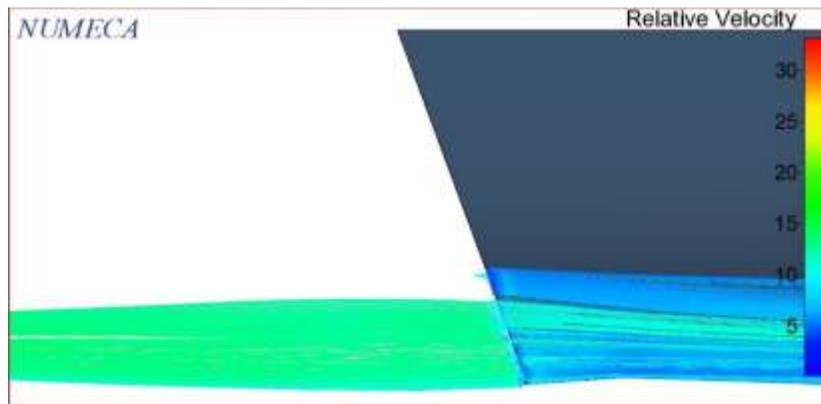
Hasil simulasi hambatan pada stern wedge dengan Panjang 1,5%Lpp dan sudut 4°, adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 11 Selisih Nilai Hambatan Barehull dengan Stern Wedge 1,5%Lpp 4°

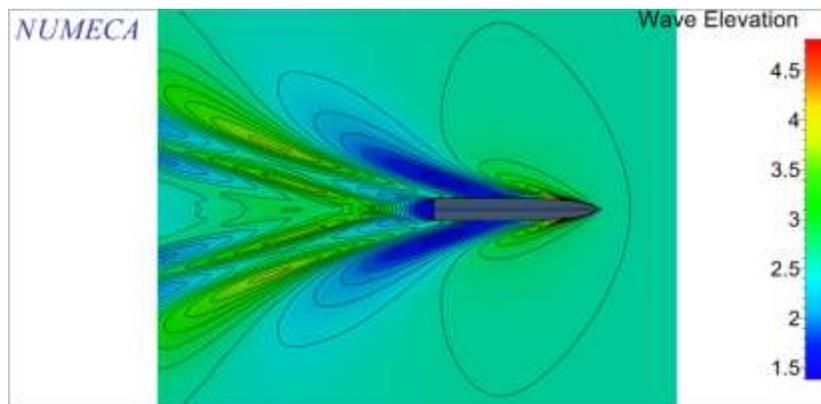
No	Speed	Froude Number	Hambatan		Selisih %
	Knot		Bare hull kN	Stern wedge 1,5%Lpp 4° kN	
1	12	0.2658	62.88	66.19	-5.3%
2	16	0.3545	96.72	96.55	0.2%
3	20	0.4431	157.17	155.67	1.0%
4	24	0.5317	215.38	212.46	1.4%
5	28	0.6203	266.42	262.60	1.4%

Dari data hasil running tersebut maka dilakukan perhitungan selisih hambatan yang terjadi, maka nilai hambatan yang terjadi akibat adanya stern wedge dengan Panjang 1,5%Lpp dan sudut 4° mengalami peningkatan

hambatan pada kecepatan 12 knot, peningkatan tersebut sebesar 3,31 kN atau 5,3% dari hambatan kapal tanpa stern wedge. Dan terjadi penurunan hambatan pada kecepatan 16 knot hingga 28 knot, penurunan hambatan tersebut sebesar 0,16 kN hingga 3,82 kN. Berikut adalah gambar hasil simulasi pola aliran dan tinggi gelombang yang terjadi ketika kapal cepat menggunakan stern wedge pada kecepatan 28 knot:



Gambar 4. 22 Pola aliran stern wedge, panjang $1,5\%L_{pp}$ dan sudut 4°



Gambar 4. 23 Bentuk gelombang stern wedge, panjang $1,5\%L_{pp}$ dan sudut 4°

Dengan adanya stern wedge pola aliran mengalami perubahan dan kecepatan, aliran air pada model barehull memiliki pola aliran memusar pada buritan kapal. Setelah adanya stern wedge ini pola aliran menjadi sedikit memanjang dan arah aliran menjadi ke arah bawah seperti pada gambar. Walaupun pola aliran ke arah bawah, namun arah aliran tetap terdapat aliran memusar pada bagian buritan. Sehingga besar kemungkinan apabila kapal melaju dengan kecepatan rendah akan mengalami tambahan hambatan. Pada bentuk gelombang yang terjadi juga terdapat perubahan dari bagian buritan

yang tidak terdapat stern wedge. Bentuk gelombang stern divergent wave dan transvers wave juga mengalami perubahan. Dari sebelumnya yang mengalami kerapatan gelombang, setelah adanya bentuk stern wedge bentuk gelombang menjadi lebih renggang dan tinggi gelombang pada bagian stern wedge juga mendalam.

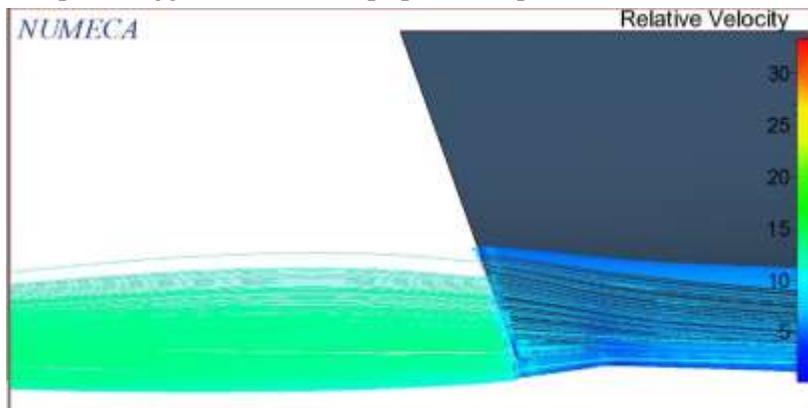
4.5.2.4 Selisih Nilai Hambatan Barehull dengan Stern Wedge 1,5%Lpp 8°

Hasil simulasi hambatan pada stern wedge dengan Panjang 1,5%Lpp dan sudut 8°, adalah sebagai berikut:

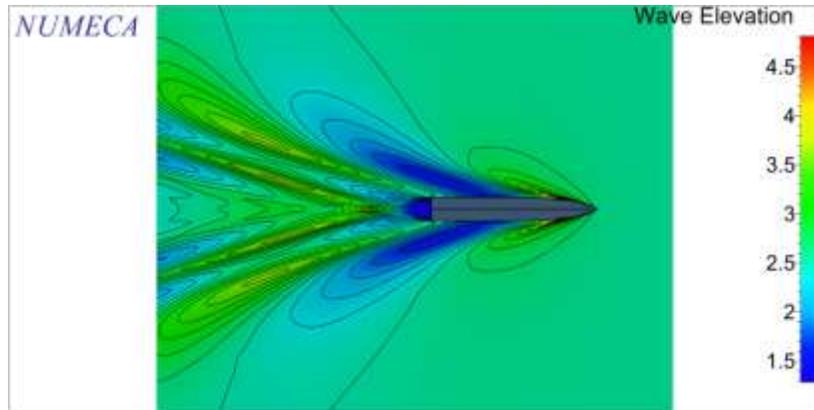
Tabel 4. 12 Selisih Nilai Hambatan Barehull dengan Stern wedge 1,5%Lpp 8°

No	Speed Knot	Froude Number	Hambatan		Selisih %
			Bare hull kN	Stern wedge 1,5%Lpp 8° kN	
1	12	0.2658	62.88	72.39	-15.1%
2	16	0.3545	96.72	101.69	-5.1%
3	20	0.4431	157.17	161.96	-3.1%
4	24	0.5317	215.38	219.52	-1.9%
5	28	0.6203	266.42	271.36	-1.9%

Dari data hasil running tersebut maka dilakukan perhitungan selisih hambatan yang terjadi, maka nilai hambatan yang terjadi akibat adanya stern flaps dengan Panjang 1,5%Lpp dan sudut 8° mengalami peningkatan yang signifikan, peningkatan tersebut hingga 9,5 kN pada kecepatan 12 knot. Peningkatan hambatan tersebut terjadi pada seluruh kecepatan. Berikut adalah gambar hasil simulasi pola aliran dan tinggi gelombang yang terjadi ketika kapal cepat menggunakan stern flaps pada kecepatan 28 knot:



Gambar 4. 24 Pola aliran stern wedge, panjang 1,5%Lpp dan sudut 8°



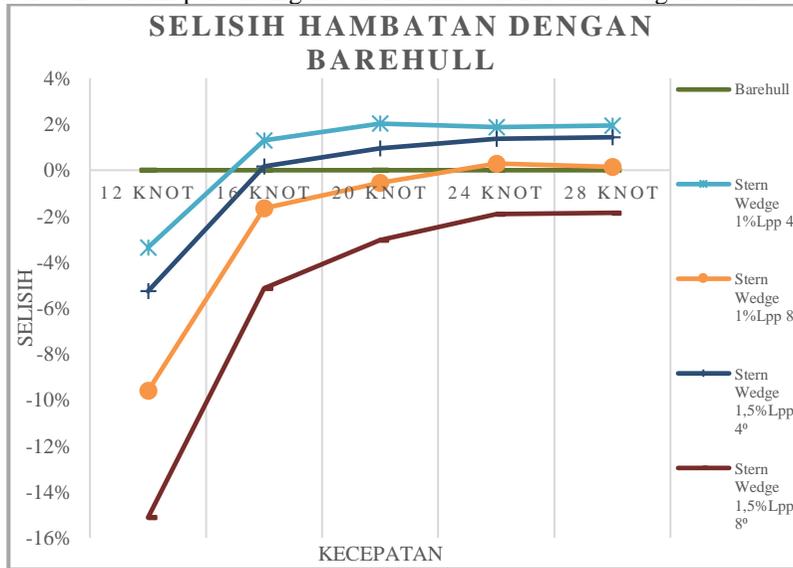
Gambar 4. 25 Bentuk gelombang stern wedge, panjang $1,5\%L_{pp}$ dan sudut 8°

Pola aliran dan kecepatan aliran pada kapal yang terdapat stern wedge mengalami perubahan, aliran air pada model barehull memiliki pola aliran memusar pada buritan kapal. Dengan adanya stern wedge pola aliran menjadi sedikit memanjang dan arah aliran tersebut lebih di arahkan ke dalam. Dari simulasi pola aliran terbukti bahwa stern wedge tipe ini mengakibatkan hambatan, karena panjang stern wedge terlalu panjang sehingga pola aliran yang terjadi mengakibatkan gaya angkat pada bagian buritan yang tinggi. Selain itu, bentuk gelombang yang terjadi juga mengakibatkan bow divergent wave. Bow divergent wave merupakan fenomena gelombang pada bagian haluan kapal, merupakan bagian dari hambatan gelombang.

4.5.2.5 Selisih Nilai Hambatan dengan Stern Wedge paling optimum

Nilai hambatan yang terjadi akibat adanya penambahan stern wedge beberapa percobaan di atas dapat di bandingkan selisihnya dalam sebuah grafik. Berikut adalah grafik perbandingan seluruh model stern wedge.

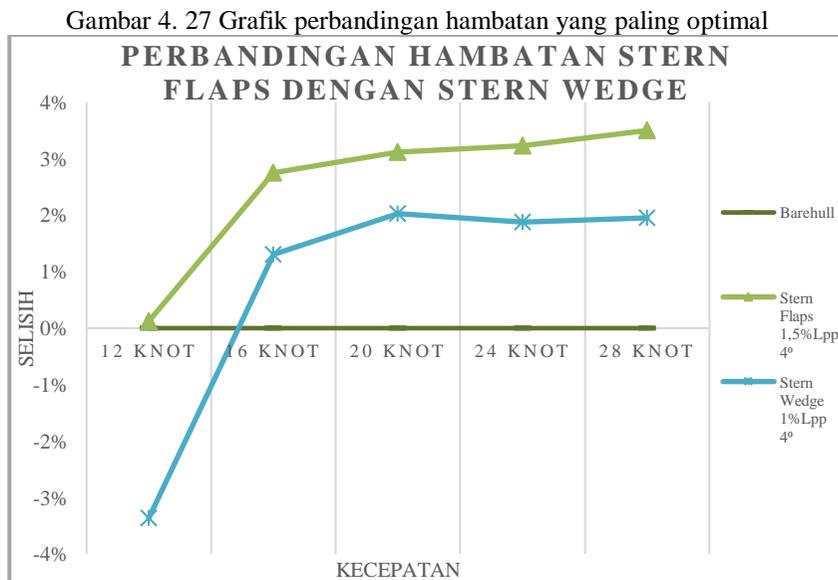
Gambar 4. 26 Grafik perbandingan selisih hambatan Barehull dengan Stern wedge



Dari grafik di atas, dapat di simpulkan bahwa model stern yang dapat mereduksi hambatan paling optimum adalah model *Stern wedge 1%Lpp dengan Sudut 4°*. Pada model tersebut hambatan dapat berkurang ketika kecepatan 16 knot hingga 28 knot. Ini berarti bahwa hambatan dapat berkurang dengan adanya perubahan bentuk pada bagian buritan kapal dengan sudut yang tidak terlalu dalam. Hal ini di sebabkan hilangnya eddy making resistance, atau pusaran air yang terjadi di bagian buritan. Namun pada model wedge, eddy making resistance akan hilang ketika kapal dengan kecepatan tinggi (> 20 knot). Aliran air yang terjadi pada buritan dengan model wedge mengakibatkan eddy making pada kecepatan rendah, karena aliran yang melalui buritan wedge di rubah arahnya sebelum waktunya. Sehingga apabila kapal dengan kecepatan rendah wedge tersebut tidak akan berpengaruh ketika wedge dengan sudut kecil atau bahkan akan menjadi hambatan tambahan apabila sudut terlalu besar, maka sudut tersebut akan menjadi hambatan pada kapal, seperti yang terjadi pada model *Stern Wedge 1,5%Lpp dengan suduut 8°*. Hal tersebut terbukti seperti simulasi yang telah dilakukan.

4.5.3 Perbandingan Nilai Hambatan yang paling Optimal

Perbandingan nilai hambatan yang paling optimal dalam mengurangi hambatan. Nilai hambatan yang optimal adalah nilai hambatan yang menurun secara signifikan dari kecepatan kecil hingga kecepatan maksimal. Namun dalam suatu penelitian, bukan tidak mungkin di temukan nilai paling optimal. Dan nilai tersebut akan di temui jika telah melakukan berulang kali penelitian. Dalam skripsi ini telah dilakukan penelitian dengan metode CFD dan di dapat hasil simulasi dari 9 model dengan 5 variasi kecepatan. Dari 9 model tersebut di seleksi 3 model yang mampu mengurangi hambatan secara optimal. Berikut adalah grafik perbandingan antara model barehull, stern flaps dengan dimensi 1,5%Lpp, Sudut chord 4°, dan stern wedge dengan dimensi 1%Lpp, sudut chord 4°.



Hasil simulasi hambatan yang paling optimal dari bentuk stern flaps adalah stern flaps dengan dimensi 1,5%Lpp dan Sudut chord 4°, dan stern wedge adalah stern wedge dengan dimensi 1%Lpp dan sudut chord 4°. Dari dua bentuk tersebut telah di dibandingkan, diketahui dari hasil simulasi dengan software numeca bahwa nilai hambatan yang banyak berkurang adalah ketika kapal menggunakan stern flaps. Ketika kapal menggunakan stern flaps hambatan yang berkurang adalah berkisar antara 0,08 kN pada kecepatan 12 knot hingga 9,33 kN pada 28 knot. Penurunan hambatan tersebut di akibatkan penambahan Panjang pada bagian buritan kapal dan perubahan arah pola aliran. Sehingga hambatan akan mejadi menurun, namun tidak semua tipe

stern flaps mampu menurunkan hambatan. Sehingga sebelum melakukan desain harus melakukan percobaan atau simulasi terlebih dahulu.

Sedangkan nilai hambatan yang terjadi akibat adanya stern wedge dengan Panjang 1%Lpp dan sudut 4° mengalami kenaikan hambatan pada kecepatan 12 knot, yang semula hambatan 62,88 kN, ketika menggunakan stern wedge menjadi 64,99. Namun pada kecepatan 16 knot, hambatan mengalami penurunan 1%, dan hingga kecepatan 28 knot tercapai, hambatan yang berkurang hingga 5,2 kN. Hal ini di sebabkan hilangnya eddy making resistance, atau pusaran air yang terjadi di bagian buritan. Namun pada model wedge, eddy making resistance akan hilang ketika kapal dengan kecepatan tinggi (> 20 knot). Aliran air yang terjadi pada buritan dengan model wedge mengakibatkan eddy making pada kecepatan rendah, karena aliran yang melalui buritan wedge di rubah arahnya sebelum waktunya. Sehingga apabila kapal dengan kecepatan rendah wedge tersebut tidak akan berpengaruh ketika wedge dengan sudut kecil atau bahkan akan menjadi hambatan tambahan apabila sudut terlalu besar, maka sudut tersebut akan menjadi hambatan pada kapal, seperti yang terjadi pada model *Stern Wedge 1,5%Lpp dengan suduut 8°*. Hal tersebut terbukti seperti simulasi yang telah dilakukan. Sehingga kapal cepat patrol lebih optimal ketika menggunakan stern flaps 1,5%Lpp dengan sudut 4°.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan pada kapal cepat patrol tentang perbedaan *Stern Flaps* dan *Stern Wedge*, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Adanya pengaruh hambatan kapal dengan *Stern Flaps*, bahwa dengan penambahan bentuk *Stern Flaps* maka nilai hambatan menjadi berkurang hingga 9,33 kN pada kecepatan 28 knot. Hal tersebut terjadi pada kapal dengan *Stern Flaps* 1,5%Lpp sudut 4°.
2. Adanya pengaruh terhadap hambatan kapal dengan penambahan *Stern Wedge*, bahwa adanya penambahan bentuk *Stern Wedge* nilai hambatan menjadi berkurang hingga 5,19 kN pada kecepatan 28 knot. Hal tersebut terjadi pada kapal dengan *Stern Wedge* 1%Lpp sudut 4°. Namun pada *Stern Wedge* pengurangan tersebut kurang baik, karena jika kapal menggunakan *Stern Wedge* penurunan nilai hambatan tidak terjadi ketika kapal melaju dengan kecepatan rendah.
3. Dari hasil simulasi hambatan tersebut di peroleh data yang menunjukkan bahwa penurunan hambatan paling baik pada kapal dengan *Stern Flaps* 1,5%Lpp sudut 4°. Penurunan terjadi pada kecepatan rendah hingga tinggi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa bentuk *Stern* yang paling baik digunakan adalah *Stern Flaps* 1,5%Lpp sudut 4°.
4. Hasil simulasi menunjukkan bahwa perubahan bentuk buritan mampu merubah pola aliran air di sekitar buritan kapal. Namun tidak semua bentuk buritan *Stern Flaps* dan *Stern Wedge* mampu mengurangi hambatan kapal.

5.2 Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, tidak akan lepas dari kesalahan - kesalahan, oleh karena itu ada beberapa saran untuk penelitian ini:

1. *Stern Flaps* dan *Stern Wedge* yang telah di desain tidak mempertimbangkan konstruksi, sehingga untuk penelitian selanjutnya dilakukan penelitian terhadap konstruksi.
2. Perlu dilakukan lebih lanjut mengenai pengaruh terhadap gaya angkat yang dihasilkan dari perubahan bentuk buritan. Dengan memasukkan input data gelombang (*Unsteady*).
3. Perlu di lakukan kombinasi bentuk *Stern Flaps* dengan *Stern Wedge*.

“Halaman sengaja dikosongkan”

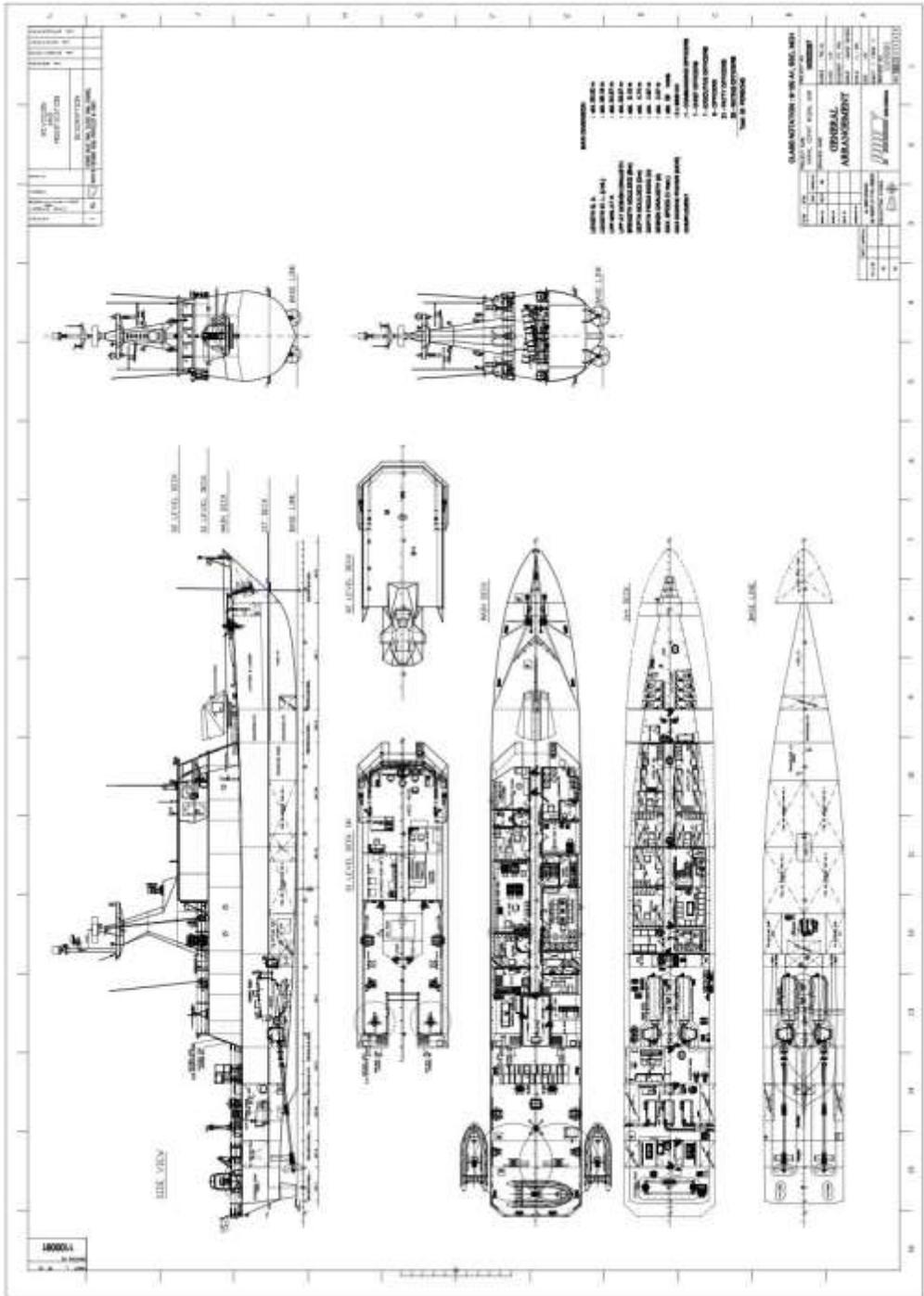
DAFTAR PUSTAKA

- [1.] Ahmad,F. 2009. *Computational Fluid Dynamic (CFD)*. (Diakses Agustus 2017). fauzanahmad.wordpress.com.
- [2.] Al Akbar S, Bondan. 2017. Perencanaan Sistem Penggerak Kapal Katamaran dengan Variasi Jarak Demihull sebagai Kapal Rumah Sakit. Fakultas Teknologi Kelautan-ITS, Surabaya.
- [3.] Bojovic, Predrag and Sahoo, Prasanta K., *Effect of Stern Wedge and Advanced Spray Rail System on Calm Water Resistance of High-Speed Displacement Hull Forms*, ABS Americas, Australian Maritime College.
- [4.] Bunari B. Muhammad. 2013.Studi Perbandingan Perencanaan Kapal Katamaran dan Monohull Sebagai kapal Riset di Perairan Bengkalis Riau. Fakultas Teknologi Kelautan-ITS, Surabaya.
- [5.] Hanjian, Edwin C. 2002. Design Of Working Model Hovercraft. Faculty Of Manufacturing Engineering-Universiti Malaysia Pahang. Malaysia.
- [6.] Harvald, Sv. Aa. (1992), Tahanan dan Propulsi Kapal, Terjemahan Indonesia oleh : Sutomo Jusuf., Airlangga University Press, Surabaya.
- [7.] KARAFIATH, G., 1997. Stern Wedges and Stern Flaps for Improved Powering. Office Of Naval Research Department Of The Navy.
- [8.] Maulana, Aktivano. 2017. Analisa Penambahan Stern Flap pada Kapal Hull Planing Chine Axe Bow Pengaruhnya Terhadap Tahanan Kapal. Fakultas Teknologi Kelautan-ITS, Surabaya.
- [9.] Mc Kesson, Chris B. 2009. The Practical Design of Advanced Marine Vehicles. College of Engineering University of New Orleans.
- [10.]Numeca International [2014], Numeca Fine Open Manual Book, Belgium.
- [11.]Sid'qon, Habibie. 2015. Kajian Bentuk Stern Hull Kapal Shallow Draft Untuk Meningkatkan Performance Kapal. Fakultas Teknologi Kelautan-ITS, Surabaya.
- [12.]Shiju John, MD Kareem Khan, dkk, Hydrodynamic Performance Enhancement Using Stern Wedges, SF And Interceptors.
- [13.]Wonggiawan, Febry. 2015. Studi Perancangan Hidrofoil Kapal Penumpang untuk Perairan Kepulauan Seribu. Fakultas Teknik-Universitas Diponegoro. Semarang.
- [14.]Website : <https://www.pal.co.id/publikasi/news/875?lang=ina>, Diakses pada 3 Maret 2018.

“Halaman sengaja dikosongkan”

“Halaman sengaja dikosongkan”

Lampiran 2 Data General Arrangement



“Halaman sengaja dikosongkan”

Lampiran 3 Hasil Simulasi Hambatan Barehull (Maxsurf)

Tabel Data Utama Kapal Cepat Patrol

No	Item	Value	Units	Savitsky Preplaning	Savitsky Planing
1.	LWL	55.1	m	55.1	55.1
2.	Beam	8.4	m	8.4	8.4
3.	Draft	2.51	m	--	--
4.	Displaced volume	528.182	m ³	528.182	528.182
5.	Wetted area	455.997	m ²	455.997	--
6.	Prismatic coeff. (Cp)	0.689		--	--
7.	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.832		--	--
8.	1/2 angle of entrance	12.9	deg.	12.9	--
9.	LCG from midships	-3.066	m	--	-3.066
10.	Transom area	0	m ²	0	--
11.	Transom wl beam	0	m	--	--
12.	Transom draft	0	m	--	--
13.	Max sectional area	13.816	m ²	13.816	--
14.	Bulb transverse area	0.001	m ²	--	--
15.	Bulb height from keel	0	m	--	--
16.	Draft at FP	2.57	m	--	--
17.	Deadrise at 50% LWL	17	deg.	--	17
18.	Hard chine or Round bilge	Round bilge		--	--
19.	Frontal Area	0	m ²		
20.	Headwind	0	kn		
21.	Drag Coefficient	0			
22.	Air density	0.001	tonne/m ³		
23.	Appendage Area	0	m ²		
24.	Nominal App. length	0	m		
25.	Appendage Factor	1			
26.	Correlation allow.	0.0004			Var speed
27.	Kinematic viscosity	1.1883E-06	m ² /s		
28.	Water Density	1.025	tonne/m ³		

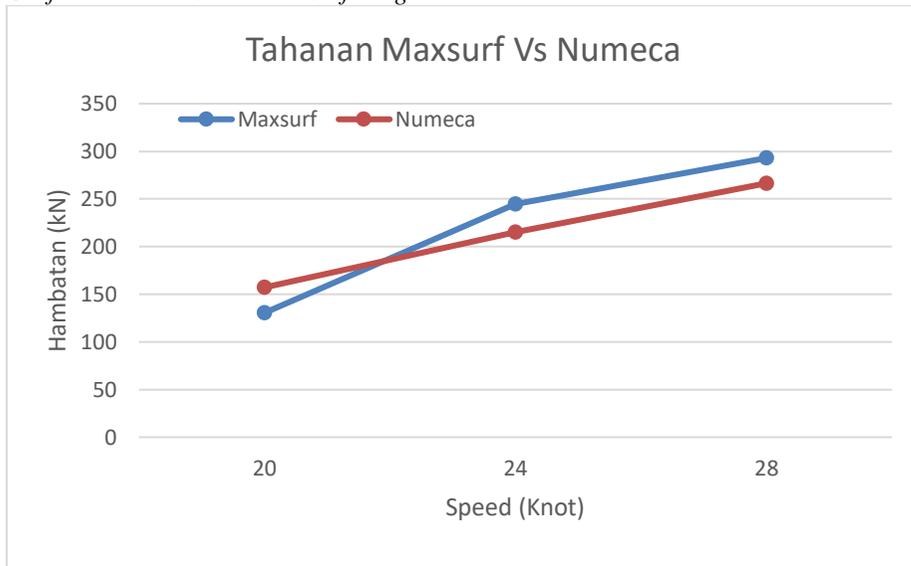
Tabel Nilai Hambatan

No	Speed (Knot)	Fn (Lwl)	Fn (Vol)	Savitsky Preplaning (Kn)	Savitsky Planning (Kn)
1.	12	0.263	0.693	--	--
2.	14	0.307	0.809	--	--
3.	16	0.351	0.924	--	--
4.	18	0.395	1.04	78.1	196.1
5.	20	0.439	1.156	130.5	210
6.	22	0.483	1.271	196.7	225
7.	24	0.527	1.387	244.4	241
8.	26	0.571	1.502	266.6	258
9.	28	0.615	1.618	292.9	275.8

Tabel Perbandingan Nilai Hambatan Maxsurf dengan Numeca FineMarine

No.	Speed (Knot)	Savitsky Preplanning (Kn)	NUMECA FINE Marine (kN)
1.	12	-	62.88
2.	16	-	96.72
3.	20	130.5	157.17
4.	24	244.4	215.38
5.	28	292.9	266.42

Grafik Nilai Hambatan Maxsurf dengan Numeca FineMarine



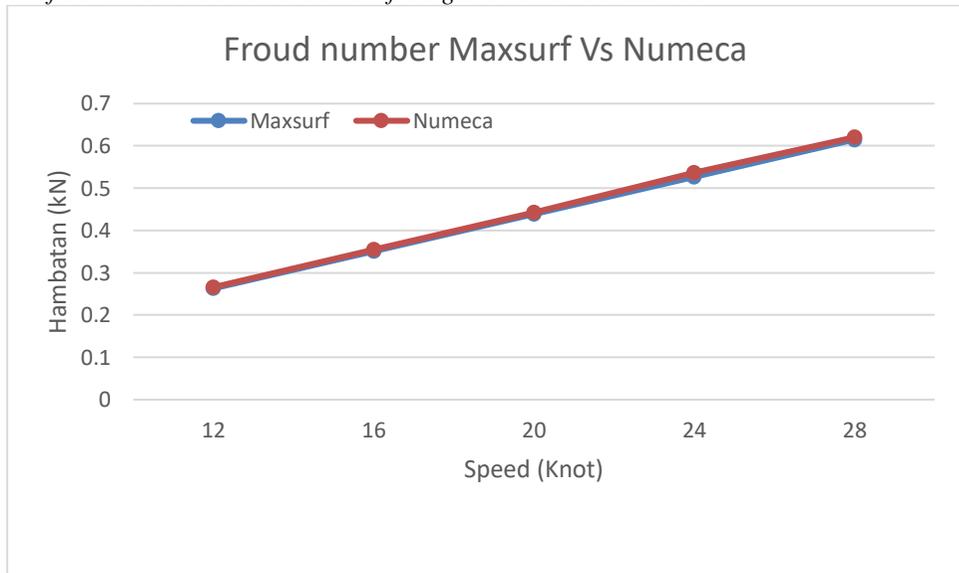
Tabel Selisih hambatan Maxsurf dengan Numeca FineMarine

Speed (Kn)	Savitsky Preplaning Resist. (kN)	Savitsky Planing Resist. (kN)	NUMECA FINE Marine (kN)	Selisih Numeca dengan Maxsurf
28	292.9	275.8	266.42	9%

Tabel Perbandingan Nilai Froud Number Maxsurf dengan Numeca FineMarine

No.	Speed (Knot)	Fn Maxsurf	Fn Numeca
1.	12	-	62.88
2.	16	0.263	0.266
3.	20	0.351	0.355
4.	24	0.439	0.443
5.	28	0.527	0.537

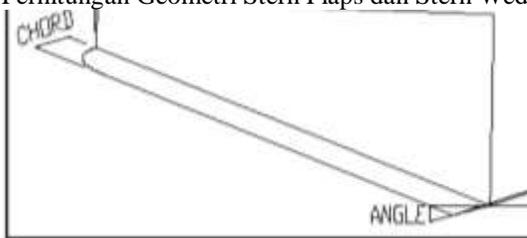
Grafik Nilai Froud Number Maxsurf dengan Numeca FineMarine



Tabel Selisih Froud Number Maxsurf dengan Numeca FineMarine

Speed (Kn)	Froude Number (Maxsurf)	Froude Number (Numeca)	Selisih Numeca - Maxsurf
12	0.263	0.266	-1.06%
16	0.351	0.355	-1.00%
20	0.439	0.443	-0.93%
24	0.527	0.537	-1.92%
28	0.615	0.620	-0.86%

Perhitungan Geometri Stern Flaps dan Stern Wedge



Tabel Dimensi Stern Flaps dan Stern Wedge

Dimension Of Stern Flaps				
No.	LPP	Sudut	Panjang	Lebar
1.	54.97	4	0.5497	100%
2.	54.97		0.82455	100%
3.	54.97	8	0.5497	100%
4.	54.97		0.82455	100%
Dimension Of Stern Wedge				
No.	LPP	Sudut	Panjang	Lebar
1.	54.97	4	0.5497	100%
2.	54.97		0.82455	100%
3.	54.97	8	0.5497	100%
4.	54.97		0.82455	100%

Lampiran 4 Hasil Meshing NUMECA Fine Marine
Hasil validasi elemen meshing (Barehull)

No	Model	nb of Cells	nb of Vertices	
1	Percobaan 1	1506741	1602597	
2	Percobaan 2	1611126	1711906	
3	Percobaan 3	1688713	1781246	√
4	Percobaan 4	1686065	1792159	
5	Percobaan 5	1732947	1827855	

Hasil validasi elemen meshing (Barehull dengan stern flaps 1% Lpp sudut 4°)

No	Model	nb of Cells	nb of Vertices	
1	Percobaan 1	1869435	1985361	
2	Percobaan 2	1874201	1991243	√
3	Percobaan 3	1896966	2014204	
4	Percobaan 4	1909225	2027016	
5	Percobaan 5	1957466	2078907	

Hasil validasi elemen meshing (Barehull dengan stern flaps 1% Lpp sudut 8°)

No	Model	nb of Cells	nb of Vertices	
1	Percobaan 1	1850074	1965388	
2	Percobaan 2	1882738	2000123	√
3	Percobaan 3	1880073	1996388	
4	Percobaan 4	1917201	2036051	
5	Percobaan 5	1964500	2086139	

Hasil validasi elemen meshing (Barehull dengan stern flaps 1,5% Lpp sudut 4°)

No	Model	nb of Cells	nb of Vertices	
1	Percobaan 1	1804744	1917065	
2	Percobaan 2	1852851	1968480	
3	Percobaan 3	1883819	2000348	
4	Percobaan 4	1886789	2004392	√
5	Percobaan 5	1921161	2040228	

Hasil validasi elemen meshing (Barehull dengan stern flaps 1,5% Lpp sudut 8°)

No	Model	nb of Cells	nb of Vertices	
1	Percobaan 1	1805340	1917730	
2	Percobaan 2	1853480	1969146	
3	Percobaan 3	1884337	2000900	
4	Percobaan 4	1887162	2004794	√
5	Percobaan 5	1911921	2029818	

Hasil validasi elemen meshing (Barehull dengan stern wedge 1% Lpp sudut 4°)

No	Model	nb of Cells	nb of Vertices	
1	Percobaan 1	1507025	1601812	
2	Percobaan 2	1695464	1788976	
3	Percobaan 3	1700239	1793425	√
4	Percobaan 4	1712302	1806245	
5	Percobaan 5	1733156	1828067	

Hasil validasi elemen meshing (Barehull dengan stern wedge 1% Lpp sudut 8°)

No	Model	nb of Cells	nb of Vertices	
1	Percobaan 1	1622227	1724972	
2	Percobaan 2	1687045	1793186	
3	Percobaan 3	1689216	1781766	√
4	Percobaan 4	1703806	1811402	
5	Percobaan 5	1720945	1824371	

Hasil validasi elemen meshing (Barehull dengan stern wedge 1,5% Lpp sudut 4°)

No	Model	nb of Cells	nb of Vertices	
1	Percobaan 1	1589174	1681732	
2	Percobaan 2	1681421	1787595	
3	Percobaan 3	1689317	1781869	√
4	Percobaan 4	1700572	1806355	
5	Percobaan 5	1743201	1852112	

Hasil validasi elemen meshing (Barehull dengan stern wedge 1,5% Lpp sudut 8°)

No	Model	nb of Cells	nb of Vertices
1	Percobaan 1	1622539	1725293
2	Percobaan 2	1700409	1793604
3	Percobaan 3	1700946	1806737
4	Percobaan 4	1703306	1810869
5	Percobaan 5	1718930	1826434

√

“Halaman sengaja dikosongkan”

Lampiran 5 Hasil Simulasi Hambatan Barehull & Model (Numecca FineMarine)

Tabel Nilai Hambatan Numecca FineMarine

1. Simulation with		V = 6.17328 m/s = 12 knot		Fn = 0.2658 Step = 500				
No	Item	Nb of Cells	Wet surface area (m ²)	Wet surface area (m ²) full	Fx (N)	Fx (N) full	Difference (kN)	%
1	Barehull	1599861.0	231.94	463.88	31.44	62.88	0.00	0.0%
2	Stern flaps 1%Lpp 4°	1874201.0	230.56	461.11	31.53	63.05	-0.17	-0.3%
3	Stern flaps 1%Lpp 8°	1886789.0	231.50	463.01	31.73	63.46	-0.58	-0.9%
4	Stern flaps 1,5%Lpp 4°	1882738.0	232.74	465.48	31.40	62.80	0.08	0.1%
5	Stern flaps 1,5%Lpp 8°	1887162.0	232.39	464.78	32.48	64.95	-2.08	-3.3%
6	Stern wedge 1%Lpp 4°	1700239.0	229.10	458.19	32.50	64.99	-2.11	-3.4%
7	Stern wedge 1%Lpp 8°	1689317.0	229.21	458.41	34.46	68.92	-6.04	-9.6%
8	Stern wedge 1,5%Lpp 4°	1689216.0	229.09	458.18	33.10	66.19	-3.31	-5.3%
9	Stern wedge 1,5%Lpp 8°	1700409.0	229.38	458.75	36.19	72.39	-9.51	-15.1%

2. Simulation with		V = 8.23104 m/s = 16 knot		Fn = 0.3454 Step = 500				
No	Item	Nb of Cells	Wet surface area (m ²)	Wet surface area (m ²) full	Fx (N)	Fx (N) full	Difference (kN)	%
1	Barehull	1599861.0	231.72	463.44	48.36	96.72	0.00	0.0%
2	Stern flaps 1%Lpp 4°	1874201.0	229.43	458.85	47.01	94.01	2.70	2.8%
3	Stern flaps 1%Lpp 8°	1886789.0	230.26	460.52	47.90	95.79	0.92	1.0%
4	Stern flaps 1,5%Lpp 4°	1882738.0	231.30	462.59	47.03	94.05	2.66	2.8%
5	Stern flaps 1,5%Lpp 8°	1887162.0	231.30	462.61	48.45	96.91	-0.19	-0.2%
6	Stern wedge 1%Lpp 4°	1700239.0	228.56	457.13	47.73	95.45	1.26	1.3%
7	Stern wedge 1%Lpp 8°	1689317.0	228.67	457.34	49.16	98.32	-1.60	-1.7%
8	Stern wedge 1,5%Lpp 4°	1689216.0	228.79	457.58	48.28	96.55	0.16	0.2%
9	Stern wedge 1,5%Lpp 8°	1700409.0	228.98	457.95	50.85	101.69	-4.98	-5.1%

3. Simulation with		V = 10.2888 m/s		Fn = 0.4431				
		= 20 knot		Step = 500				
No	Item	Nb of Cells	Wet surface area (m ²)	Wet surface area (m ²) full	Fx (N)	Fx (N) full	Difference (kN)	%
1	Barehull	1599861.0	229.29	458.58	78.58	157.17	0.00	0.0%
2	Stern flaps 1%Lpp 4°	1874201.0	228.76	457.52	76.09	152.18	4.99	3.2%
3	Stern flaps 1%Lpp 8°	1886789.0	229.89	459.78	77.15	154.31	2.86	1.8%
4	Stern flaps 1,5%Lpp 4°	1882738.0	230.69	461.38	76.14	152.27	4.90	3.1%
5	Stern flaps 1,5%Lpp 8°	1887162.0	230.96	461.91	77.71	155.42	1.75	1.1%
6	Stern wedge 1%Lpp 4°	1700239.0	225.48	450.95	76.99	153.98	3.19	2.0%
7	Stern wedge 1%Lpp 8°	1689317.0	225.95	451.90	79.02	158.03	-0.86	-0.5%
8	Stern wedge 1,5%Lpp 4°	1689216.0	226.16	452.31	77.84	155.67	1.50	1.0%
9	Stern wedge 1,5%Lpp 8°	1700409.0	226.22	452.43	80.98	161.96	-4.79	-3.1%

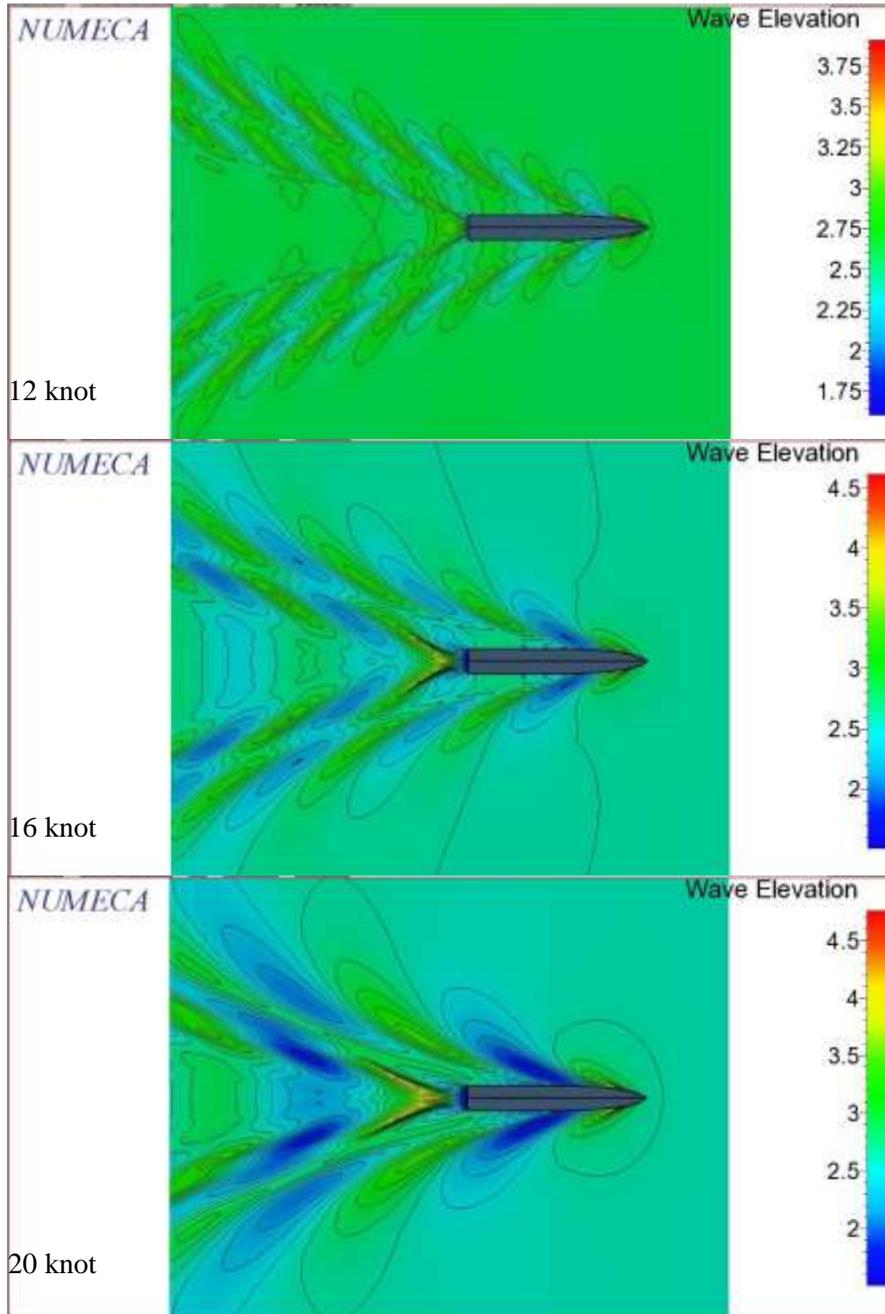
4. Simulation with		V = 12.34656 m/s		Fn = 0.5317				
		= 24 knot		Step = 500				
No	Item	Nb of Cells	Wet surface area (m ²)	Wet surface area (m ²) full	Fx (N)	Fx (N) full	Difference (kN)	%
1	Barehull	1599861.0	227.46	454.92	107.69	215.38	0.00	0.0%
2	Stern flaps 1%Lpp 4°	1874201.0	228.20	456.39	104.36	208.72	6.66	3.1%
3	Stern flaps 1%Lpp 8°	1886789.0	228.96	457.92	105.40	210.79	4.59	2.1%
4	Stern flaps 1,5%Lpp 4°	1882738.0	229.59	459.18	104.21	208.42	6.96	3.2%
5	Stern flaps 1,5%Lpp 8°	1887162.0	229.99	459.97	106.07	212.14	3.24	1.5%
6	Stern wedge 1%Lpp 4°	1700239.0	224.65	449.31	105.67	211.35	4.04	1.9%
7	Stern wedge 1%Lpp 8°	1689317.0	224.79	449.58	107.38	214.76	0.62	0.3%
8	Stern wedge 1,5%Lpp 4°	1689216.0	224.96	449.91	106.23	212.46	2.92	1.4%
9	Stern wedge 1,5%Lpp 8°	1700409.0	225.35	450.69	109.76	219.52	-4.13	-1.9%

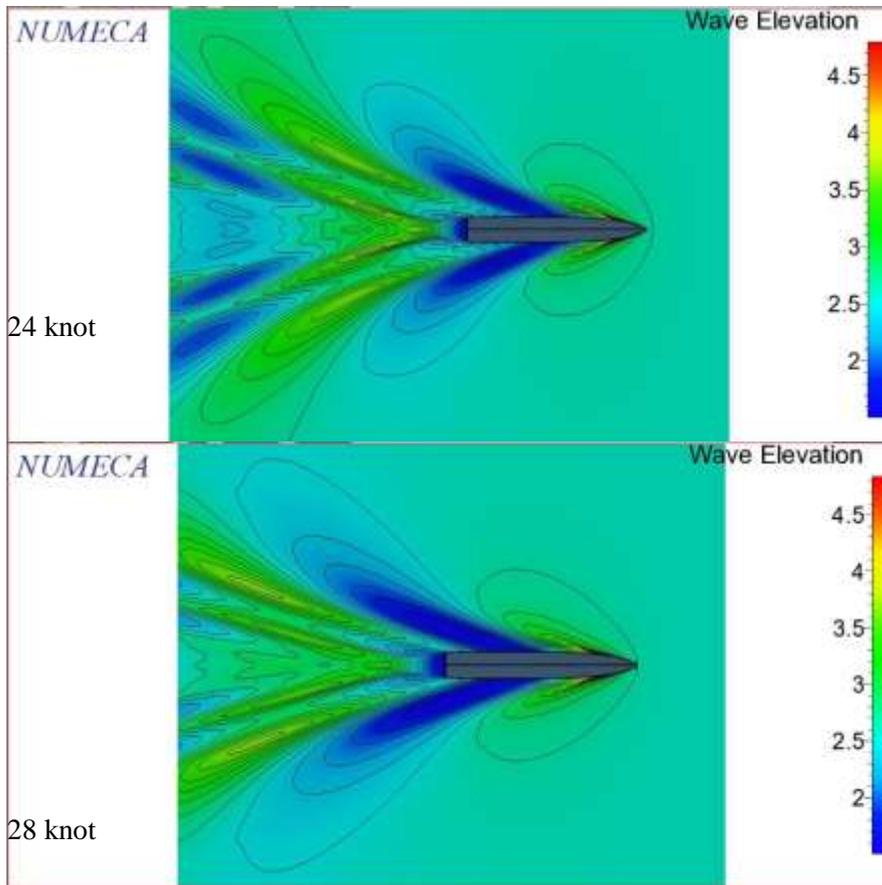
5. Simulation with			V = 14.40432 m/s = 28 knot		Fn = 0.6203 Step = 500			
No	Item	Nb of Cells	Wet surface area (m ²)	Wet surface area (m ²) full	Fx (N)	Fx (N) full	Difference (kN)	%
1	Barehull	1599861.0	231.38	462.75	133.21	266.42	0.00	0.0%
2	Stern flaps 1%Lpp 4°	1874201.0	232.85	465.70	128.96	257.92	8.50	3.2%
3	Stern flaps 1%Lpp 8°	1886789.0	233.86	467.72	130.06	260.11	6.30	2.4%
4	Stern flaps 1,5%Lpp 4°	1882738.0	234.28	468.55	128.55	257.09	9.33	3.5%
5	Stern flaps 1,5%Lpp 8°	1887162.0	234.65	469.31	130.91	261.82	4.59	1.7%
6	Stern wedge 1%Lpp 4°	1700239.0	231.23	462.46	130.61	261.23	5.19	1.9%
7	Stern wedge 1%Lpp 8°	1689317.0	231.47	462.94	133.03	266.06	0.36	0.1%
8	Stern wedge 1,5%Lpp 4°	1689216.0	231.18	462.35	131.30	262.60	3.82	1.4%
9	Stern wedge 1,5%Lpp 8°	1700409.0	232.16	464.31	135.68	271.36	-4.94	-1.9%

“Halaman sengaja dikosongkan”

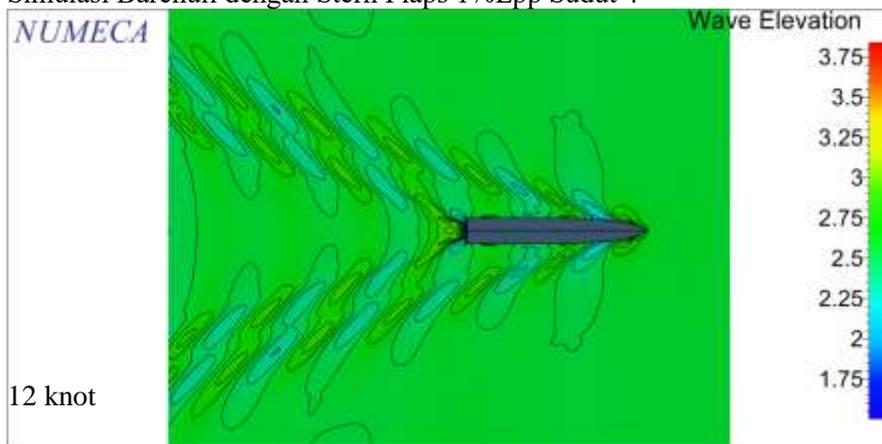
Lampiran 6 Hasil Simulasi Gelombang Barehull & Model (Numeca FineMarine)

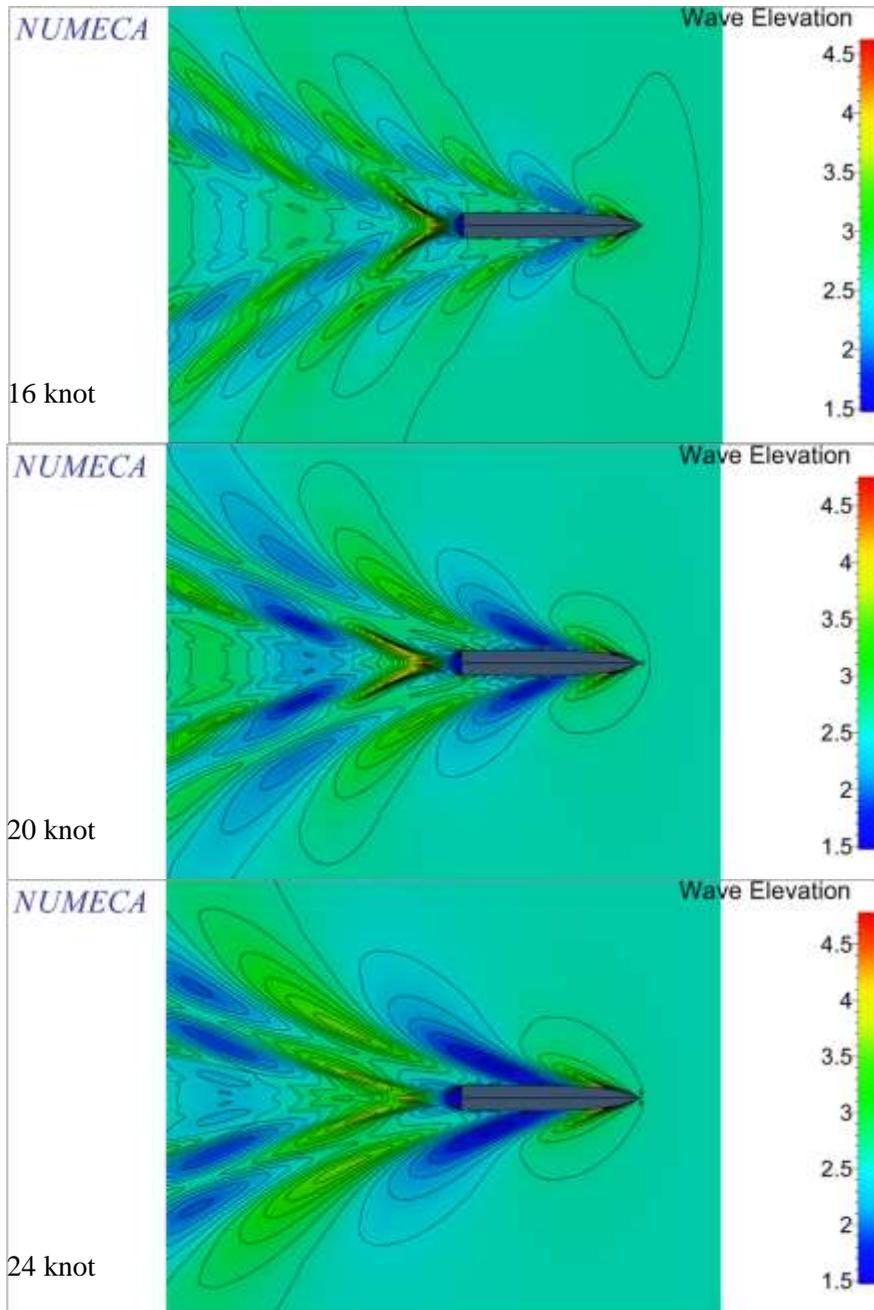
- Simulasi Barehull

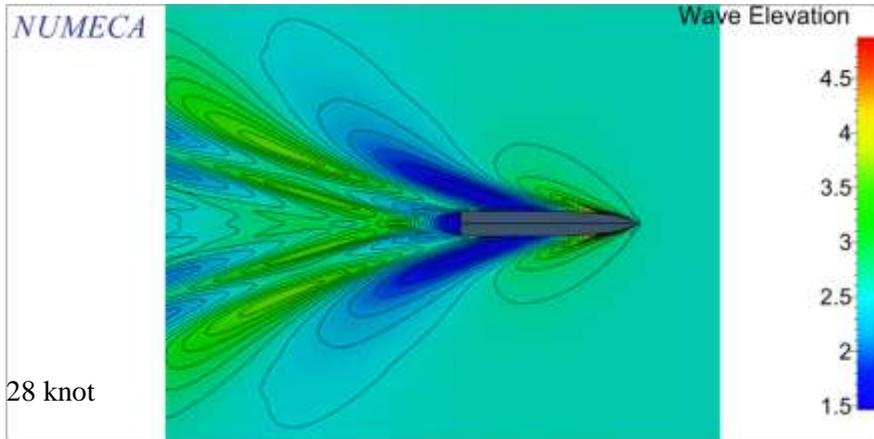




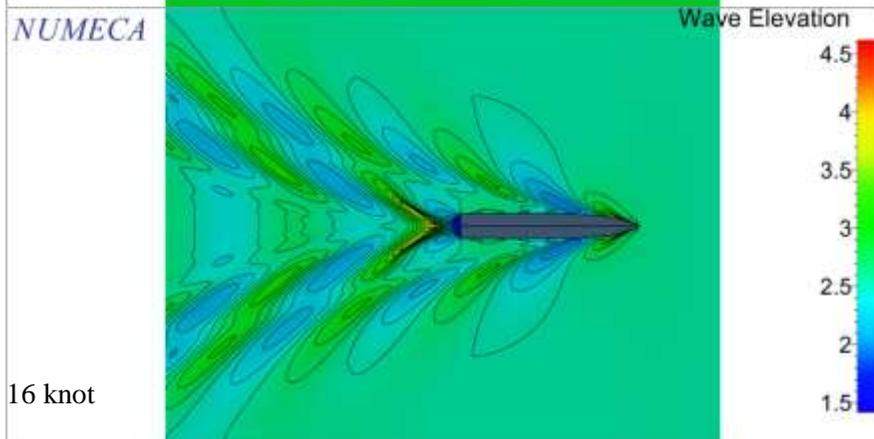
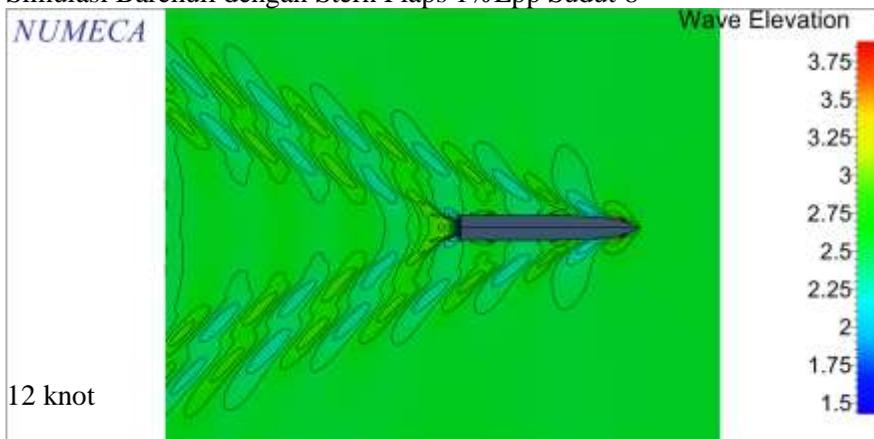
- Simulasi Barehull dengan Stern Flaps 1%Lpp Sudut 4°

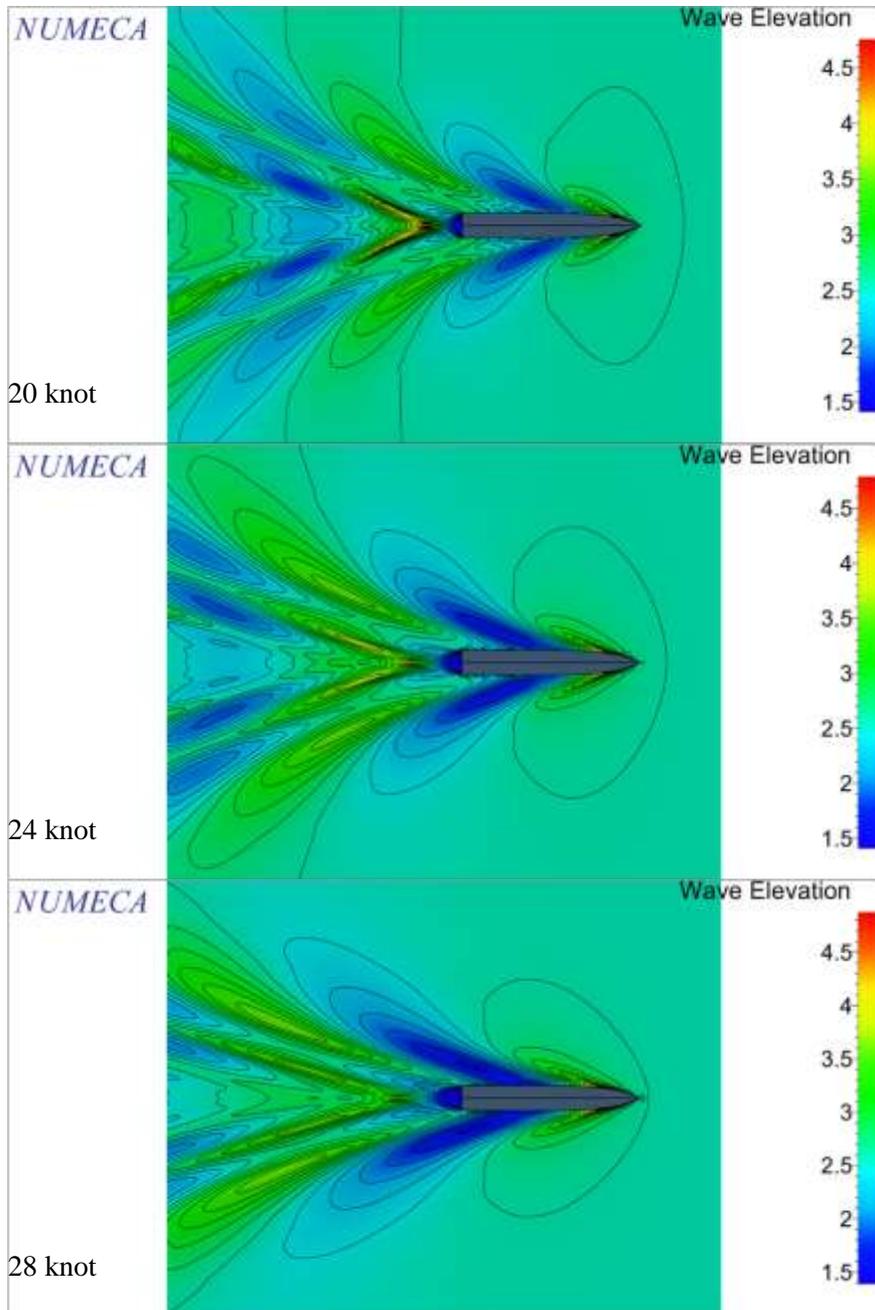




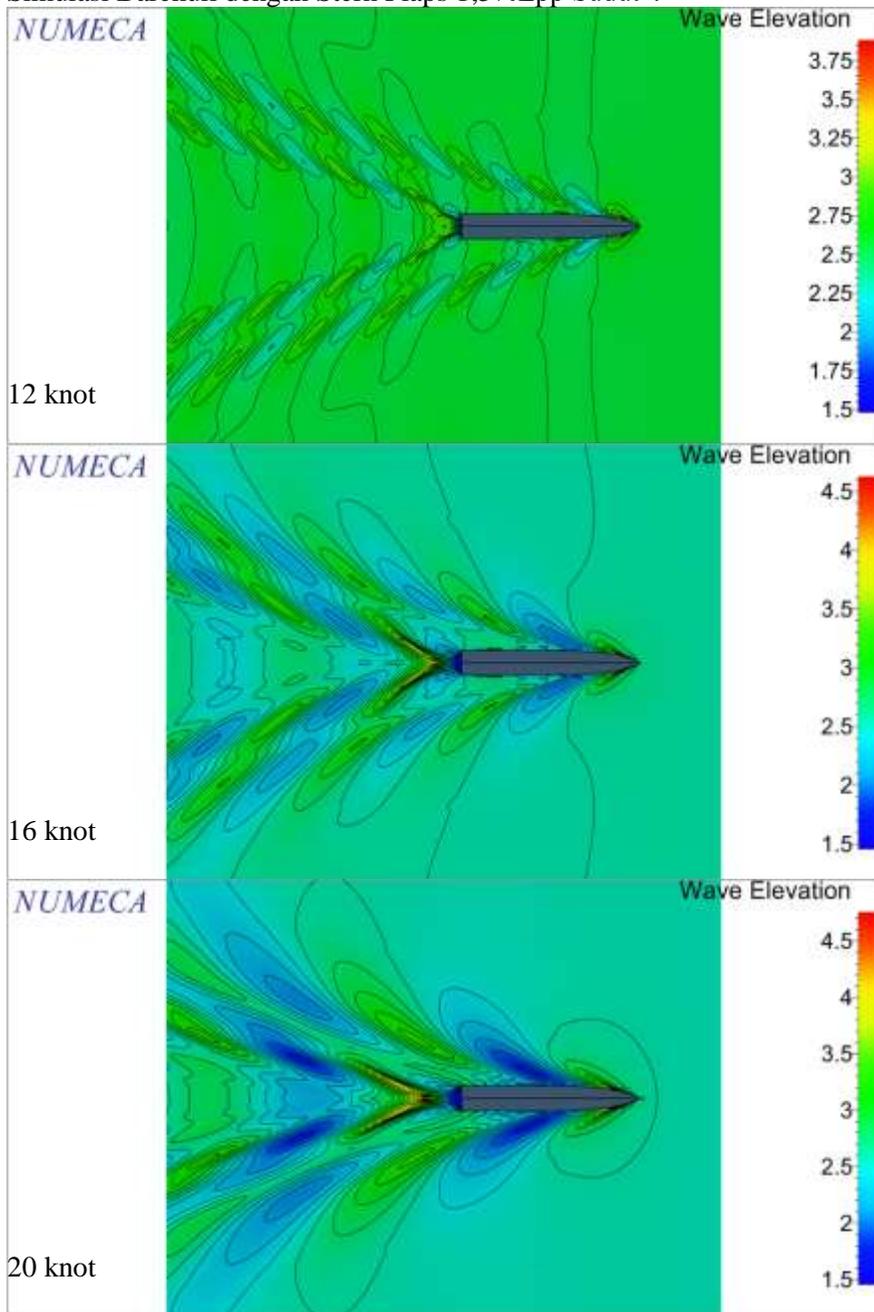


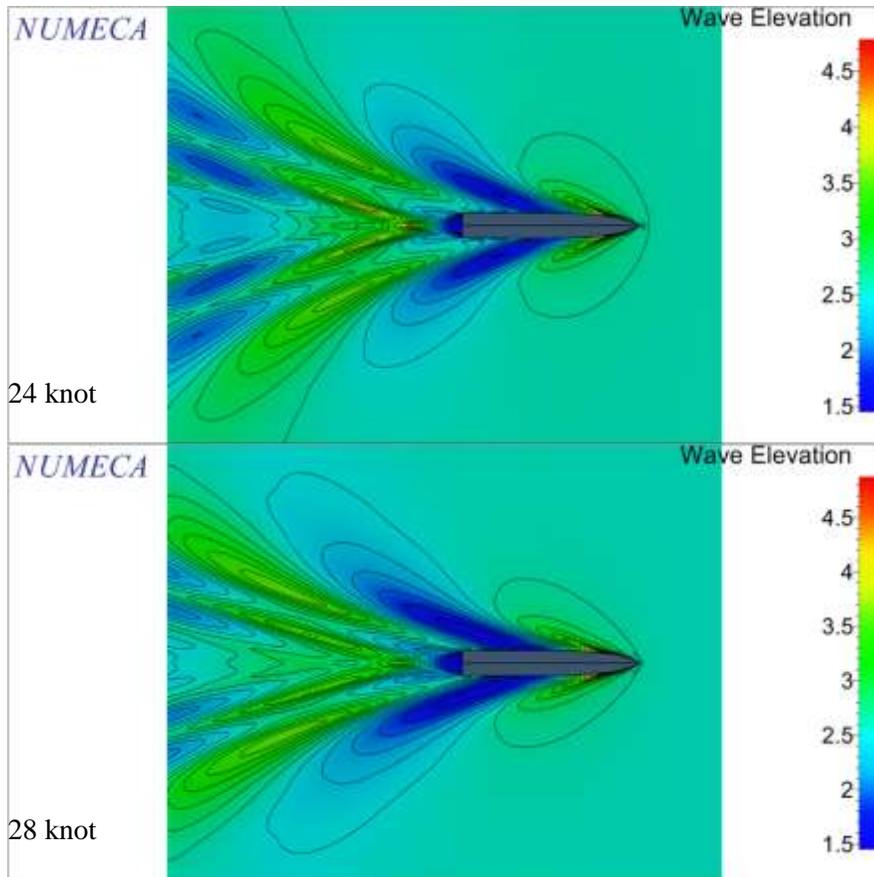
- Simulasi Barehull dengan Stern Flaps 1%Lpp Sudut 8°



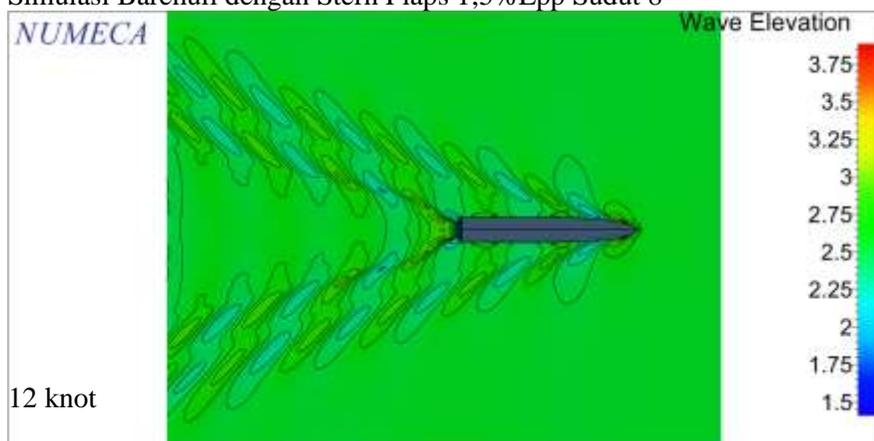


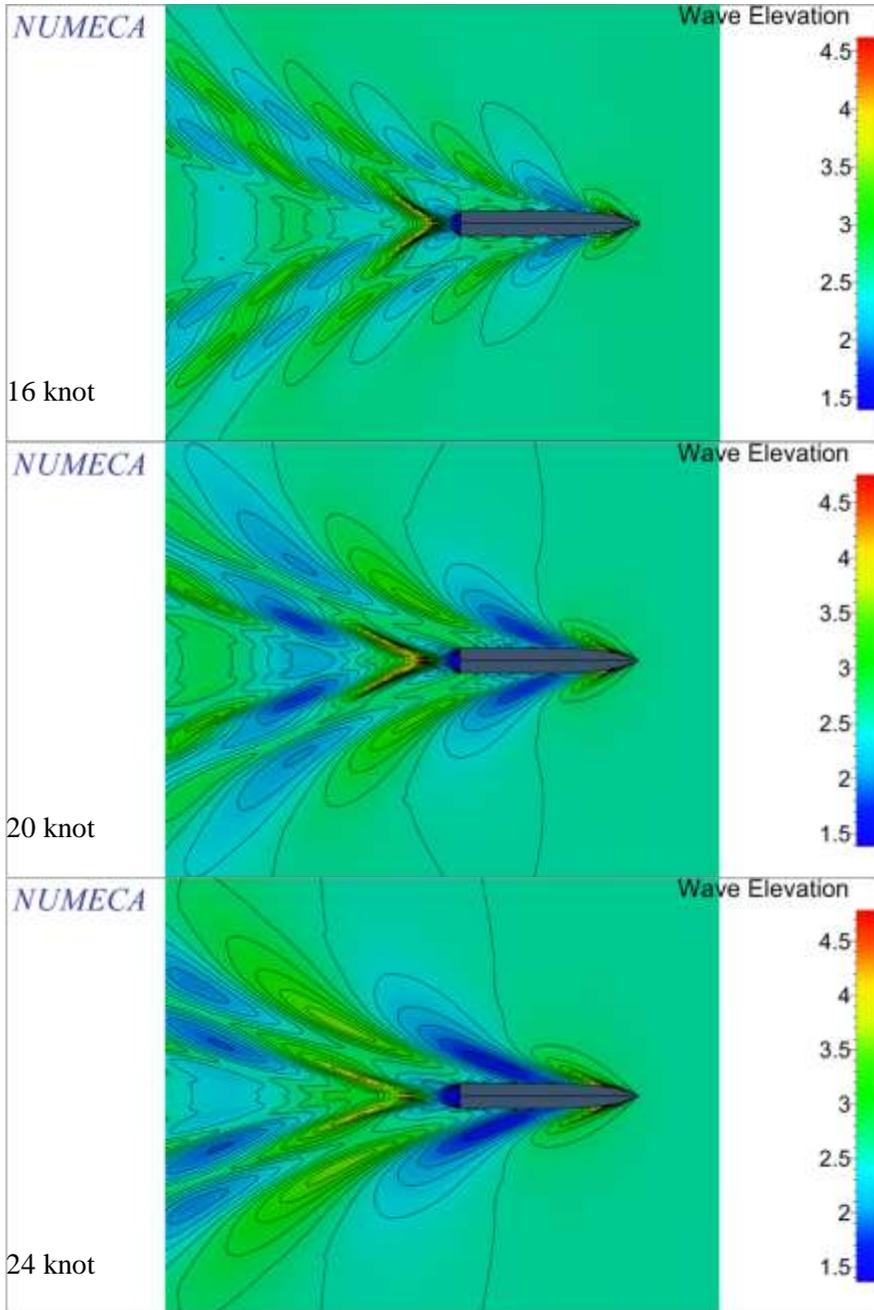
- Simulasi Barehull dengan Stern Flaps 1,5%Lpp Sudut 4°

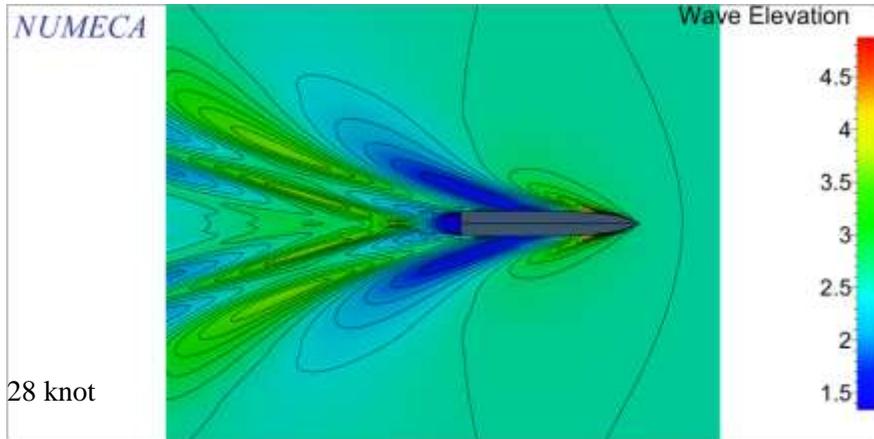




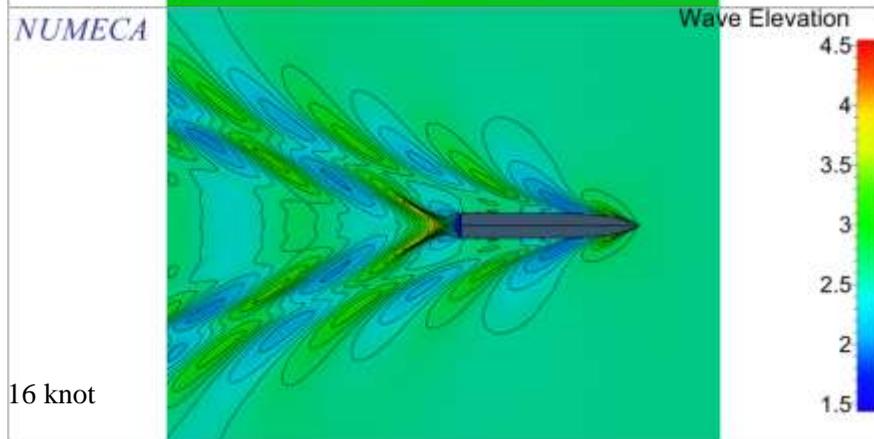
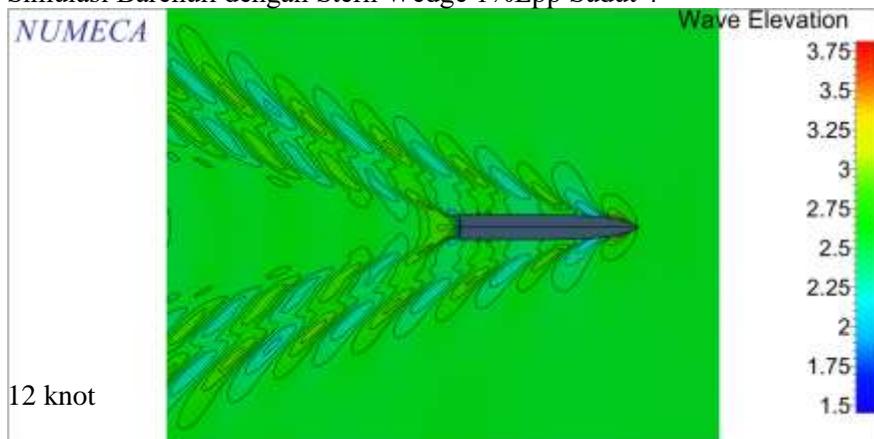
- Simulasi Barehull dengan Stern Flaps 1,5%Lpp Sudut 8°

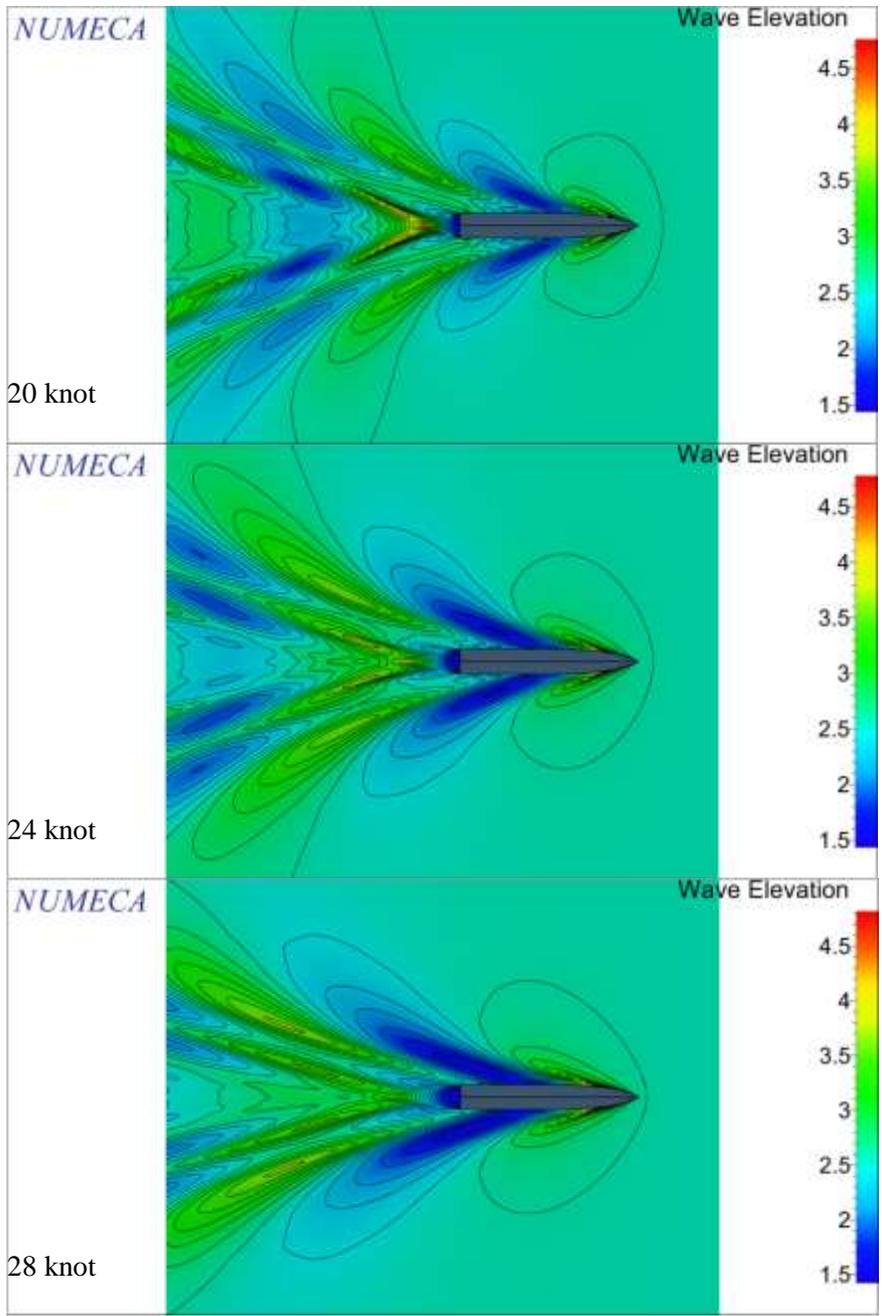




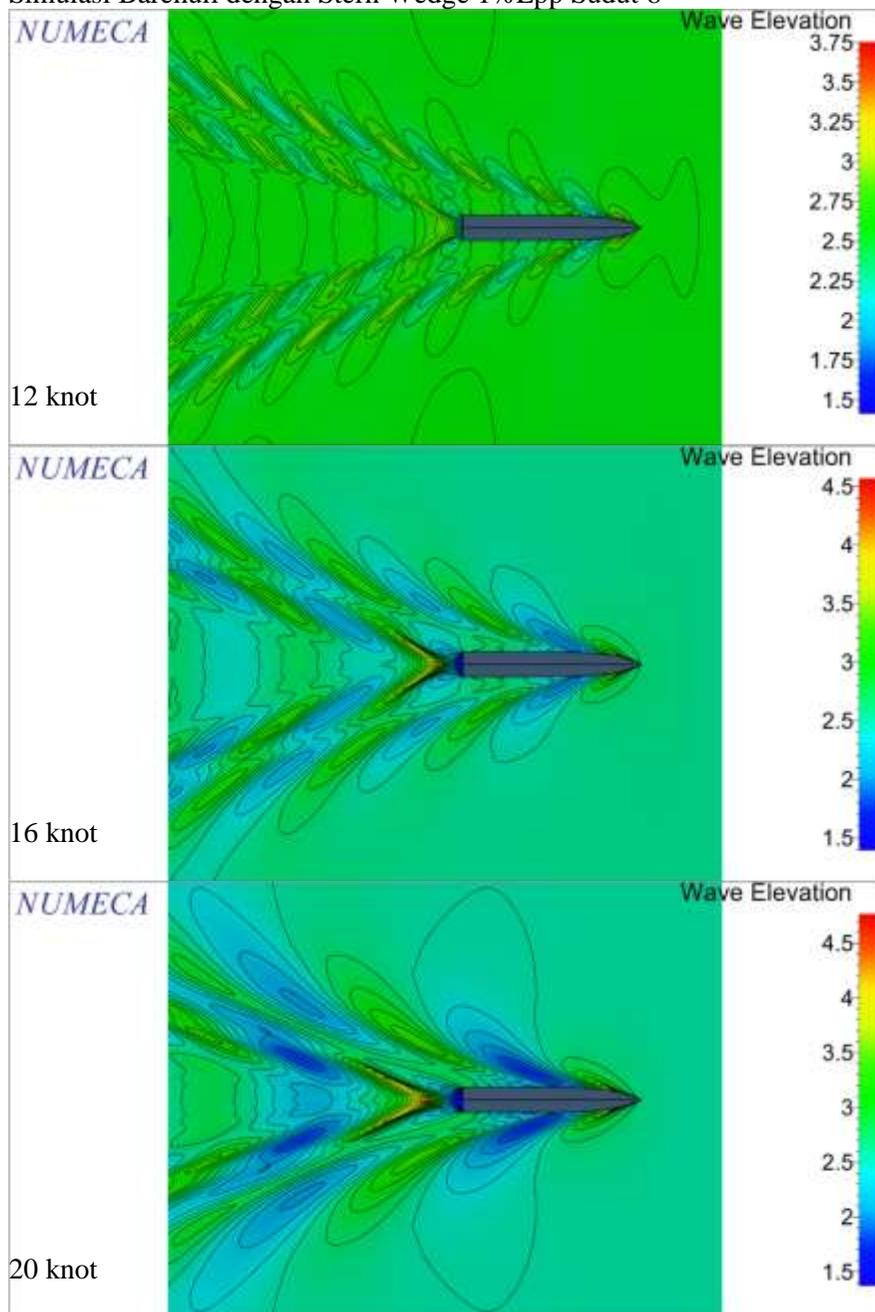


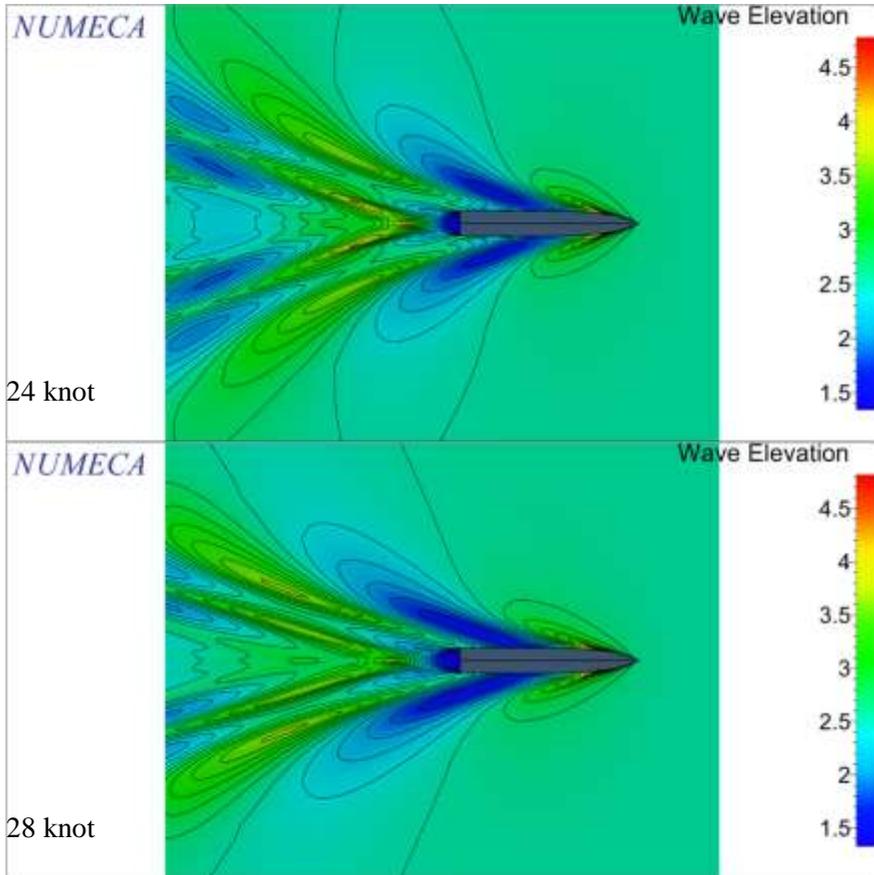
- Simulasi Barehull dengan Stern Wedge 1%Lpp Sudut 4°



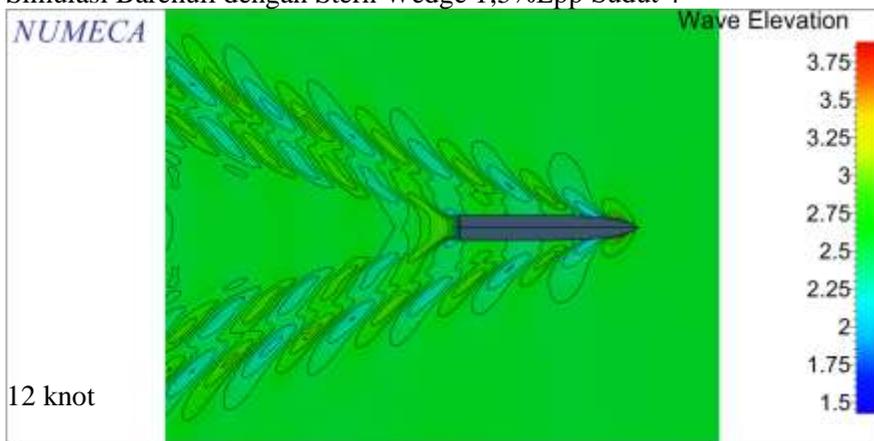


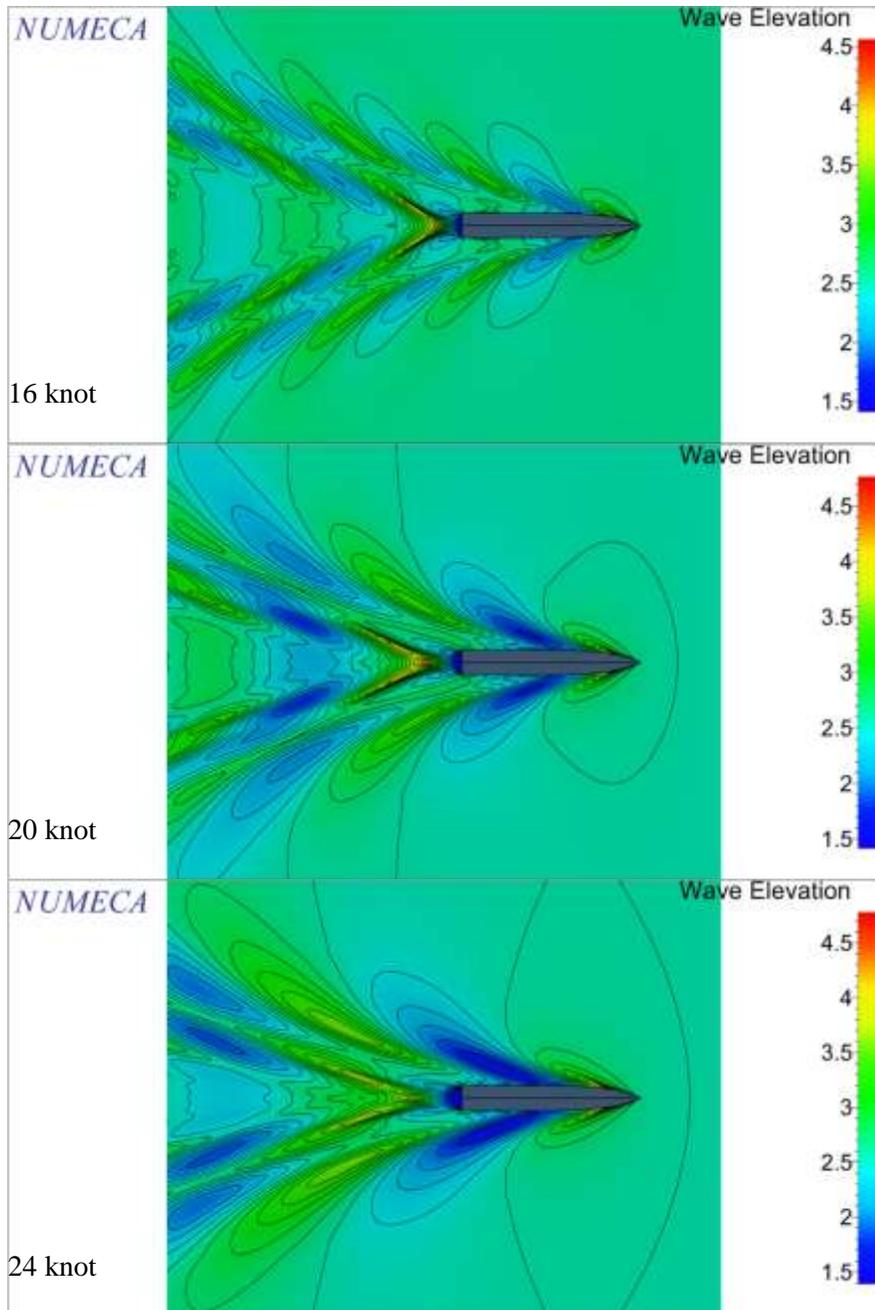
- Simulasi Barehull dengan Stern Wedge 1%Lpp Sudut 8°

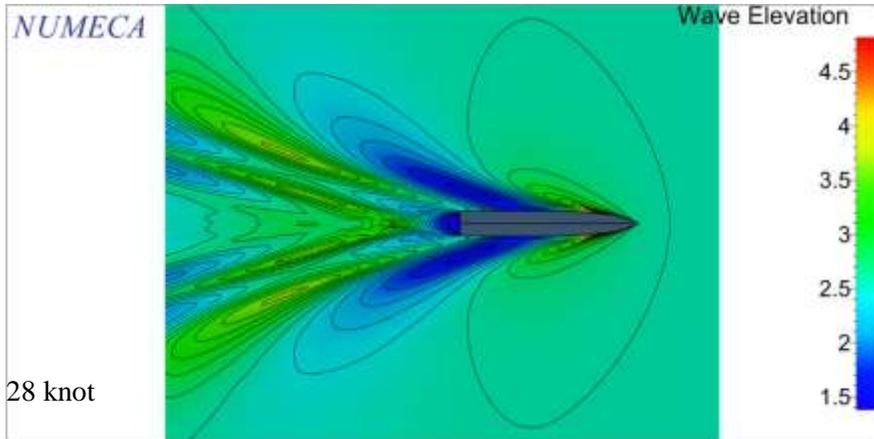




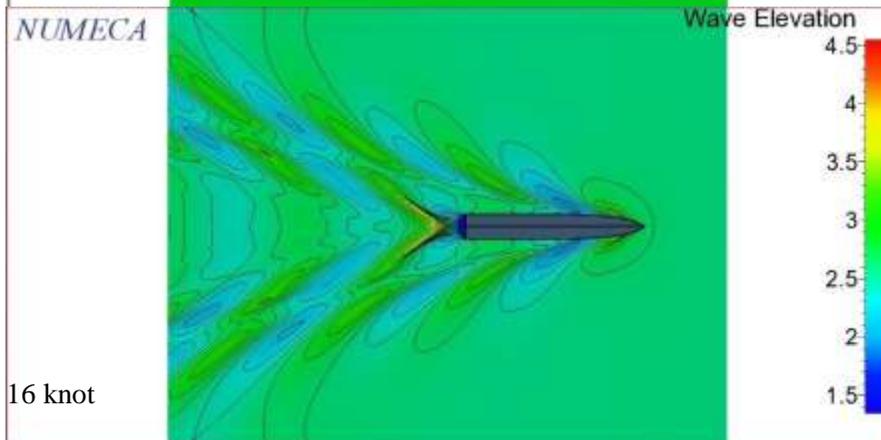
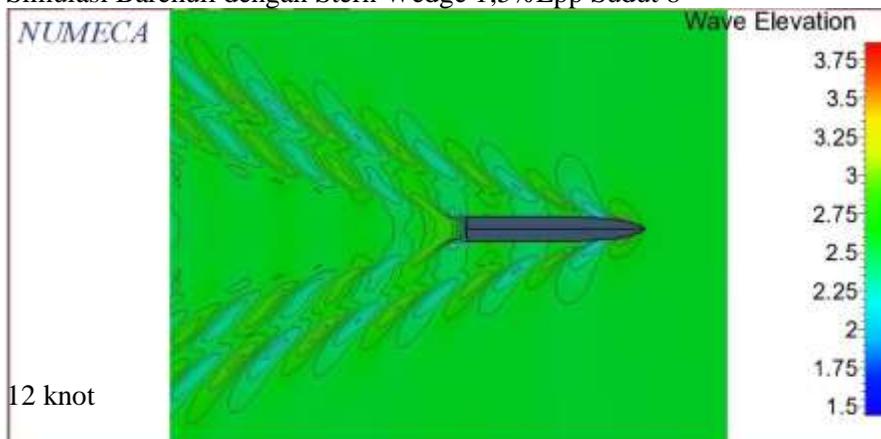
- Simulasi Barehull dengan Stern Wedge 1,5%Lpp Sudut 4°

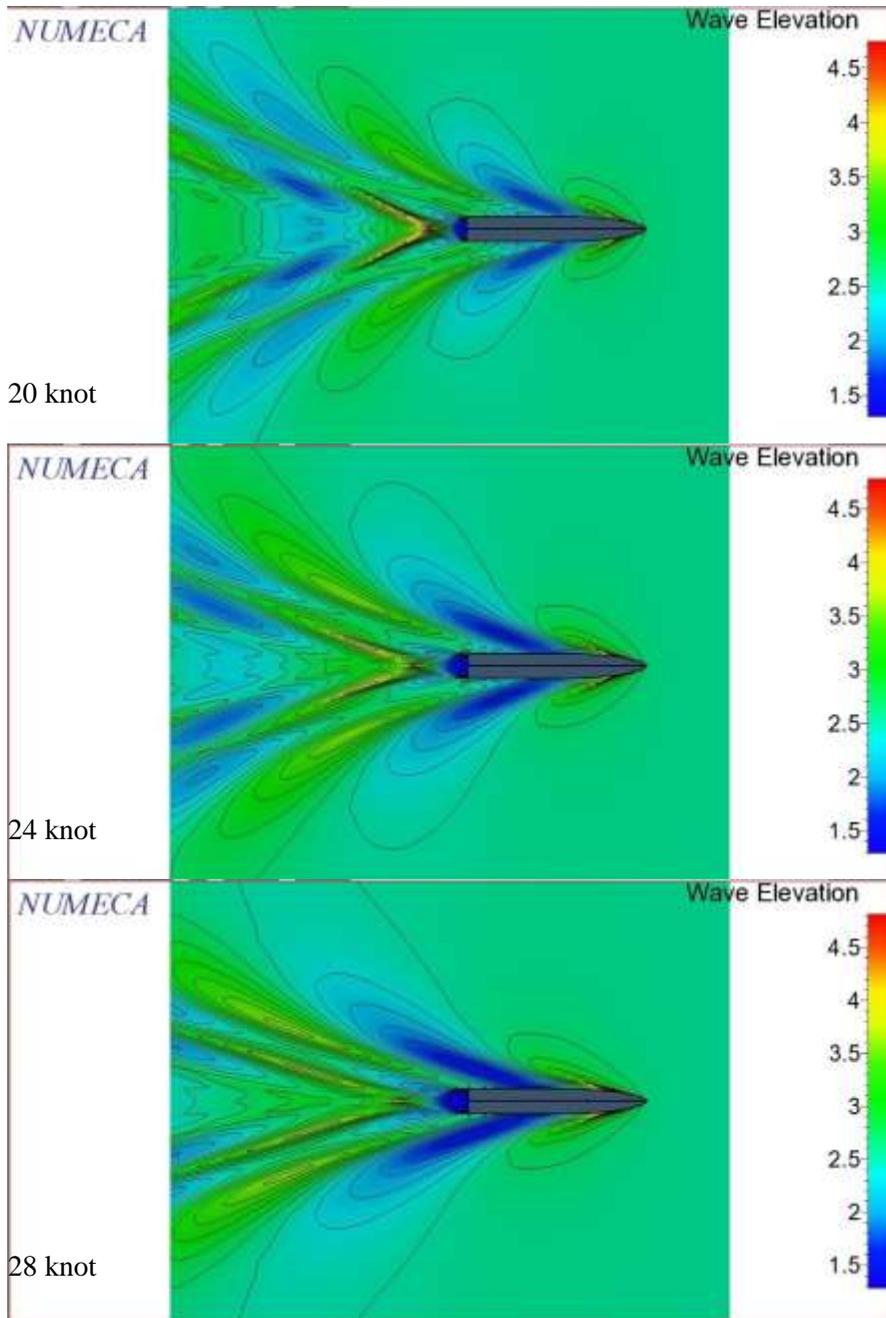






- Simulasi Barehull dengan Stern Wedge 1,5%Lpp Sudut 8°





BIOGRAFI PENULIS



Penulis yang memiliki nama lengkap Lukman Arif Abriansyah atau biasa dipanggil dengan sebutan Lukman, dilahirkan di kabupaten Sidoarjo pada tanggal 5 Oktober 1993 dan merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan suami istri yang bernama bapak Moh. Jainul Imron dan ibu Siti Subarsih. Sampai saat ini penulis telah menempuh pendidikan formal mulai dari TK Muslimat XII, Taman, Sidoarjo (1999-2000), MI Nur Rohman, Taman, Sidoarjo (2000-2006), SMP Negeri 2 Sukodono, Sidoarjo (2006–2009), SMA Negeri 1 Gedangan, Sidoarjo (2009-2012), dan D3 Teknik Permesinan Kapal di Politeknik Perkapalana Negeri Surabaya (2012-2015). Pada tahun 2016 penulis diterima sebagai mahasiswa Lintas Jalur di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) dengan NRP. 04211546000016. Penulis melanjutkan penelitian dan berperan sebagai member TA di bidang *Marine Manufacturing and Design* (MMD) pada tahun kedua dengan menekuni bidang *Marine Hydrodynamics*. Penulis menyelesaikan studi S-1 dalam waktu 2 tahun (4 Semester). Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK - ITS merupakan salah satu tempat yang berkesan bagi penulis dalam mengembangkan ilmu pengetahuan, potensi diri, kedisiplinan, kreatifitas dan karakter untuk menjadi lebih baik. Semoga penulisan Tugas Akhir ini mampu memberikan kontribusi positif kepada pembacanya.