



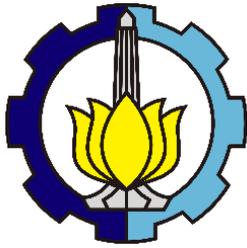
SKRIPSI - ME 141501

PERENCANAAN *BULBOUS BOW* TIPE BARU DENGAN KONSEP
MONCONG IKAN LAYAR (*SAILFISH*) TERHADAP NILAI *RESISTANCE*
TOTAL PADA KAPAL *FAST SEAGOING CARGO SHIP* DENGAN
MENGUNAKAN MAXSURF DAN CFD

YAFI DRESTA ADI WIRADIKNA
NRP. 04211645000002

Dosen Pembimbing
Edi Jadmiko, S.T.,M.T
Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD, MMT

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



SKRIPSI - ME 141501

**PERENCANAAN *BULBOUS BOW* TIPE BARU DENGAN KONSEP
MONCONG IKAN LAYAR (*SAILFISH*) TERHADAP NILAI *RESISTANCE
TOTAL* PADA KAPAL *FAST SEAGOING CARGO SHIP* DENGAN
MENGUNAKAN MAXSURF DAN CFD**

YAFI DRESTA ADI WIRADIKNA
NRP. 04211645000002

Dosen Pembimbing
Edi Jadmiko, S.T.,M.T
Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD, MMT

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



FINAL PROJECT - ME 141501

**DESIGNING NEW TYPE OF BULBOUS BOW WITH SAILFISH
GEOMETRY CONCEPT FOR THE VALUE OF SHIP'S TOTAL
RESISTANCE IN *FAST SEAGOING CARGO SHIP* USING MAXSURF AND
CFD**

**YAFI DRESTA ADI WIRADIKNA
NRP. 04211645000002**

**Supervisor
Edi Jadmiko, S.T.,M.T
Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD, MMT**

**DEPARTEMENT OF MARINE ENGINEERING
Faculty of Marine Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018**

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN *BULBOUS BOW* TIPE BARU DENGAN KONSEP MONCONG IKAN LAYAR (*SAILFISH*) TERHADAP NILAI *RESISTANCE TOTAL* PADA KAPAL *FAST SEAGOING CARGO SHIP* DENGAN MENGGUNAKAN MAXSURF DAN CFD

TUGAS AKHIR

Diajukan guna memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Teknik
Pada

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

Oleh :

Yafi Dresta Adi Wiradikna
NRP. 04211645000002

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

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

NIP. 1978 0706 2008 01 1012

(..........)

2. Ir. Tony Bambang Mustriyadi, PGD, MMT

NIP. 1959 0410 1987 01 1001

(..........)

(Surabaya, Juli 2018)

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN *BULBOUS BOW* TIPE BARU DENGAN KONSEP MONCONG IKAN LAYAR (*SAILFISH*) TERHADAP NILAI *RESISTANCE TOTAL* PADA KAPAL *FAST SEAGOING CARGO SHIP* DENGAN MENGGUNAKAN MAXSURF DAN CFD

TUGAS AKHIR

Diajukan guna memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Teknik
Pada

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

Oleh :

Yafi Dresta Adi Wiradikna
NRP. 0421164500002

Disetujui Oleh,

Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan



Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T

NIP. 1977 0802 2008 01 1007

(Surabaya, Juli 2018)

Halaman ini sengaja dikosongkan

**PERENCANAAN *BULBOUS BOW* TIPE BARU DENGAN KONSEP
MONCONG IKAN LAYAR (*SAILFISH*) TERHADAP NILAI *RESISTANCE*
TOTAL PADA KAPAL *FAST SEAGOING CARGO SHIP* DENGAN
MENGUNAKAN MAXSURF DAN CFD**

Nama Mahasiswa : Yafi Dresta Adi Wiradikna
NRP : 0421164500002
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing :
1. Edi Jadmiko, S.T.,M.T
2. Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD, MMT

ABSTRAK

Bulbous bow adalah lambung tambahan pada bagian depan kapal yang digunakan oleh desainer sebagai andalan untuk mereduksi wave making resistance dengan cara memanipulasi gelombang pada haluan kapal agar gelombang yang dihasilkan adalah kecil. Ikan Layaran atau biasa disebut ikan *Sailfish* di dunia barat adalah seekor ikan laut yang dinobatkan sebagai ikan tercepat di dunia dengan kecepatan gerak maksimal mencapai 110 km/h dan memiliki ciri-ciri fisik yang cenderung mirip dengan ikan marlin dan ikan pedang hanya saja berbeda pada sirip ikan tersebut dan ukuran ikan layar cenderung lebih kecil dibandingkan kedua ikan tersebut. Berdasarkan permasalahan diatas, penulis berkeinginan untuk mengembangkan desain *bulbous bow* konvensional ke *bulbous bow* tipe ikan layar dengan hipotesis memperkecil tekanan pada bagian haluan agar menghasilkan gelombang yang relatif lebih kecil dibandingkan *bulbous bow* konvensional yang pada waktu tertentu menghasilkan gelombang terlalu besar sehingga interferensi gelombang sedikit belum efisien. Penelitian kali ini menggunakan metode campuran dimana metode teori dasar adalah sebagai metode kualitatif yaitu mendesain *bulbous bow* dengan tipe baru dengan menggunakan penggabungan data, dan metode komparatif yaitu membandingkan hasil nilai tahanan total antara *bulbous bow* konvensional dengan tipe baru dengan menggunakan CFD. Berdasarkan hasil pengujian nilai tahanan kapal, *bulbous bow* konvensional masih memiliki nilai tahanan kapal rata-rata lebih kecil 32% dibandingkan *sailfish bulb* dikarenakan pada *sailfish bulb* memiliki bentuk yang terlalu lancip sehingga tekanan fluida pembuat gelombang terlalu kecil dan berakibat tidak efisiennya proses interferensi gelombang. Dengan demikian, maka penggunaan *sailfish bulbous bow* dengan rancangan tersebut pada kapal ro-ro dapat dikatakan tidak lebih atau belum efisien dibandingkan *bulb* konvensional.

Kata Kunci : *Bulbous Bow*, *Sailfish*, Tahanan Kapal, Gelombang

Halaman ini sengaja dikosongkan

**DESIGNING NEW TYPE OF BULBOUS BOW WITH SAILFISH GEOMETRY
CONCEPT FOR THE VALUE OF SHIP'S TOTAL RESISTANCE IN FAST
SEAGOING CARGO SHIP USING MAXSURF AND CFD**

Student's Name : Yafi Dresta Adi Wiradikna
NRP : 04211645000002
Departement : Marine Engineering
Supervisors :
1. Edi Jadmiko, S.T.,M.T
2. Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD, MMT

ABSTRACT

Bulbous Bow is an added hull in the stem area which is used commonly by designer to reduce the waves making resistance using the wave interference concept which is creating new bulb waves before the hull waves, so that the ships can generate small waves. Sailfish is a pacific ocean fish which is crowned as the fastest animal in the ocean with the maximum speed is 110 km/hours and it has similar physical characteristic with Swordfish and Marlin with the sharp bill in the head, but it has different fin type and it has smaller size than them. Based on the case above, the writer want to develops the design of conventional bulbous bow to the bulbous bow which is using the sailfish geometry concept with the hypothesis for reducing the fluids pressure on the bulbous bow so that it can generates the smaller wave compared to the conventional bulb's wave that sometimes generates wave bigger than hull waves especially in high speed which is influence bad things to the efficiency of wave interference. This research is using mixed method which is mixed between designing the new type of bulbous bow using geometry data and exist theory for basic theory as the qualitative method and comparing the resistance result using Computational Fluid Dyanmics (C.F.D) as the quantitative method. Based on the simulation result of ship's total resistance, the ship with conventional bulbous bow has lower 32% average of total resistance than the sailfish bulbous bow it because the sailfish bulbous bow has the sharp geometry so that the fluid pressure is too low to creates new wave which is become bad efficiency for wave interference. Based on the result so we can conclude using sailfish bulbous bow with the planned design for fast seagoing cargo ship is not more efficient than the conventional one.

Keywords : *Bulbous Bow, Sailfish, Ship's Resistance, Wave*

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada kehadiran Allah SWT karena dengan ramhat, dan karunia serta taufik dan hidayahnya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan tepat waktu yaitu yang berjudul “ **PERENCANAAN *BULBOUS BOW* TIPE BARU DENGAN KONSEP MONCONG IKAN LAYAR (*SAILFISH*) TERHADAP NILAI *RESISTANCE TOTAL* PADA KAPAL *FAST SEAGOING CARGO SHIP* DENGAN MENGGUNAKAN *MAXSURF* DAN *CFD*” . Dalam proses penulisan tugas akhir penulis juga mendapatkan beberapa dukungan baik materi maupun moril dari orang-orang terdekat penulis oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada :**

1. Allah SWT yang telah memberikan nikmat kesehatan, kesempatan, dan kehidupan sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir kali ini.
2. Kedua orang tua yaitu Bapak saya Sidik Adi Pramono, S.E dan ibu saya Dra. Erna Ratnawati yang telah mendukung penulis baik dukungan moril, dukungan materi, dan dukungan lainnya sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir dengan baik.
3. Bapak Dr.Eng.M.Badrus Zaman, S.T.,M.T selaku Ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
4. Bapak Ir. Sardono Sarwito, M.Sc selaku Dosen Wali.
5. Bapak Edi Jadmiko, S.T.,M.T selaku dosen pembimbing 1 penulis yang telah memberikan saran dan ilmu kepada penulis sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir kali ini.
6. Bapak Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD, MMT selaku dosen pembimbing 2 penulis yang telah memberikan saran dan ilmu kepada penulis sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir kali ini.
7. Pakde Drs.Pranedyo Soetisno dan Bude Dra.Tri Ratna Handayani yang telah menerima penulis di rumah yang bersangkutan selama 2 tahun proses perkuliahan.
8. Teman - teman seperjuangan Lintas Jalur Teknik Sistem Perkapalan ITS Semester Ganjil 2016 yang telah berjuang bersama untuk mencapai proses akhir.
9. Teman – teman dan pengurus laboratorium *Marine Manufacturing and Design* (MMD) yang telah membantu penulis dan menyediakan fasilitas sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir.
10. Kepada Bayu Putra, Maful Suranto, Raden Ekky Setyawan, dan Triantono Taufik sebagai teman ngopi, teman diskusi dan Lukman Arif yang telah mengajari penulis dalam pengoperasian *software* CFD.
11. Kepada Intan, Diesya, Jayanti, Sarah, dan Yeni yang selalu mendukung dan menjadi motivasi penulis dalam proses pengerjaan tugas akhir.
12. Seluruh staff dan pengurus departemen Teknik Sistem Perkapalan ITS yang telah menerima penulis di jajaran civitas akademika ITS.

Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu kritik dan saran yang diberikan oleh pembaca kepada penulis sangat diharapkan. Semoga tugas akhir ini memberikan manfaat bagi para pembaca dan penulis pada khususnya.

Surabaya, 3 Juli 2018

Penulis,

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK.....	v
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Fast Seagoing Cargo Ship.....	5
2.2 Ikan Layaran (<i>Sailfish</i>)	6
2.3 Tahanan Kapal.....	8
2.3.1 Tahanan Gesek (<i>Friction Resistance</i>)	9
2.3.2 Tahanan Gelombang (<i>Wave Making Resistance</i>)	10
2.3.3 Tahanan Appendages.....	17
2.3.4 Tahanan Udara.....	17
2.4 Bulbous Bow.....	17
2.5 Permodelan dan Analisa Maxsurf.....	24
2.6 Analisa <i>Computational Fluid Dynamics</i> (C.F.D)	26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	27
3.1 Metode Penulisan Tugas Akhir.....	27
3.2 Metode Pengumpulan Data Tugas Akhir.....	27
3.3 Tahapan Penelitian.....	28
3.4 Data Kapal.....	30
3.5 Data <i>Sailfish Geometry</i>	31
3.6 Permodelan Tahap Satu.....	34
3.7 Validasi Ketepatan <i>Software</i>	38
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	45
4.1 Perhitungan Koefisien dan Dimensi.....	45
4.2 Estimasi Desain Lambung Tanpa <i>Bulbous Bow</i>	50
4.3 Desain Bulbous Bow Tipe Ikan Layar.....	53
4.4 Permodelan <i>Sailfish Bulb</i>	60
4.5 Simulasi <i>Computational Fluid Dynamics</i> (C.F.D)	61
4.6 Analisis Hasil Simulasi.....	77
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	83
DAFTAR PUSTAKA.....	85
LAMPIRAN	

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel kisaran nilai koefisien kapal.....	5
Tabel 2.2 Tabel perbandingan kecepatan ikan.....	7
Tabel 2.3 Tabel detail pengukuran <i>sailfish</i>	8
Tabel 2.4 <i>Breadth Coefficient</i>	24
Tabel 3.1 Nilai rasio <i>Sailfish Geometry</i>	32
Tabel 3.2 Nilai <i>offset transverse section section sailfish geometry</i>	34
Tabel 3.3 Perbandingan Nilai Tahanan Total.....	42
Tabel 4.1 <i>Breadth of Bulbous Bow Coefficient</i> (C_{BB}).....	46
Tabel 4.2 Interpolasi nilai ($C_{BB} \times 100$) pada C_b 0.55.....	46
Tabel 4.3 Interpolasi nilai ($C_{BB} \times 100$) pada C_b 0.60.....	46
Tabel 4.4 Interpolasi nilai ($C_{BB} \times 100$) pada C_b	47
Tabel 4.5 Perbandingan nilai luasan CSA dengan bulbous bow dan tanpa bulbous bow.....	53
Tabel 4.6 Panjang Long. Pos <i>bulb</i> dari FP.....	56
Tabel 4.7 <i>Offset</i> tinggi bentuk atas <i>Bulb</i>	57
Tabel 4.8 <i>Offset</i> tinggi bentuk bawah <i>Bulb</i>	57
Tabel 4.9 <i>Offset values</i> pada penampang melintang <i>bulb</i>	58
Tabel 4.10 Analisis Kesesuaian Desain dan Hasil.....	80

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ikan Layar (<i>Sailfish</i>).....	6
Gambar 2.2 <i>Measurement of Sailfish Body</i>).....	7
Gambar 2.3 Skema pengujian tahanan gesek.....	9
Gambar 2.4 Skema terjadinya tahanan gelombang.....	11
Gambar 2.5 Gambar perancangan model 266 dan 266a.....	12
Gambar 2.6 Sistem Gelombang untuk model 266.....	13
Gambar 2.7 Sistem Gelombang untuk model 266a.....	14
Gambar 2.8 Grafik $10^3 C_r$ fungsi F_n , dan C_p pada Length V Displacement Ratio 5.0.....	15
Gambar 2.9 Koreksi LCB kapal terhadap LCB Standard.....	16
Gambar 2.10 Prinsip kerja bulbous bow.....	18
Gambar 2.11 Grafik pengaruh bulb terhadap EHP.....	18
Gambar 2.12 Bentuk potongan melintang bulb berdasarkan tipe.....	19
Gambar 2.13 Bentuk memanjang bulb berdasarkan tipe.....	20
Gambar 2.14 Alur penggambaran bulbous bow.....	21
Gambar 2.15 Linear and Non Liner Form Coefficient.....	22
Gambar 2.16 Maxsurf Modeler.....	25
Gambar 2.17 Maxsurf Resistance.....	25
Gambar 2.18 Simulasi CFD.....	26
Gambar 3.1 Rencana Tahapan Penelitian.....	29
Gambar 3.2 Skema <i>Bodyplan Ro-Ro Ship</i>	31
Gambar 3.3 Skema <i>Sheer Ro-Ro Ship</i>	31
Gambar 3.4 Skema <i>Waterplan Ro-Ro Ship</i>	31
Gambar 3.5 <i>Sailfish Geometry</i>	32
Gambar 3.6 <i>Longitudinal Sailfish Geometry</i>	33
Gambar 3.7 <i>Transverse Section Sailfish Geometry</i>	33
Gambar 3.8 <i>Surface Default</i>	35
Gambar 3.9 Posisi <i>Zero Point</i>	35
Gambar 3.10 Jumlah <i>control point</i> pada <i>surface F</i>	36
Gambar 3.11 Pembagian <i>Surface</i>	37
Gambar 3.12 Bentuk Model Kapal Ro-ro X.....	37
Gambar 3.13 Bentuk Model Kapal Ro-ro X dengan Grid.....	38
Gambar 3.14 <i>Meshing</i> pada Model Kapal.....	39
Gambar 3.15 <i>Meshing detail</i>	40
Gambar 3.16 <i>Free Surface</i>	40
Gambar 3.17 <i>Free Surface (Below Waterline)</i>	41
Gambar 3.18 <i>Wave Elevation Along X axis</i>	41
Gambar 3.19 <i>Forces along X axis</i>	42
Gambar 4.1 <i>Bulbous Bow Dimension</i>	48
Gambar 4.2 Linggi Haluan Kapal (<i>Former</i>)	49
Gambar 4.3 <i>CSA, B/2, Waterline on Max Bulb Breadth (with bulb)</i>	51
Gambar 4.4 Bentuk linggi depan dengan menggunakan estimasi sudut	

kemiringan linggi.....	51
Gambar 4.5 Perbandingan bentuk <i>Bodyplan</i> kapal tanpa <i>bulbous bow</i> (kiri) dengan <i>bulbous bow</i> (kanan)	52
Gambar 4.6 CSA tanpa dan dengan <i>bulbous bow</i>	52
Gambar 4.7 <i>Upper shape ratio of Bulbous bow</i>	54
Gambar 4.8 <i>Lower shape ratio of bulbous bow</i>	54
Gambar 4.9 Perbandingan lebar <i>bulbous bow</i> konvensional dengan <i>bulbous bow</i> tipe baru.....	55
Gambar 4.10 Tampak Vertikal Memanjang.....	58
Gambar 4.11 Tampak Melintang (<i>Full Body</i>)	59
Gambar 4.12 Tampak Horizontal Memanjang.....	59
Gambar 4.13 Perbandingan <i>CSA bulb sailfish</i> dengan CSA lain.....	60
Gambar 4.14 3D Solid Model.....	61
Gambar 4.15 Free Surface Kapal dengan <i>Conventional Bow</i> pada kecepatan 13.5 Knots.....	62
Gambar 4.16 Free Surface Kapal dengan <i>Sailfish Bulbous Bow</i> pada kecepatan 13.5 Knots.....	63
Gambar 4.17 Fenomena Gelombang (tampak samping) pada kapal dengan <i>conventional bulb</i> pada kecepatan 13.5 knots.....	63
Gambar 4.18 Fenomena Gelombang (tampak samping) pada kapal dengan <i>Sailfish Bulbous bow</i> pada kecepatan 13.5 knots.....	64
Gambar 4.19 Grafik wave elevation pada kapal dengan <i>conventional bulbous bow</i> pada kecepatan 13.5 knots (sumbu x 0 s/d 108)	64
Gambar 4.20 Grafik wave elevation pada kapal dengan <i>Sailfish bulbous bow</i> pada kecepatan 13.5 knots (sumbu x 0 s/d 108)	65
Gambar 4.21 Free Surface Kapal dengan <i>Conventional Bow</i> pada kecepatan 14.5 Knots.....	65
Gambar 4.22 Free Surface Kapal dengan <i>Sailfish Bulbous Bow</i> pada kecepatan 14.5 Knots.....	66
Gambar 4.23 Fenomena Gelombang (tampak samping) pada kapal dengan <i>conventional bulb</i> pada kecepatan 14.5 knots.....	66
Gambar 4.24 Fenomena Gelombang (tampak samping) pada kapal dengan <i>Sailfish Bulbous bow</i> pada kecepatan 14.5 knots.....	67
Gambar 4.25 Grafik wave elevation pada kapal dengan <i>conventional bulbous bow</i> pada kecepatan 14.5 knots (sumbu x 0 s/d 108)	67
Gambar 4.26 Grafik wave elevation pada kapal dengan <i>Sailfish bulbous bow</i> pada kecepatan 14.5 knots (sumbu x 0 s/d 108)	68
Gambar 4.27 Free Surface Kapal dengan <i>Conventional Bow</i> pada kecepatan 15.5 Knots.....	68
Gambar 4.28 Free Surface Kapal dengan <i>Sailfish Bulbous Bow</i> pada kecepatan 15.5 Knots.....	69
Gambar 4.29 Fenomena Gelombang (tampak samping) pada kapal dengan <i>conventional bulb</i> pada kecepatan 15.5 knots.....	69
Gambar 4.30 Fenomena Gelombang (tampak samping) pada kapal dengan <i>Sailfish Bulbous bow</i> pada kecepatan 15.5 knots.....	70

Gambar 4.31 Grafik wave elevation pada kapal dengan <i>conventional bulbous</i> bow pada kecepatan 15.5 knots (sumbu x 0 s/d 108)	70
Gambar 4.32 Grafik wave elevation pada kapal dengan <i>Sailfish bulbous</i> bow pada kecepatan 15.5 knots (sumbu x 0 s/d 108)	71
Gambar 4.33 Free Surface Kapal dengan <i>Conventional Bow</i> pada kecepatan 16.5 Knots.....	71
Gambar 4.34 Free Surface Kapal dengan <i>Sailfish Bulbous Bow</i> pada kecepatan 16.5 Knots.....	72
Gambar 4.35 Fenomena Gelombang (tampak samping) pada kapal dengan <i>conventional bulb</i> pada kecepatan 16.5 knots.....	72
Gambar 4.36 Fenomena Gelombang (tampak samping) pada kapal dengan <i>Sailfish Bulbous bow</i> pada kecepatan 16.5 knots.....	73
Gambar 4.37 Grafik wave elevation pada kapal dengan <i>conventional bulbous</i> bow pada kecepatan 16.5 knots (sumbu x 0 s/d 108)	73
Gambar 4.38 Grafik wave elevation pada kapal dengan <i>Sailfish bulbous</i> bow pada kecepatan 16.5 knots (sumbu x 0 s/d 108)	74
Gambar 4.39 Free Surface Kapal dengan <i>Conventional Bow</i> pada kecepatan 17.5 Knots.....	74
Gambar 4.40 Free Surface Kapal dengan <i>Sailfish Bulbous Bow</i> pada kecepatan 17.5 Knots.....	75
Gambar 4.41 Fenomena Gelombang (tampak samping) pada kapal dengan <i>conventional bulb</i> pada kecepatan 17.5 knots.....	75
Gambar 4.42 Fenomena Gelombang (tampak samping) pada kapal dengan <i>Sailfish Bulbous bow</i> pada kecepatan 17.5 knots.....	76
Gambar 4.43 Grafik wave elevation pada kapal dengan <i>conventional bulbous</i> bow pada kecepatan 17.5 knots (sumbu x 0 s/d 108)	76
Gambar 4.44 Grafik wave elevation pada kapal dengan <i>Sailfish bulbous</i> bow pada kecepatan 17.5 knots (sumbu x 0 s/d 108)	77
Gambar 4.45 Grafik Tahanan Total (kN) fungsi kecepatan (Knots)	78
Gambar 4.46 Gambaran fenomena gelombang pada <i>bulb</i> konvensional.....	81
Gambar 4.47 Gambaran fenomena gelombang pada <i>Sailfish Bulb</i>	81

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada abad ke-21 ini teknologi maritim khususnya di dunia perkapalan mengalami perkembangan yang sangat pesat dengan ditandai oleh terciptanya teori-teori dan inovasi-inovasi yang dianggap lebih efisien dibandingkan teori-teori atau inovasi sebelumnya. Hal tersebut tentunya menarik minat para ilmuwan, pakar serta mahasiswa akan pentingnya inovasi dalam suatu bidang tertentu yang diharapkan lebih baik. Ditemukannya teori dan inovasi berawal dari sebuah pengamatan terhadap suatu objek tertentu yang dianggap memiliki nilai-nilai karakteristik yang diperlukan untuk melengkapi kekurangan pada inovasi sebelumnya.

Bulbous bow adalah lambung tambahan pada bagian depan kapal yang digunakan oleh desainer sebagai andalan untuk mereduksi *wave making resistance* dengan cara memanipulasi gelombang pada haluan kapal agar gelombang yang dihasilkan adalah kecil. Penambahan bentuk *bulbous bow* juga memiliki kelebihan dan kerugian, kerugian yang dimiliki oleh *bulbous bow* tersebut adalah mengalami penambahan luasan air yang tercelup (*Wetted Surface Area*), penambahan berat konstruksi, dan mengurangi muatan. Permasalahan lainnya ketika diadakan penambahan *bulbous bow* adalah pada saat gelombang yang dihasilkan oleh *bulbous bow* terlalu besar atau terlalu kecil akibat variasi kecepatan sehingga tidak dapat digunakan untuk menginterferensi gelombang. Adapun seperti permasalahan tersebut pemasangan *bulbous bow* dapat dikatakan merugikan serta pemasangan *bulbous bow* diperlukan pengujian khusus.

Ikan Layaran atau biasa disebut ikan *Sailfish* di dunia barat adalah seekor ikan laut yang dinobatkan sebagai ikan tercepat di dunia menurut National Geographic pada situsnya <https://www.nationalgeographic.com> dengan kecepatan gerak maksimal mencapai 59 Knots atau setara dengan 110 km/h. Ikan Layar memiliki ciri-ciri fisik yang cenderung mirip dengan ikan marlin dan ikan pedang hanya saja berbeda pada sirip ikan tersebut dan ukuran ikan layar cenderung lebih kecil dibandingkan kedua ikan tersebut. Berdasarkan pengamatan melalui media dan pengujian terhadap model ikan layaran gelombang yang dihasilkan oleh obyek tersebut cenderung tenang dengan hipotesis bahwa benda dengan bentuk ramping dan cenderung lancip memiliki tekanan fluida yang lebih rendah dibandingkan dengan benda yang memiliki bentuk tumpul dan lebar. Hal tersebut dapat dibuktikan melalui grafik tahanan sisa yang dibuat oleh Harvrad dan Guldhammer dimana dengan nilai *Froude Number* yang sama benda berbentuk ramping ditandai dengan nilai *Prismatic Coefficient* (C_p) rendah memiliki nilai tahanan sisa yang lebih kecil.

Berdasarkan permasalahan diatas, penulis berkeinginan untuk mengembangkan desain *bulbous bow* konvensional ke *bulbous bow* tipe ikan layar dengan hipotesis memperkecil tekanan pada bagian haluan agar

menghasilkan gelombang yang relatif lebih kecil dibandingkan *bulbous bow* konvensional yang pada waktu tertentu menghasilkan gelombang terlalu besar sehingga interferensi gelombang tidak efisien. serta membahas dan menganalisis skala penerapan *bulbousbow* pada kapal yang proporsional dan pengaruh bentuk *bulbous bow* tersebut terhadap fenomena gelombang beserta nilai tahanan kapal. Pada penelitian kali ini penulis menggunakan jenis kapal dengan tipe *fast seagoing cargo ship vehicle carrier* atau biasa disebut dengan kapal Ro-Ro untuk membandingkan efisiensi *bulbous bow* konvensional dengan *bulbous bow* tipe ikan layar. Penulis tidak menggunakan kapal cepat seperti kapal *battleship*, KCR, dan *speedboat* dikarenakan kapal tersebut pada umumnya memiliki nilai *Froude number* yang cenderung besar dan tidak menggunakan *bulbous bow* karena dianggap tidak efisien.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka dapat dijabarkan rumusan masalah penelitian adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana penerapan ukuran dan penggambaran *bulbous bow* berdasarkan konsep moncong depan ikan layar terhadap kapal ?
2. Bagaimana perbandingan nilai tahanan total kapal terhadap desain *bulbous bow* dengan konsep moncong ikan layar (*sailfish*) dan *bulbous bow* konvensional,?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian permasalahan di atas, maka dapat dijabarkan tujuan penelitian kali ini adalah sebagai berikut :

1. Mengembangkan desain *bulbous bow* agar lebih efisien.
2. Mengetahui perbandingan nilai tahanan total yang dihasilkan dari *bulbous bow* dengan konsep moncong ikan layar, *bulbous bow* konvensional, dan tanpa *bulbous bow*
3. Mengetahui keuntungan dan kerugian penggunaan *bulbous bow* dengan tipe ikan layar dan *bulbous bow* konvensional

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian kali ini adalah :

1. Memiliki varian *bulbous bow* yang cocok untuk tipe kapal sesuai dengan fungsinya.
2. Mampu mengetahui keuntungan dan kekurangan *bulbous bow* dengan tipe ikan layar dan *bulbous bow* pada umumnya.
3. Membantu dalam pengambilan keputusan terkait penggunaan *bulbous bow* sesuai dengan fungsi kapal.
4. Mampu dijadikan sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya.

1.5 Batasan Masalah

Untuk memfokuskan penelitian yang akan dilakukan maka diperlukan batasan-batasan masalah, yaitu sebagai berikut :

1. Kapal yang digunakan berjenis kapal *Vehicle Carrier – Ro-ro X* dengan ukuran :
 - LOA : 117.52 m
 - Lpp : 108.06 m
 - Lwl : 107.289 m
 - B : 17.2 m
 - $H_{(MLD)}$: 13 m
 - T : 4.5 m
 - Cb : 0.556
 - V_s/V_{max} : 17.5 Knots
2. Hanya menganalisis nilai tahanan total dan fenomena gelombang berdasarkan variasi-variasi yang telah ditetapkan :
 - Variasi kecepatan
(V_s dinas, $V_s - 1$, $V_s - 2$, $V_s - 3$, $V_s - 4$)
 - Variasi bentuk bulbous bow
3. Hanya menganalisis dengan menggunakan *software* Maxsurf dan CFD
4. Tidak melakukan pengujian pada *towing tank*
5. Tidak menghitung secara konstruksi dan biaya.
6. Hanya melakukan pengujian CFD pada kondisi perairan tenang

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fast Seagoing Cargo Ship

Menurut pendapat Apostolos (2014:102) pada bukunya *Methodologies of Preliminary Design* kapal kargo atau niaga digolongkan menjadi beberapa golongan berdasarkan karakteristik – karakteristik yang dimiliki oleh kapal tersebut, yaitu *Fast Seagoing cargo ship*, *Slow Seagoing cargo ship*, *Tankers*, *Ferries*, dan *Passenger ship*. Masing – masing dari tipe kapal tersebut memiliki karakteristik bentuk badan yang berbeda. *Block coefficient* (C_b), *Prismatic coefficient* (C_p), dan *Midship section coefficient* (C_m) adalah koefisien bentuk badan kapal yang dijadikan acuan utama untuk menentukan tergolong ke bagian mana kapal tersebut dikelompokkan. Ketiga bentuk tersebut dipengaruhi oleh kecepatan dan dimensi utama kapal atau yang bisa disebut dengan *Froude Number* (F_n) sehingga mempengaruhi besar dan kecilnya nilai koefisien tersebut. Berikut adalah kisaran nilai – nilai ketiga koefisien tersebut menurut buku *Methodologies of Preliminary Design* :

Tabel 2.1 Tabel kisaran nilai koefisien kapal

Ship Type	Hull form coefficient		Ratios of main dimensions		
	C_p	C_m	C_b	Lpp/B	B/T
Fast Seagoing Cargo Ship	0.57 -	0.97 -	0.56 -	5.7 - 7.8	2.2 -
	0.65	0.98	0.98		2.6
Slow Seagoing Cargo Ship	0.66 -	0.97 -	0.65 -	4.8 - 8.5	2.1 -
	0.74	0.995	0.73		2.3
Ferries	0.53 -	0.91 -	0.50 -	5.9 - 6.2	3.7 -
	0.62	0.98	0.60		4.0
Tanker $F_n = 0.15$	0.835 -	0.993 -	0.82 -	5.1 - 6.8	2.4 -
	0.855	0.996	0.88		3.2
Bulk Carrier	0.79 -	0.99 -	0.72 -	5.0 - 7.1	2.1 -
	0.84	0.997	0.86		3.2
Fishing Vessels	0.61 -	0.87 -	0.53 -	5.1 - 6.1	2.3 -
	0.63	0.90	0.60		2.6

Berdasarkan tabel diatas, tabel tersebut biasanya digunakan untuk membantu para desainer untuk menentukan ukuran utama kapal berdasarkan koefisien-koefisien bentuk yang telah ditentukan. Tipe – tipe kapal yang tergolong ke dalam *fast seagoing cargo ship* adalah kapal yang muatan utamanya berupa kargo (bukan manusia) namun memiliki bentuk yang ramping dan kecepatan kapal yang tergolong cepat, yaitu kapal *Full container carrier*, *Ro-Ro Ship* atau *Vehicle carrier ship*, dan *Livestock carrier* atau kapal

pengangkut hewan ternak. Berdasarkan tabel diatas tipe *kapal fast seagoing cargo ship* memiliki koefisien blok (C_b) yaitu berkisar antara 0.56 sampai dengan 0.64, kemudian memiliki koefisien primsatik (C_p) yaitu berkisar antara 0.57 sampai dengan 0.65 dan koefisien luasan midship (C_m) yaitu berkisar antara 0.97 sampai dengan 0.98. Pada penelitian kali ini koefisien blok kapal yang dimiliki oleh kapal objek penelitian adalah 0.61, maka kapal tersebut tergolong kedalam *fast seagoing cargo ship*.

2.2 Ikan Layar (*Sailfish*)

Menurut pendapat yang dikemukakan oleh *National Geographic* dalam situsnya <http://nationalgeographic.com/animals/fish/> ikan layar atau yang biasa disebut dengan *sailfish* atau dengan nama ilmiah *Istiophorus* ini dinobatkan sebagai ikan tercepat di dunia dengan kecepatan renang maksimum 68 miles per hour atau 110 kilometers per hours.

Ikan layar memiliki ciri-ciri fisik yaitu memiliki dua jenis warna yaitu biru atau abu-abu dengan ciri khas warna putih pudar di bagian bawah. Ikan tersebut dikatakan sebagai ikan layar dikarenakan oleh bentuk sirip yang mirip dengan layar perahu dan membentang hampir sepanjang tubuhnya. Selain itu, *sailfish* juga memiliki bentuk tubuh yang lebih tinggi dibandingkan ikan pada umumnya dengan ciri khas yang paling mendasar yaitu berbadan ramping dan bermoncong panjang.



Gambar 2.1 Ikan Layar (*Sailfish*)
Sumber : mexican-fish.com

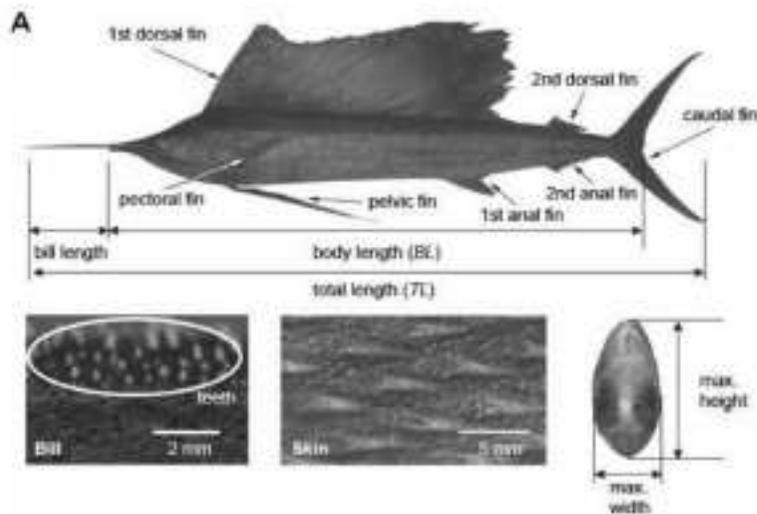
Ikan layar memiliki pada umumnya dapat ditemukan di samudera atlantik dan indo-pasifik dengan kondisi periaran hangat. Ikan jenis ini memiliki populasi yang cukup stabil dengan range kepunahan yang sangat kecil sehingga tidak ada peraturan hukum yang mengikat tentang perlindungan terhadap ikan layar tersebut. Pada umumnya pemanfaatan ikan layar oleh masyarakat dunia

hanya digunakan sebagai konsumsi atau keperluan pribadi lainnya. Berikut adalah sedikit perbandingan mengenai kecepatan ikan yang ada :

Tabel 2.2 Tabel kisaran nilai koefisien kapal
sumber : <https://www.thetravelalmanac.com/lists/fish-speed.htm>

	FISH	max. recorded speed	
		(kph)	(mph)
1.	Sailfish	110	68
2.	Marlin	80	50
3.	Wahoo	78	48
4.	Tunny	74	46
5.	Bluefin tuna	70	44
6.	Great blue shark	69	43

Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Woong Sagong, Woo-Pyung Jeon, Haecheon Choi (2013) dalam jurnalnya *Hydrodynamic Characteristic of the Sailfish (Istiophorus Platyperus) and Swordfish (Xiphias Gladius) in Gliding Postures at Their Cruise Speed* melakukan pengukuran terhadap ikan layar dan ikan pedang untuk diuji dan diukur hambatan yang terjadi pada saat ikan berenang. Berikut adalah data yang didapatkan :



Gambar 2.2 *Measurement of Sailfish body*
Sumber : Jurnal *Hydrodynamic Characteristic of the Sailfish (Istiophorus Platyperus) and Swordfish*

Tabel 2.3 Tabel detail pengukuran *sailfish*
 Sumber : Jurnal Hydrodynamic Characteristic
 of the Sailfish (*Istiophorus Platyperus*) and Swordfish

	Present study		Aleyev [7]		Ovchinnikov [8]	
	sailfish	Swordfish	sailfish	swordfish	sailfish	swordfish
Total length, TL (m)	2.25	2.89	1.81	1.85	-	-
Body length, BL (m)	1.74	1.28	-	-	1.59	1.68
HL length (m)	0.29	0.56	-	-	0.23	0.58
HL length/body length	0.17	0.44	0.14-0.30	0.40-0.45	0.17	0.34
Maximum width (m)	0.12	0.19	-	-	-	-
Maximum height (m)	0.28	0.21	-	-	-	-
Maximum thickness (m)	0.10	0.20	-	-	-	-
Streamwise position of maximum thickness ^a	0.24	0.32	0.22	0.31	0.24	0.29
Finn area ratio ^b	9.87	6.40	10	5.88	-	-
Wetted area of fish (standard) ^{***} (m ²)	0.812	0.701	-	-	-	-
Wetted area of fish (without fins) ^{***} (m ²)	0.705	0.681	-	-	-	-
Wetted area of tail (m ²)	0.099	0.049	-	-	-	-
Maximum cross-sectional area (m ²)	0.0290	0.0313	-	-	-	-

2.3 Tahanan Kapal (*Ship Resistance*)

Tahanan Kapal adalah suatu gaya yang terjadi pada saat kapal bergerak dengan kecepatan tertentu, atau dapat juga dikatakan suatu gaya yang dibutuhkan kapal untuk bergerak dengan kecepatan tertentu. Menurut Muhammad Taufan (2012) Tahanan (*resistance*) kapal pada suatu kecepatan adalah gaya fluida yang bekerja kapal sedemikian rupa sehingga melawan gerakan kapal tersebut. Tahanan tersebut sama dengan gaya fluida yang bekerja sejajar dengan sumbu gerakan kapal. Sedangkan suatu tahanan kapal ini adalah sama dengan suatu gaya dan karena dihasilkan oleh air, maka ini disebut gaya hidrodinamika. Gaya hidrodinamika ini semata-mata disebabkan oleh gerakan relatif kapal terhadap air. Tahanan kapal terbagi menjadi dua jenis, yaitu tahanan yang bekerja pada fluida cair dan tahanan yang bekerja pada fluida udara.

Menurut teori dan rumus yang dikemukakan oleh halvard dan guldhammer komponen penyusun tahanan terdiri dari kecepatan gerak fluida, luas permukaan yang berkontak dengan fluida, *density* fluida, dan koefisien tahanan total. Disebutkan pada rumus sebagai berikut :

$$R_t = \frac{1}{2} \rho C_t S V^2 \quad (1)$$

Dimana :

RT adalah Tahanan total (kN)

ρ adalah massa jenis fluida (kg/m³)

Ct adalah koefisien Tahanan total

S adalah luasan permukaan yang tercelup (m²)

Vs adalah kecepatan gerak fluida (m/s)

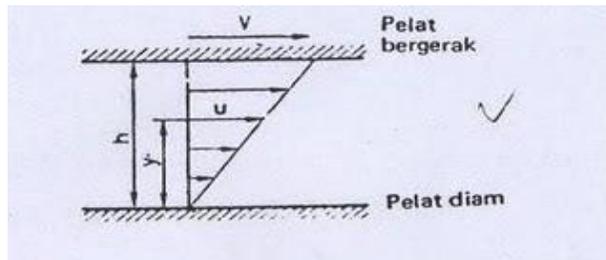
Tahanan total kapal terbagi menjadi berbagai jenis diantaranya adalah sebagai berikut :

2.3.1 Tahanan Gesek (*Friction Resistance*)

Tahanan Gesek (*friction resistance*) timbul akibat kapal bergerak melalui fluida yang memiliki viskositas seperti air laut, fluida yang berhubungan langsung dengan permukaan badan kapal yang tercelup sewaktu bergerak akan menimbulkan gesekan sepanjang permukaan tersebut, inilah yang disebut sebagai tahanan gesek.

Tahanan gesek terjadi akibat adanya gesekan permukaan badan kapal dengan media yang dilaluinya. Oleh semua fluida mempunyai viskositas, dan viskositas inilah yang menimbulkan gesekan tersebut. Penting tidaknya gesekan ini dalam suatu situasi fisik tergantung pada jenis fluida dan konfigurasi fisik atau pola alirannya (*flow pattern*).

Viskositas adalah ukuran tahanan fluida terhadap gesekan bila fluida tersebut bergerak. Jadi tahanan Viskos (RV) adalah komponen tahanan yang terkait dengan energi yang dikeluarkan akibat pengaruh viskos.



Gambar 2.3 Skema pengujian tahanan gesek

Menurut rumus yang dikemukakan oleh *International Towing-Tank Conference* (1957) komponen-komponen penyusun terjadinya tahanan gesek (*frictional resistance*) jika variable luasan permukaan basah diketahui adalah koefisien tahanan gesek (C.F) dimana koefisien tersebut dipengaruhi oleh nilai *Reynolds Number* (*Re*). *Reynolds Number* adalah suatu bilangan ukur aliran untuk mengelompokkan fenomena aliran tersebut ke dalam tiga aliran utama, yaitu *Laminar*, *Transitional*, dan *Turbulence* dimana bilangan tersebut dipengaruhi oleh kecepatan aliran, panjang benda yang dilewati aliran, dan viskositas kinematis fluida. Berikut adalah formula reynolds number menurut NASA dalam situsnya <https://www.grc.nasa.gov/www/BGH/reynolds.html> :

$$Re = \frac{V L}{\nu} \quad (2)$$

Dimana :

V : Kecepatan aliran (m/s)

L : Panjang benda yang dilewati aliran (m)

ν : Viskositas Kinematis fluida

Berdasarkan teori yang telah dibahas sebelumnya bahwa komponen penyusun koefisien gesek (C.F) pada rumus I.T.T.C 1957 adalah Reynolds number, berikut adalah formula *Friction Coefficient* menurut I.T.T.C 1957 :

$$C_f = 0.075 / (\text{Log}_{10}\text{Re} - 2)^2 \quad (3)$$

Dimana :

CF = Koefisien Tahanan Gesek
Re = Reynolds Number

Menurut teori yang dikemukakan oleh Harvald dan Guldhammer pada buku Tahanan dan Propulsi Kapal (1992) penggunaan rumus koefisien gesek yang dikemukakan oleh ITTC (1957) dapat digunakan sebagai value dari CF yang tertera pada rumus tahanan gesek (RF). Berikut adalah rumus tahanan gesek menurut Harvald dan Guldhammer :

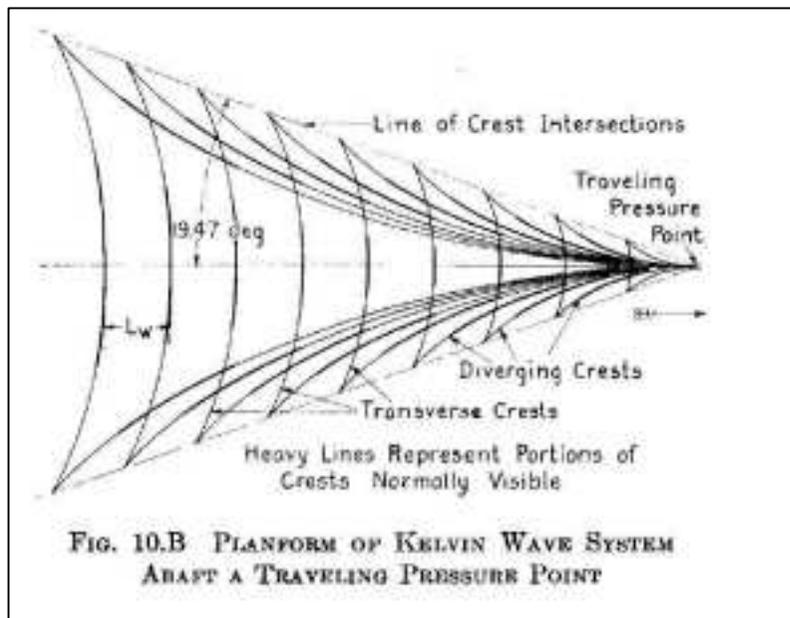
$$F_f = 0.5 \times \rho \cdot V^2 \cdot S \cdot C_f \quad (4)$$

Dimana :

Ff atau RF = Tahanan gesek (kN)
V = Kecepatan aliran (m/s)
S = Luas Permukaan Basah (m²)
CF = Koefisien Tahanan Gesek
P = Massa Jenis Fluida (Ton/m³)

2.3.2 Tahanan Gelombang (Wave-making Resistance)

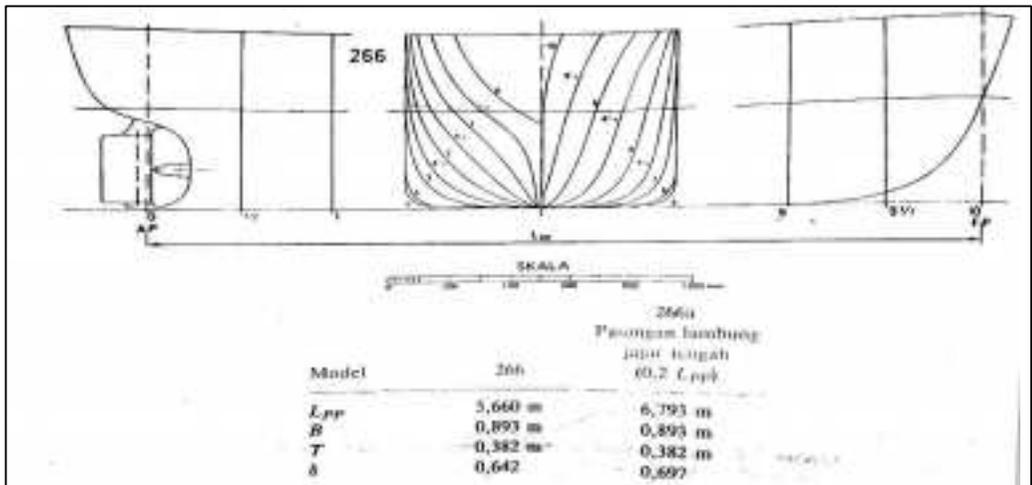
Tahanan gelombang merupakan fenomena yang terjadi akibat gelombang yang dihasilkan oleh gerak kapal. Tahanan gelombang merupakan salah satu nilai tahanan yang memiliki tingkat ketidakpastian yang cukup tinggi dikarenakan hal ini dipengaruhi oleh fenomena gerak kapal yang terjadi. Beberapa teori menggunakan metode pendekatan untuk menghitung nilai tahanan gelombang tersebut seperti metode holtrop, dan beberapa sisanya menggunakan metode percobaan untuk menentukan nilai tahanan gelombang. Menurut Sv.Aa.Harvald dalam bukunya Tahanan dan Propulsi Kapal (1983:67) menyatakan bila suatu benda digerakkan di dalam fluida ideal maka potensial dan dengan demikian, kecepatan partikel di dalam fluida tersebut dari titik ke titik akan berubah. Karena itu, benda yang bergerak secara horizontal di daerah permukaan bebas akan menimbulkan usikan terhadap permukaan tersebut. Dalam banyak hal, sistem gelombang resultan dianggap terbentuk dari empat komponen yaitu :



Gambar 2.4 Skema terjadinya tahanan gelombang
 Sumber : becker-marine-system.com

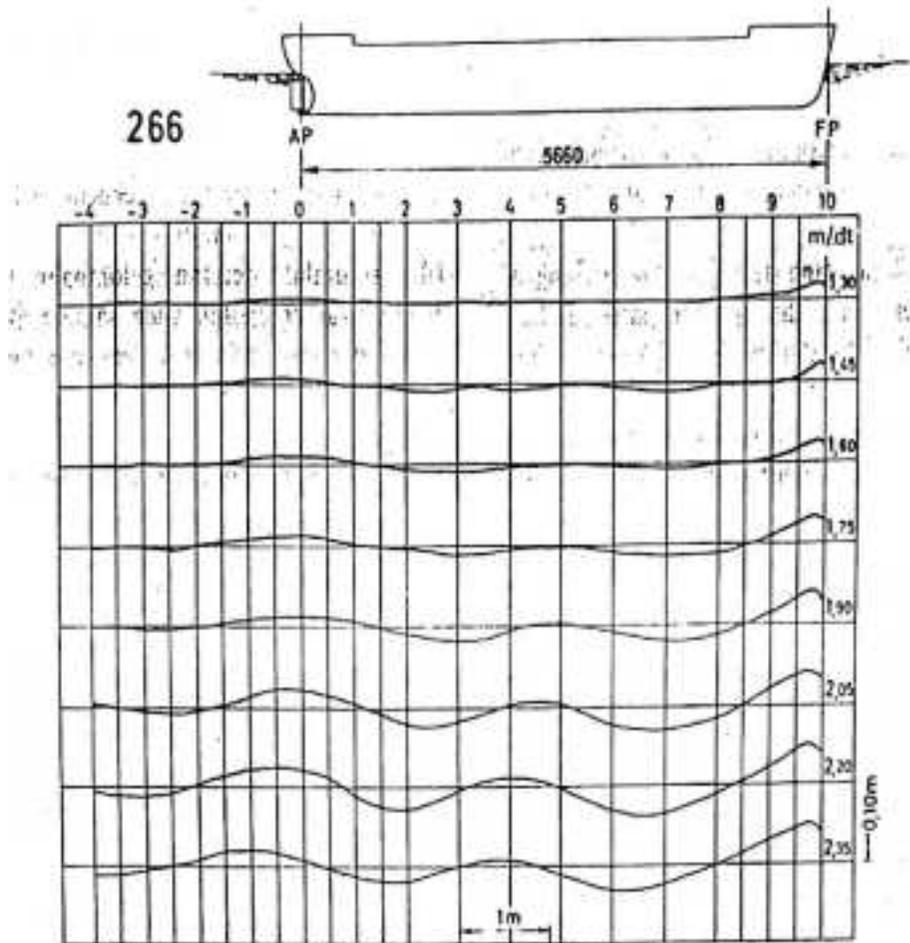
1. Sistem gelombang haluan, disebabkan karena adanya tekanan tinggi di sekitar haluan.
2. Sistem gelombang bahu haluan, disebabkan karena adanya daerah tekanan rendah di sekitar bahu tersebut.
3. Sistem gelombang bahu buritan, disebabkan karena adanya daerah tekanan rendah di sekitar bahu buritan.
4. Sistem gelombang buritan, disebabkan karena adanya daerah tekanan tinggi di buritan.

Dari percobaan yang dilakukan di tanki percobaan dengan menggunakan model kapal 266 dan 266a (rancangan model dapat dilihat pada gambar 2.6) diperoleh data mengenai sistem gelombang melintang. Model tersebut serta pelat vertikal yang dipasang dibelakangnya diberi garis tanda untuk mencatat gelombang. Gelombang yang terjadi dicatat secara visual dan fotografik. Kedua model memiliki bentuk bagian depan dan bagian belakang yang sama hanya saja untuk kapal dengan model 266a memiliki badan jajar tengah sepanjang $0.2L_{pp}$ mulai dari station 5.

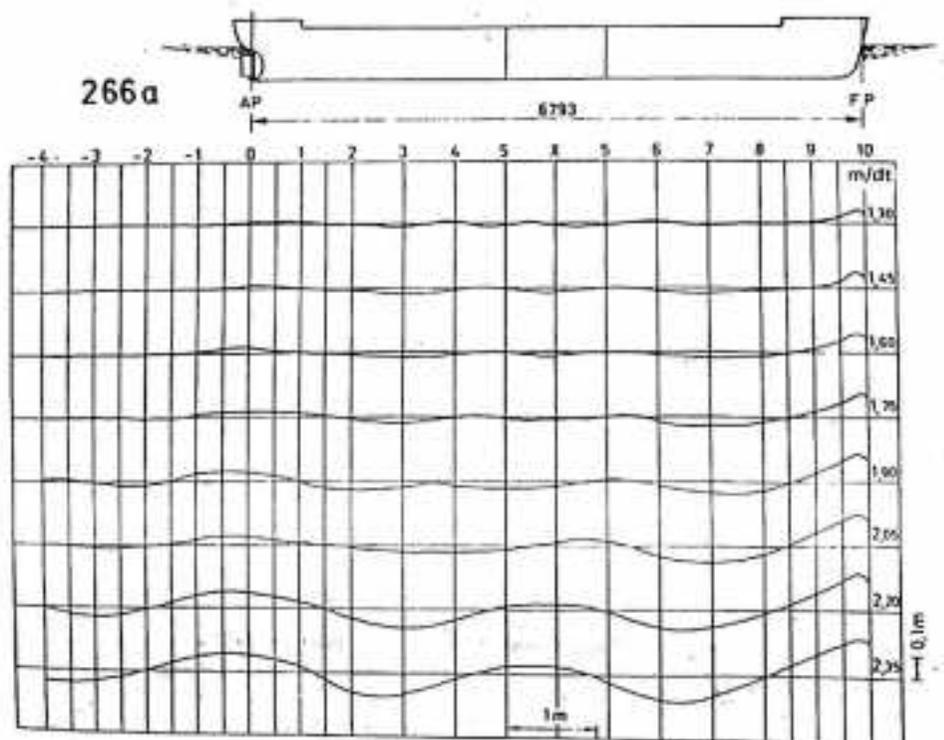


Gambar 2.5 Gambar perancangan model 266 dan 266a
Sumber : Tahanan dan Propulsi Kapal (1983:69)

Berdasarkan hasil percobaan model terhadap sistem gelombang, didapatkan hasil sebagai berikut :



Gambar 2.6 Sistem Gelombang untuk model 266
 Sumber : Tahanan dan Propulsi Kapal (1983:69)

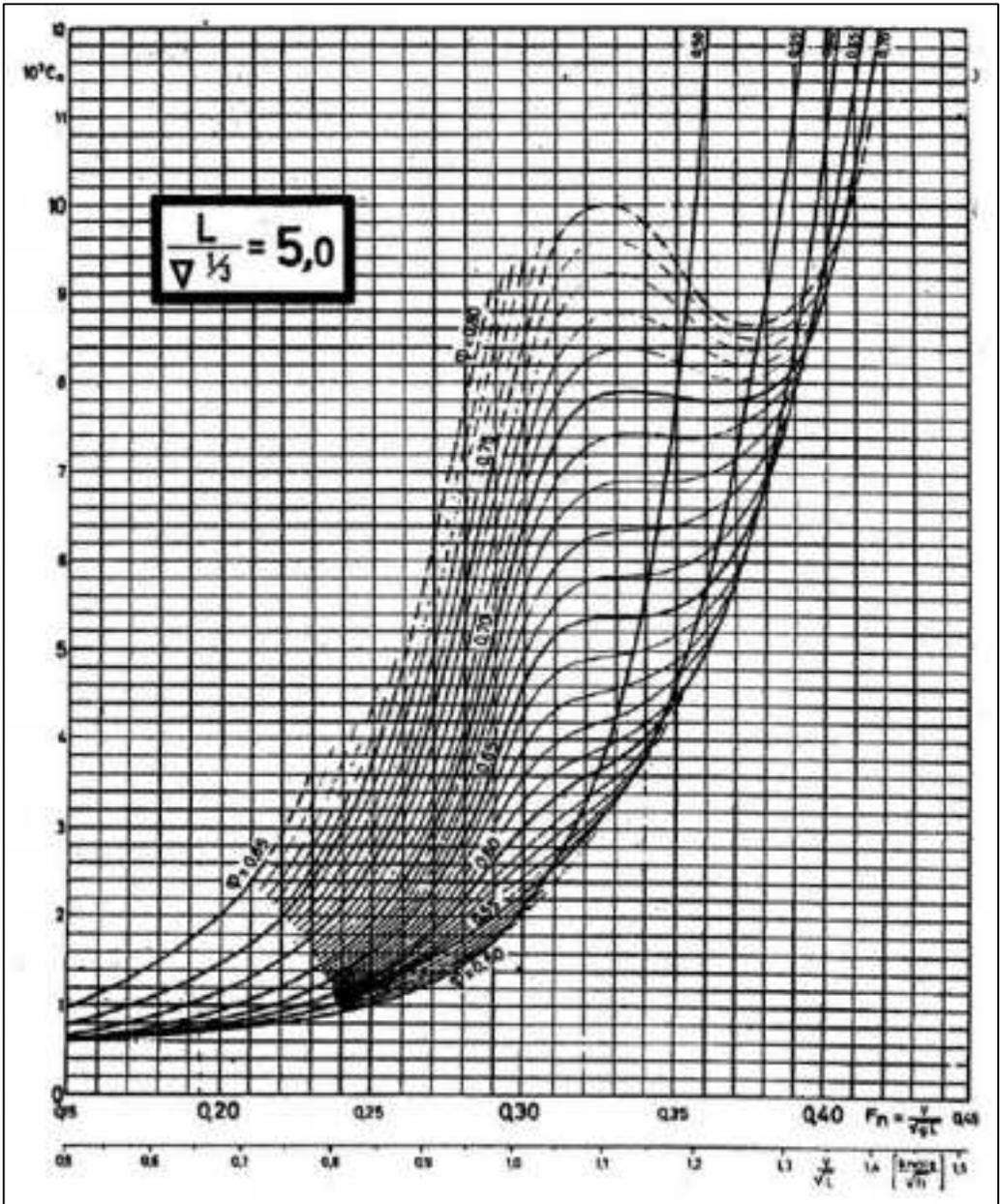


Gambar 2.7 Sistem Gelombang untuk model 266a
 Sumber : Tahanan dan Propulsi Kapal (1983:69)

Menurut pendapat Harvald dan Guldhammer pada buku Tahanan dan Propulsi Kapal (1983) Pengertian dari tahanan sisa (R_r) pada definisi kali ini adalah memisahkan komponen tahanan gesek (C_{fm}) dari tahanan total kapal (C_{tm}) atau dalam kata lain adalah semua tahanan yang terjadi pada kapal termasuk tahanan gelombang dan tahanan eddy current. Hal tersebut dapat dibuktikan melalui rumus yang tertera dibawah ini :

$$C_R = C_{TM} - C_{FM} \quad (5)$$

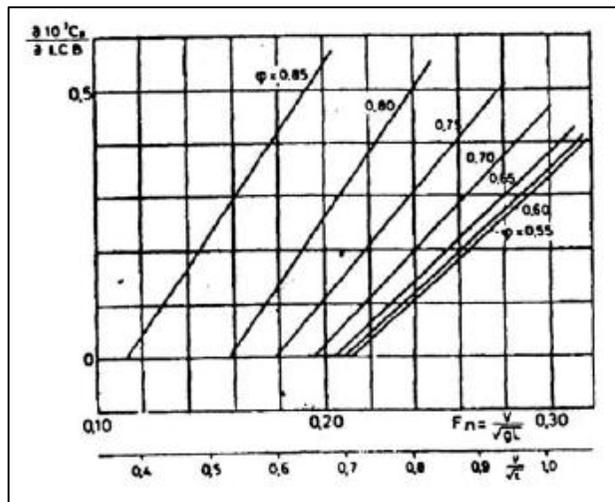
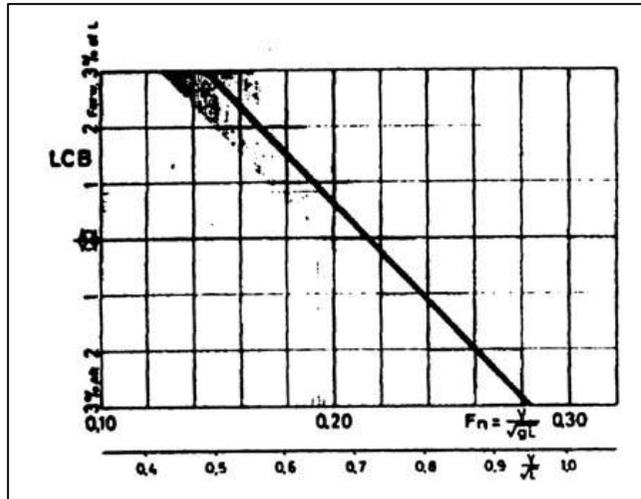
Harvald dan Guldhammer melakukan pengujian pada model kapal dengan rasio $B/T = 2,5$ dan pada kondisi LCB Standard. Menurut grafik Koefisien tahanan sisa yang dikemukakan oleh Harvald dan Guldhammer mengatakan bahwa tahanan gelombang dipengaruhi oleh Bentuk lambung (C_b, C_m, C_p) , *Froude Number* (F_n), rasio panjang kapal dengan volume displacement. Berikut adalah contoh grafik yang dibuat oleh Harvald dan Guldhammer berdasarkan hasil pengujian :



Gambar 2.8 Grafik $10^3 C_r$ fungsi F_n , dan C_p pada Length V Displacement Ratio 5.0
 Sumber : Tahanan dan Propulsi Kapal (1983:122)

Pembacaan Grafik diatas bertujuan untuk mencari nilai koefisien tahanan sisa (C_r). Setelah dilakukan pembacaan grafik $10^3 C_r$ diperlukan beberapa langkah koreksi terhadap kapal yang digunakan dikarenakan grafik tersebut

dibuat oleh Harvald dan Guldhammer pada batasan tertentu saja. Koreksi $10^3 C_R$ tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan rumus dan grafik dibawah ini :



Gambar 2.9 Koreksi LCB kapal terhadap LCB Standard
Sumber : Tahanan dan Propulsi Kapal (1992)

$$\text{Koreksi } B/T = 0.16 \left(\frac{B}{T} - 2.5 \right) \quad (6)$$

$$10^3 C_R = 10^3 C_{R(B/T=2.5)} + 0.16 \left(\frac{B}{T} - 2.5 \right) \quad (7)$$

2.3.3 Tahanan Appendages

Tahanan appendages adalah sebuah tahanan kapal yang terjadi akibat penamabahan bentuk badan kapal seperti penonjolan, lekukan, dan lain- lain. Salah satu contoh tahanan appendages adalah *bilge keel*, *fin stabilizer*, *rudder*, *bulbous bow*, lekukan pada *bow thruster* dan masih banyak lagi.

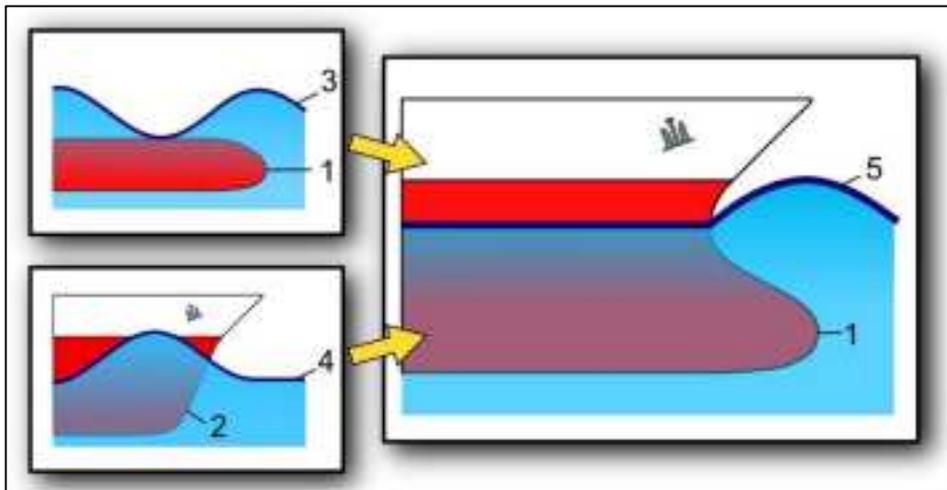
2.3.4 Tahanan Udara

Tahanan Udara adalah fenomena terjadi akibat gesekan udara yang terjadi antara bagian freeboard kapal dengan udara bebas sehingga terjadinya fenomena tahanan udara. Sama seperti tahanan gelombang, tahanan udara salah satu komponen tahanan yang memiliki nilai ketidakpastian sangat tinggi dikarenakan hal ini dipengaruhi oleh lingkungan sekitar dan olah gerak kapal. Untuk perhitungan tahanan udara tidak disebutkan oleh teori-teori yang telah dikemukakan secara detail dikarenakan perhitungan ini bersifat asumsi.

2.4 Bulbous bow

Menurut Kracht (1970) pada bukunya *Design of Bulbous Bow* menyatakan bahwa *bulbous bow* secara teoritis dengan bentuk tertentu bekerja dengan cara mempercepat aliran fluida di daerah permukaan diatas bulb, sehingga menimbulkan daerah dengan tekanan yang rendah di permukaan fluida. Daerah bertekanan rendah tersebut kemudian bereaksi dengan tekanan gelombang yang berada di haluan dimana reaksi yang terjadi bersifat mengurangi efek dari gelombang yang datang dari haluan, yang pada akhirnya akan mengurangi tekanan pada lambung dan mengurangi hambatan. Beberapa definisi juga menjelaskan bulbous bow adalah sebuah bagian tambahan yang ada pada bagian depan kapal guna untuk menciptakan new wave-making resistance dalam interval waktu yang berbeda sebagai bentuk reaksi dan aksi memotong gelombang antara gelombang alami yang tercipta pada bagian haluan dan gelombang buatan yang kemudian mereduksi tingginya gelombang pada bagian haluan sehingga mampu mereduksi nilai hambatan gelombang secara signifikan.

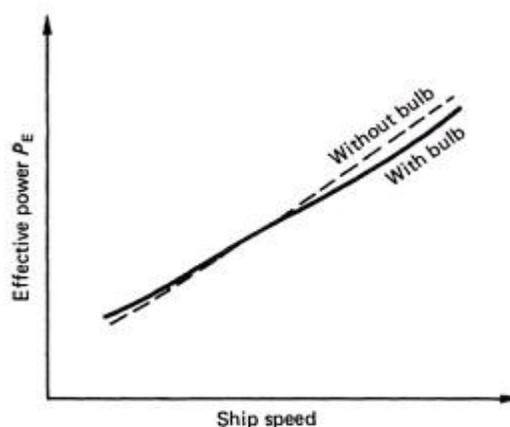
Menurut Manuel pada power point slidennya yang berjudul *Bulbous Bow Design and Construction* pada umumnya penggunaan *bulbous bow* tidak selalu efektif pada kapal oleh karena itu terdapat kisaran *Froude number* yang menganjurkan penggunaan bulbous bow yaitu $0.238 < F_n < 0.563$.



Gambar 2.10 Prinsip kerja bulbous bow

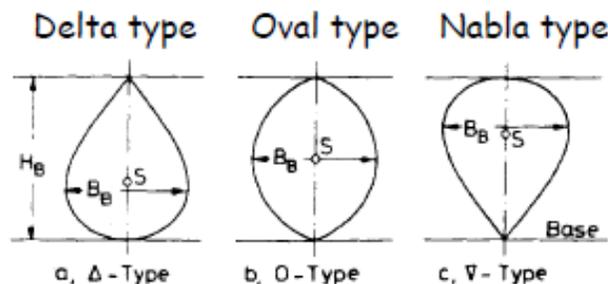
Sumber : <https://dmsonline.us>

Pengaruh penggunaan *bulbous bow* hanya menunjukkan peranannya pada kapal dengan kondisi kecepatan yang relatif tinggi, pengurangan *effective horse power* akibat berkurangnya *resistance* terjadi secara signifikan pada kondisi ini, namun sebaliknya jika dibandingkan kapal tanpa bulb karena pemasangannya hanya akan menambah hambatan dan berat kapal. Pada kecepatan tertentu dan tidak terlalu rendah, *bulbous bow* tidak memberikan efek apapun, hal ini disebabkan karena adanya keseimbangan antarnilai pengurangan efek tekanan gelombang haluan dengan penambahan hambatan oleh *bulbous bow* itu sendiri. Berikut adalah grafik perbandingan daya efektif kapal terhadap kecepatan kapal antara kapal dengan *bulbous bow* dan tanpa *bulbous bow* :



Gambar 2.11 Grafik pengaruh bulb terhadap EHP

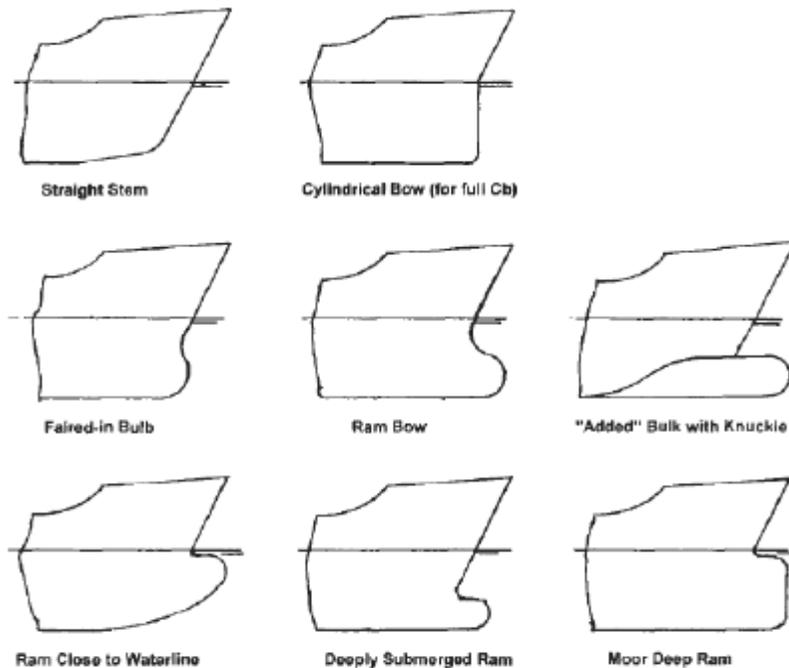
Berdasarkan gambar 2.13 terdapat dua grafik yang berbeda, grafik yang lebih tebal menunjukkan nilai *effective horse power* (EHP) di setiap kecepatannya pada kapal yang menggunakan *bulbous bow*. Grafik putus-putus menunjukkan nilai *effective horse power* (EHP) di setiap kecepatannya pada kapal yang tidak menggunakan *bulbous bow*. Pada grafik tersebut terdapat satu titik perpotongan antara kedua grafik yang menunjukkan bahwa kinerja *bulbous bow* mulai bekerja secara optimal pada satu kecepatan tertentu dimana pada grafik sebelum perpotongan tersebut nilai daya efektif kapal yang menggunakan *bulbous bow* melebihi nilai daya efektif kapal yang tidak menggunakan *bulbous bow*, namun pada grafik setelah perpotongan tersebut nilai daya efektif kapal yang menggunakan *bulbous bow* lebih kecil dibandingkan dengan kapal yang tidak menggunakan *bulbous bow*. Berdasarkan kesimpulan teori diatas, maka penggunaan *bulbous bow* kapal dengan kecepatan dibawah grafik perpotongan dianggap merugikan, sedangkan penggunaan *bulbous bow* kapal dengan kecepatan diatas grafik perpotongan dianggap menguntungkan, maka diperlukan pengujian khusus dan perhitungan khusus terhadap pemilihan dan penggunaan *bulbous bow* pada kapal sesuai dengan kecepatan dan karakteristik-karakteristik yang dimiliki oleh kapal tersebut.



Gambar 2.12 Bentuk potongan melintang bulb berdasarkan tipe
Sumber : *Design of Bulbous bow* (1970:198)

Berdasarkan gambar 2.14 terdapat tiga tipe bentuk potongan *bulbous bow*, yaitu Delta type, Oval type, dan Nabla type dimana Delta type memiliki luasan lebih besar pada bagian bawah, kemudian pada Oval type memiliki luasan yang seimbang antara atas dan bawah sehingga membentuk seperti bentuk oval. Pada tipe Nabla, luasan cenderung lebih besar pada bagian permukaan air (atas). Ketiga bentuk *bulbous bow* tersebut tentunya memiliki kecocokan terhadap karakteristik kapal masing-masing, sebagai contoh pada umumnya *bulbous bow* dengan tipe Nabla dan Oval lebih sering digunakan pada kapal dengan tipe *fast seagoing cargo ship* dan *slow seagoing cargo ship* yang memiliki bentuk depan V type, sedangkan pada kapal yang memiliki koefisien blok hingga mendekati 1 dan memiliki bentuk haluan U type pada

umumnya menggunakan delta type atau oval type, namun pengelompokan tipe bentuk potongan melintang berdasarkan bentuk lambung tersebut tidak selalu benar dikarenakan masing-masing kapal memiliki karakteristik dan fenomena gelombang yang berbeda.

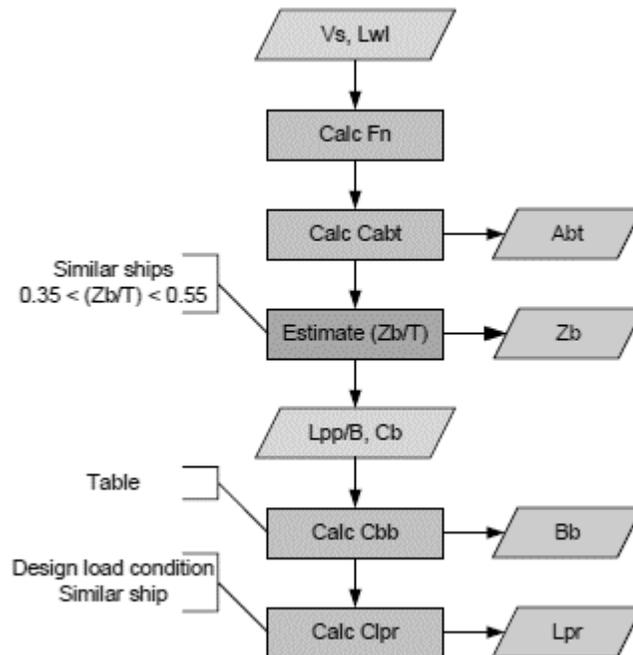


Gambar 2.13 Bentuk memanjang bulb berdasarkan tipe

Berdasarkan gambar 2.15 bulbous bow juga memiliki bentuk secara memanjang, yaitu *Straight Stem*, *Cylindrical Bow*, *Faired-in bulb*, *Ram Bow*, *Added bulk with knuckle*, *Ram Close to waterline*, *Deeply submerged ram*, dan *Moor deep ram*. Sama seperti tipe potongan bulbous bow, bentuk secara memanjang bulbous bow tersebut juga memiliki kecocokan tersendiri terhadap kondisi kapal dan karakteristik yang dimiliki oleh kapal tersebut dikarenakan bentuk memanjang tersebut sangat mempengaruhi fenomena dan besarnya gelombang yang dihasilkan untuk interferensi gelombang. Sebagai contoh berdasarkan pengamatan tipe *Ram close to waterline*, *Ram Bow*, dan *Added Bulk with Knuckle* pada umumnya sering digunakan pada kapal *fast seagoing cargo ship* atau kapal yang memiliki bentuk haluan V type, sedangkan *Moor Deep Ram* dan *Cylindrical Bow* pada umumnya sering digunakan pada kapal tanker atau kapal dengan bentuk haluan U type.

Menurut Kracht (1970:198) pada bukunya *Design of Bulbous Bow* ada beberapa parameter dan karakteristik yang harus dimiliki oleh *bulbous bow* pada umumnya. Panduan tersebut juga dapat dijadikan sebagai acuan untuk

mendesain *bulbous bow*. Untuk alur perancangan bulbous bow dengan tipe diatas menurut slide *Bulbous bow design and construction* alur pengerjaannya adalah sebagai berikut :



$$L_{PR} = C_{LPR} \cdot L_{PP} \quad (8)$$

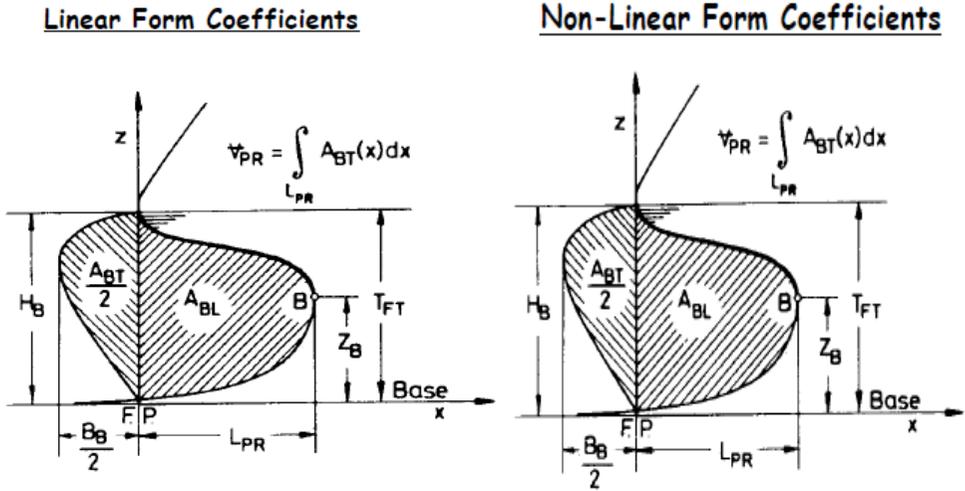
$$B_B = C_{BB} \cdot B \quad (9)$$

$$Z_B = C_{HB} \cdot T \quad (10)$$

$$A_{BT} = C_{BB} \cdot B \cdot T \cdot C_M \quad (11)$$

Gambar 2.14 Alur penggambaran bulbous bow

Untuk perancangan bulbous bow dengan tipe diatas diperlukan langkah-langkah perhitungan yang sesuai. Menurut Kracht (1970) rumus empiris yang digunakan untuk menghitung bulbous bow adalah sebagai berikut :



Gambar 2.15 Liner Form and Non Linear Form Coefficient

$$C_{BB} = B_B / B \quad (\text{Breadth Coefficient}) \quad (12)$$

$$C_{LPR} = L_{PR} / L_{PP} \quad (\text{Length Coefficient}) \quad (13)$$

$$C_{ZB} = Z_B / T_F \quad (\text{Height Coefficient}) \quad (14)$$

Dimana,

L_{PR} = Protruding length of bulb

B_B = Bulb Breadth at FP

$$C_{ABT} = A_{BT} / A_{MS} \quad (\text{Cross-Section Coefficient}) \quad (15)$$

$$C_{ABL} = A_{BL} / A_{MS} \quad (\text{Longitudinal-Section Coefficient}) \quad (16)$$

$$C_{VPR} = V_{PR} / \nabla \quad (\text{Longitudinal-Section Coefficient}) \quad (17)$$

$$t = L_{pp} \cdot |tg(Sac)| / [2 \cdot (A_{MS} - A_{BT})] \quad (18)$$

Dimana, sac adalah standartisasi SAC kepada bentuk horizontal pada FP.

Nilai koefisien linear (Kracht, 1970)

$$C_{BB} = 0.064 \text{ to } 0.122$$

$$C_{LPR} = 0.018 \text{ to } 0.031$$

$$C_{ZB} = 0.260 \text{ to } 0.550$$

Nilai koefisien non-linear (Kracht, 1970)

$$\begin{aligned}C_{ABT} &= 0.064 \text{ to } 0.122 \\C_{ABL} &= 0.068 \text{ to } 0.146 \\C_{VPR} &= 0.0011 \text{ to } 0.00272\end{aligned}$$

Rumus empiris perhitungan *bulbous bow* dan koefisien-koefisien (Kracht, 1970)

a. Height of Point of Maximum Protuberance

$$0.35 < H_B/T < 0.55 \quad (19)$$

b. Length Coefficient

1.) Bulb for Ballast Condition

$$C_{LPR} = 0.1811.C_B.(B/L_{PP}) + 0.0074 \quad (20)$$

2.) Bulb for loaded and Ballast Conditions

$$C_{LPR} = 0.2642.C_B.(B/L_{PP}) + 0.0046 \quad (21)$$

3.) Bulb from a similar ship

$$C_{LPR} = C_{LPP0} + 0.08.(C_B - C_{B0}) - 0.004.((L_{PP}/B).(L_{PP}/B_0)) \quad (22)$$

Dimana <0> mengacu pada dasar kapal.

c. Section Area Coefficient

Berdasarkan range nilai $0.22 < Fn < 1.45$, potongan melintang pada area FP dapat dihubungkan dengan Froude number dengan rumus sebagai berikut.

$$C_{ABT} = 40.Fn - 3.5 \quad (23)$$

Nilai dari C_{ABT} , untuk kapal General Cargo memiliki nilai 7-10%, Bulk Carrier 9 – 12%, dan Tankers 10 – 14%.

Tabel 2.4 Breadth Coefficient (100 x Cbb)

Lpp/B	Cb						
	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85
4.80	5.6	6.2	6.6	7.2	7.9	8.6	9.3
5.00	5.8	6.4	6.9	7.4	8.2	8.8	9.5
5.20	6.1	6.7	7.3	7.8	8.4	9.0	9.8
5.40	6.3	6.9	7.6	8.1	8.6	9.3	10.1
5.60	6.5	7.2	7.8	8.4	8.9	9.6	10.4
5.80	6.7	7.4	8.0	8.6	9.2	9.9	10.7
6.00	6.9	7.6	8.2	8.8	10.2	10.2	11.0
6.20	7.2	7.9	8.5	9.1	10.5	10.5	11.3
6.40	7.5	8.1	8.7	9.3	10.8	10.8	11.6
6.60	7.8	8.4	9.0	9.6	11.1	11.1	11.9
6.80	8.0	8.6	9.2	9.8	11.4	11.4	12.2
7.00	8.2	8.8	9.4	10.0	11.6	11.6	12.5
7.20	8.4	8.9	9.6	10.2	11.8	11.8	12.8

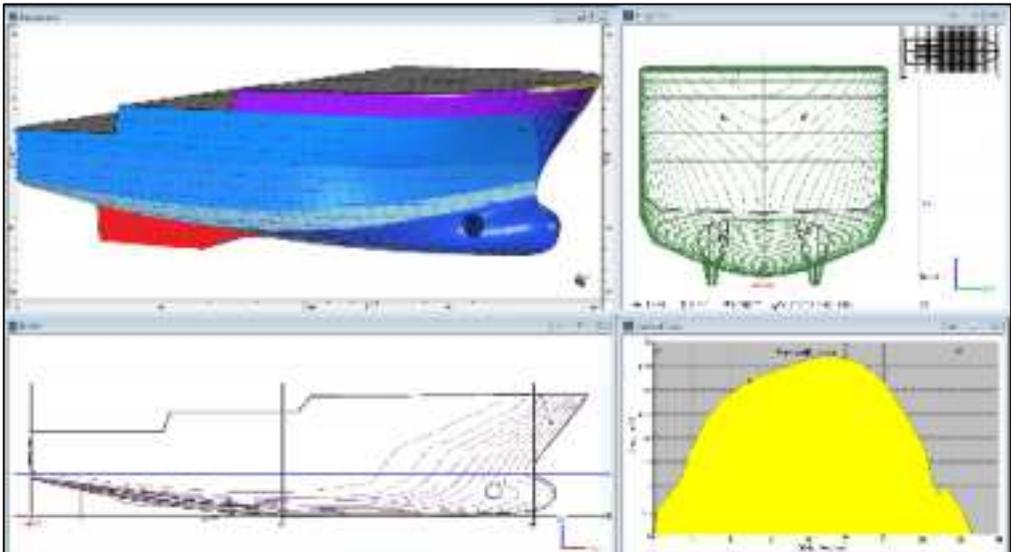
Catatan : Tabel diatas hanya berlaku jika bulbous bow memiliki nilai $Z_B/T = 0.45$, dan untuk nilai yang lebih tinggi atau rendah dari nilai yang tersedia, nilai boleh ditingkatkan atau dikurangi 0.1%.

2.5 Permodelan dan Analisa Maxsurf

Menurut Maxsurf pada situsnya <http://www.maxsurf.net> menyatakan maxsurf adalah suatu perangkat lunak berbasis *computer aided drawing* (CAD) yang biasanya digunakan oleh para *Naval Architect* dan *Marine Engineer* untuk keperluan permodelan, pengujian, dan analisa. Software maxsurf terbagi menjadi beberapa jenis sesuai dengan fungsinya, pada penulisan tugas akhir kali ini penulis hanya menggunakan dua jenis software maxsurf, yaitu :

1. Maxsurf Modeler

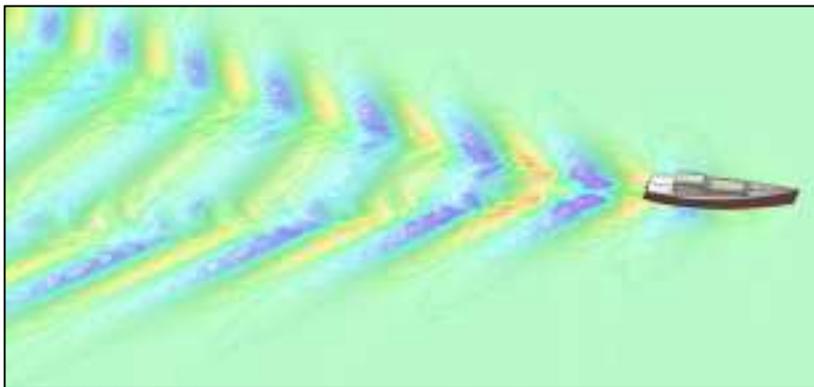
Maxsurf modeler adalah salah satu dari berbagai macam jenis software maxsurf yang memiliki fungsi khusus yaitu sebagai permodelan 3D terhadap suatu objek untuk dianalisa lebih lanjut. Salah satu contohnya adalah permodelan 3D kapal dengan menggunakan prinsip koordinat X,Y,Z. Terdapat 4 pandangan pada maxsurf modeler yaitu pandangan samping (*Sheer View*), pandangan station (*Transverse View*), pandangan waterline (*Water View*), 3D Views.



Gambar 2.16 Maxsurf Modeler
 Sumber : <http://www.maxsurf.net>

2. Maxsurf Resistance

Maxsurf Resistance adalah salah satu dari berbagai macam jenis software maxsurf yang memiliki fungsi khusus yaitu menguji dan menganalisa permodelan 3D kapal dengan menggunakan berbagai macam metode perhitungan tahanan (Harvald, Holtrop, ITTC, Yamagata, Van Oortmerssen dan lain-lain) serta menampilkan fenomena gelombang (*Free Surface*) yang terjadi akibat pergerakan kapal.

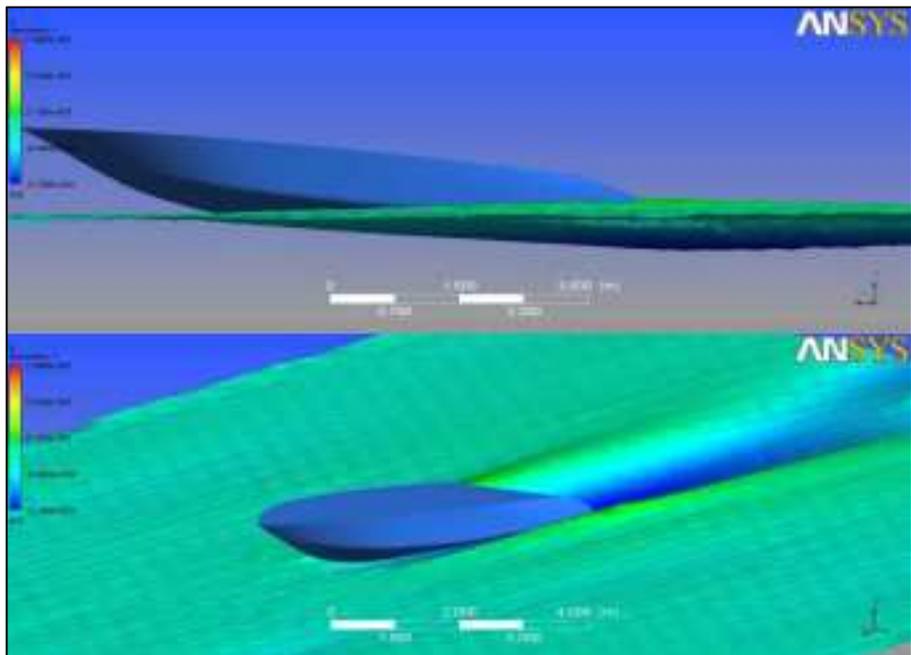


Gambar 2.17 Maxsurf Resistance
 Sumber : <http://www.kastenyachtdesign.com>

2.6 Analisa Computational Fluid Dynamics (CFD)

Menurut Charles (2007) *Computational fluid dynamics* adalah sekumpulan metodologi yang menggunakan computer untuk melakukan simulasi aliran fluida, perpindahan panas, reaksi kimia, dan fenomena aliran lainnya dengan memecahkan persamaan Navier-Stokes secara numerik.

Persamaan Navier-stokes adalah permasalahan umum untuk fenomena aliran fluida yang notabene adalah persamaan mekanika klasik yang solusinya sampai saat ini belum terpecahkan. Masalah persamaan Navier Stokes ini selain di dunia fisika dan terapannya, menjadi masalah tersendiri pula bagi matematikawan.



Gambar 2.18 Simulasi CFD

Sumber : i.ytimg.com

Tahapan-tahapan Simulasi dengan CFD Secara umum ada tiga tahapan yang harus dilalui dalam simulasi CFD: *Pre-processing*. Pada tahap ini dibangun model geometri dengan paket CAD (*Computer Aided Design*), dibangun mesh atau grid yang sesuai, dan diterapkan kondisi batas serta sifat-sifat fluida serta solidnya. *Solving*. Ini adalah tahap inti dari CFD, pada tahap ini, solusi dihitung berdasarkan kondisi-kondisi yang diterapkan pada tahap *pre-processing*. *Post-processing*. Tahapan terakhir dalam CFD. Pada tahapan ini, dilakukan interpretasi dari data hasil simulasi yang dapat berupa visualisasi kontur, vektor, kurva, histogram, dan lain sebagainya.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penulisan Tugas Akhir

Pada penelitian dalam kesempatan kali ini adalah menggunakan metode gabungan (*Mixed Methods*) dengan metode teori dasar sebagai metode kualitatif dan metode komparatif sebagai metode kuantitatif dimana penulis akan mencoba menciptakan suatu desain baru sesuai dengan studi fenomena dan membandingkan suatu hasil analisis untuk menghasilkan suatu kesimpulan. Menurut Sutopo (2017:16) pada Slide Metodologi Penelitian metode teori dasar adalah suatu metode pendekatan yang memungkinkan peneliti untuk mengembangkan atau menemukan teori yang didasarkan pada pengamatan atau studi fenomena. Menurut Emzir (2008) adalah suatu metode penelitian yang membandingkan situasi masa lalu dan saat ini atau situasi-situasi paralel yang berbeda.

Dalam penelitian yang dilakukan pada kesempatan kali ini dapat dikatakan menggunakan metode teori dasar adalah penulis melakukan perancangan berdasarkan pengamatan dan studi fenomena terhadap pengaruh bentuk bagian depan ikan layar untuk diaplikasikan ke bentuk *bulbous bow* kapal dengan menggunakan pengukuran rasio pada dimensi objek tersebut. Selanjutnya penelitian ini juga dapat dikatakan menggunakan metode komparatif adalah penulis membandingkan hasil dari kondisi *bulbous bow* baru dengan tipe ikan layar dan *bulbous bow* lama dengan tipe pada umumnya.

3.2 Metode Penugumpulan Data Tugas Akhir

Pengumpulan data untuk tugas akhir dapat dikelompokkan menjadi dua jenis sumber data yang akan dijadikan metode. Menurut Sugiyono (2013:62) sumber data dikelompokkan menjadi dua jenis sumber, yaitu :

1. Sumber Data Primer

Data Primer adalah sumber data yang langsung diberikan oleh pemilik data kepada pengumpul data atau dapat dikatakan juga sebagai data yang berasal langsung dari sumbernya. Data Primer pada tugas akhir kali ini adalah data kapal meliputi ukuran utama, data mesin utama, data pendukung kapal dan gambar rencana garis kapal *Fast Seagoing Cargo Ship (Ro-Ro)*.

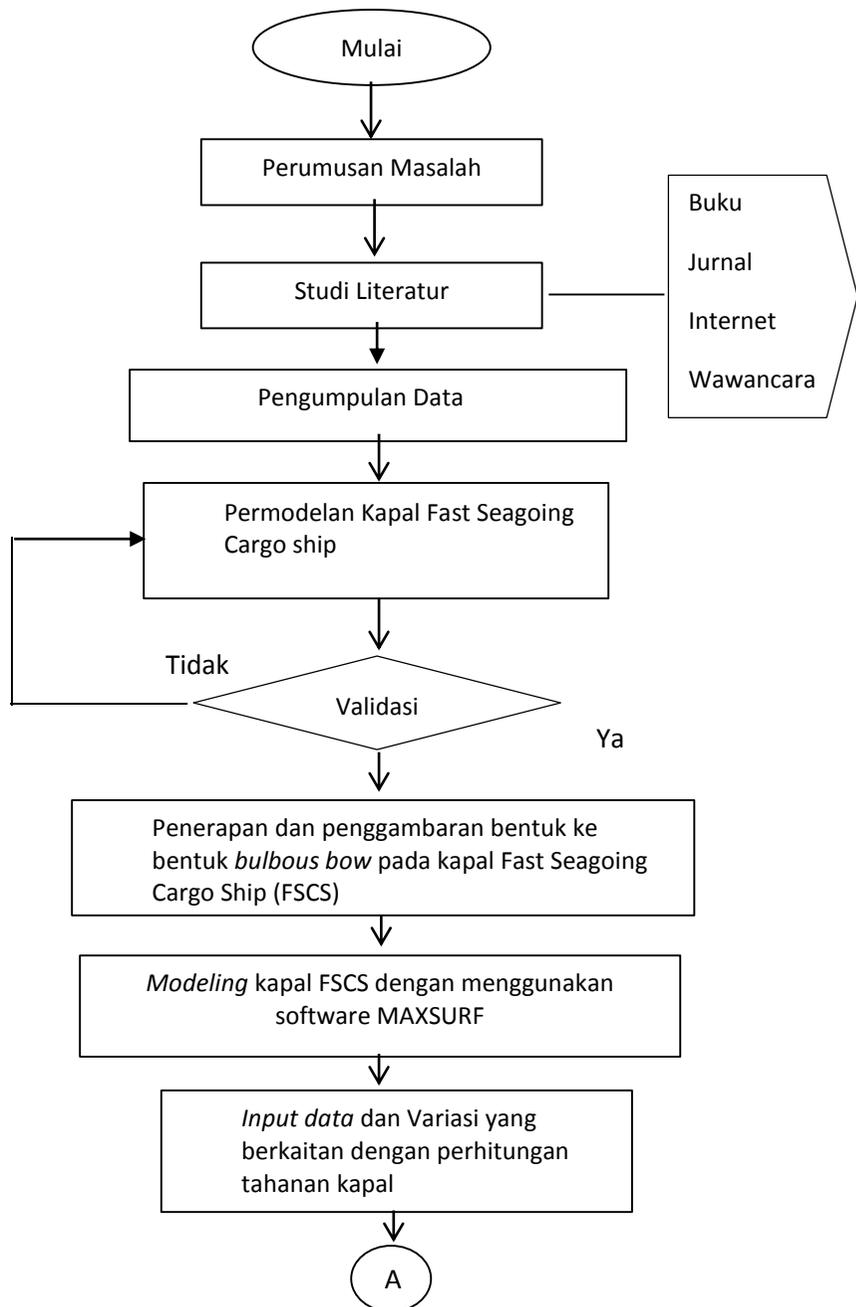
2. Sumber Data Sekunder

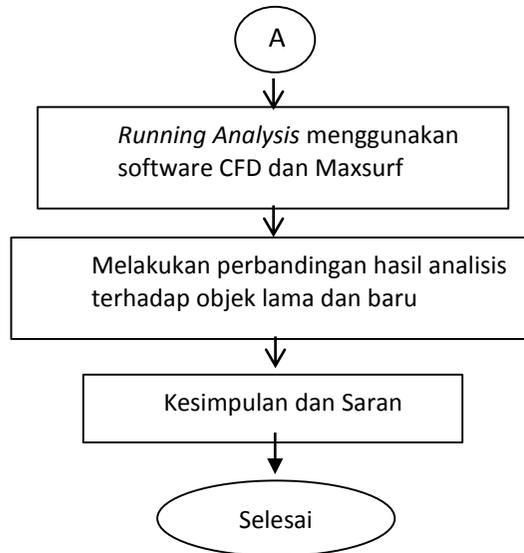
Data Sekunder adalah sumber data yang tidak secara langsung diberikan oleh sumber data kepada pengumpul data atau dapat dikatakan juga data tersebut sudah tersedia sehingga hanya perlu dicari, dikumpulkan, dan diolah yang diperoleh dari sumber terkait. Data sekunder pada tugas akhir kali ini adalah :

- a. Data ukuran ikan layar (*sailfish*)
- b. Data penggambaran *bulbous bow*

3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini merupakan perencanaan langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penyusunan tugas akhir ini secara berurutan. Berikut adalah langkah-langkah penyusunan tugas akhir kali ini :





Gambar 3.1 Rencana Tahapan Penelitian

Penjabaran langkah yang dilakukan untuk menyelesaikan tugas akhir mengenai pengembangan bentuk bulbous bow adalah sebagai berikut :

1. Perumusan Masalah

Perumusan masalah adalah tahap awal yang perlu dilakukan dalam suatu penelitian manapun dengan tujuan untuk mengetahui pokok masalah yang harus diselesaikan. Perumusan masalah dapat diketahui berdasarkan pengamatan atau observasi, pengalaman, dan beberapa aspek lainnya. Pada tugas akhir kali ini perumusan masalah tersebut adalah membahas tentang pengaruh bulbous bow dengan bentuk bagian depan ikan layar terhadap efisiensi nilai tahanan kapal.

2. Studi Literatur

Studi Literatur adalah proses pengumpulan informasi berupa teori penunjang yang berfungsi membantu proses pengerjaan tugas akhir. Studi literatur dapat diketahui melalui buku informasi, internet, jurnal, dan proses wawancara.

3. Pengumpulan Data

Pada tugas akhir kali ini data-data yang dikumpulkan untuk menunjang proses pengerjaan tugas akhir adalah berupa ukuran utama kapal, data gambar rencana garis, dan data pendukung lainnya seperti spesifikasi mesin utama.

4. Permodelan Kapal *Fast Seagoing Cargo Ship* dan Pengujian Tahanan

Permodelan Kapal *Fast Seagoing Cargo Ship* dan Pengujian tahanan adalah suatu tahap yang diperlukan untuk validasi ketepatan model dan *software* tersebut, pengujian tahanan dengan menggunakan simulasi CFD yang kemudian hasil dari pengujian tersebut akan dikoreksi terhadap perhitungan teoriti dengan menggunakan metode perhitungan tahanan.

5. Penerapan Desain

Penerapan desain dan penggambaran bentuk bulbous bow tipe baru untuk kapal *Fast Seagoing Cargo Ship* menggunakan data- data gambar seperti gambar tampak memanjang ikan layar, kombinasi rumus pembuatan *bulbous bow* yang sudah ada dan sedikit variasi percobaan terhadap bentuk *bulbous bow*. Pada tahap penerapan desain kali ini diperlukan juga penerapan desain *bulbous bow* konvensional pada model kapal yang kemudian kedua model tersebut akan dibandingkan.

6. Modeling

Modeling kapal *Fast Seagoing Cargo Ship* dilakukan pada software Maxsurf dengan dua kondisi model, yaitu model kapal dengan bulbous bow konvensional, dan kapal dengan bulbous bow tipe baru. Proses modeling pada kali ini melibatkan data primer berupa data *linesplan* (Rencana garis) dan data objek yang telah dilakukan pada tahap penerapan desain.

7. Input data dan Variasi

Input data dan variasi dilakukan pada software maxsurf dan cfd sebagai data utama dan pendukung untuk melakukan proses analisis. Data yang diinput pada tahap kali ini adalah berupa kecepatan kapal, metode analisis tahanan yang akan digunakan (Holtrop, Harvald, ITTC, dan lain-lain), serta karakteristik-karakteristik yang lainnya jika diperlukan. Variasi data yang digunakan pada tahap kali ini adalah membuat variasi analisis pada kecepatan kapal dan bentuk bulbous bow tipe baru.

8. Perbandingan Hasil

Pada tahap perbandingan hasil dilakukan dengan cara membandingkan hasil tahanan total yang didapat dari hasil analisis dan running software sehingga dapat dijadikan kesimpulan. Pada tahap ini variabel-variabel yang dibandingkan adalah nilai tahanan total pada 2 kondisi yaitu kapal dengan *bulbous bow* konvensional dan kapal dengan *bulbous bow* tipe baru

9. Kesimpulan dan Saran

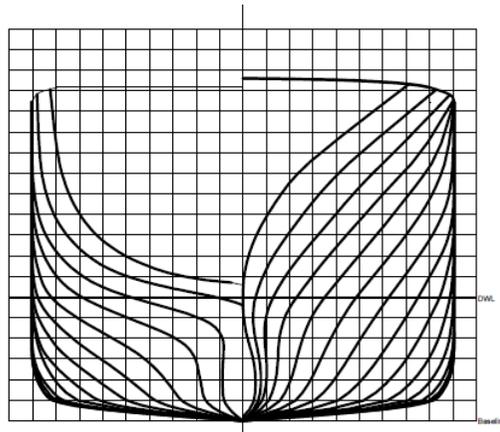
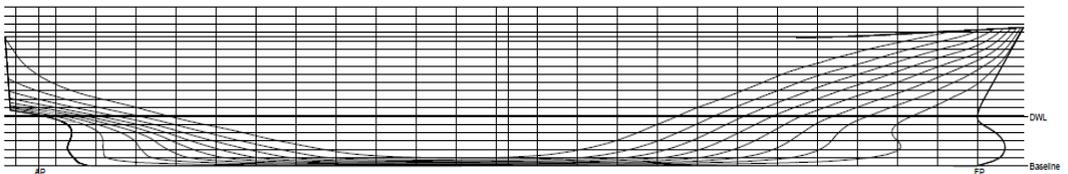
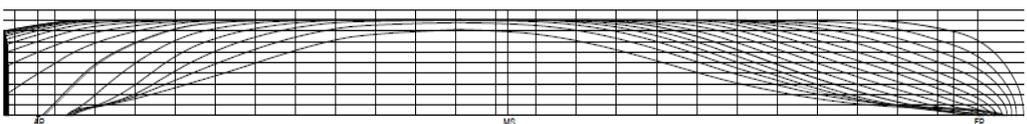
Kesimpulan adalah tahap akhir dari suatu penelitian yang merupakan jawaban dari perumusan masalah yang telah dikemukakan sebelumnya berdasarkan hasil analisis penelitian.

3.4 Data Kapal

Pada data kapal kali ini penulis diberikan data oleh yang bersangkutan berupa file model 3d dimensi pada Maxsurf sehingga ukuran utama yang didapatkan adalah hasil dari output nilai pada software Maxsurf. Untuk memastikan ketepatan model terhadap ukuran utama kapal diperlukan pemeriksaan ukuran utama terhadap data-data utama yang tercantum pada *Class*. Pada penulisan tugas akhir kali ini data kapal yang digunakan adalah kapal *vehicle carrier* atau yang biasa disebut dengan Ro-Ro (*Roll on- Roll off*) dengan dimensi utama :

<i>Length over all</i>	: 117.52	meters
<i>Length between perpendicular</i>	: 108.06	meters
<i>Length at draught</i>	: 107.289	meters

<i>Breadth Moulded</i>	: 17.2	meters
<i>Depth</i>	: 13.0	meters
<i>Max.Draught</i>	: 4.5	meters
<i>VelocityService</i>	: 17.5	Knots
<i>Block Coefficient</i>	: 0.556	

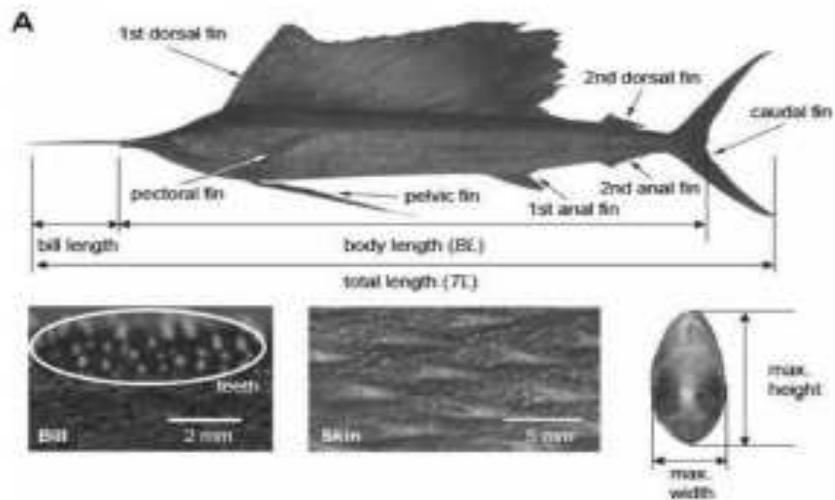
Gambar 3.2 Skema *Bodyplan Ro-Ro ship*Gambar 3.3 Skema *Sheer plan Ro-Ro ship*Gambar 3.4 Skema *Waterplan Ro-Ro ship*

Data rencana garis diatas kemudian digunakan sebagai acuan pembuatan model pada software *maxsurf modeler advanced* sehingga model mampu digunakan sebagai objek analisis yang mewakili kapal pada aslinya. Pada data diatas, kapal memiliki *bulbous bow* berjenis *ram bow* dan memiliki potongan melintang berbentuk *delta type*.

3.5 Data *Sailfish Geometry*

Sesuai yang sudah dijelaskan pada bab ii bahwa data *sailfish geometry* dibutuhkan untuk melakukan desain *bulbous bow* tipe *sailfish* dikombinasikan dengan teori *design of bulbous bow* yang dikemukakan oleh Kracht. Menurut penelitian yang

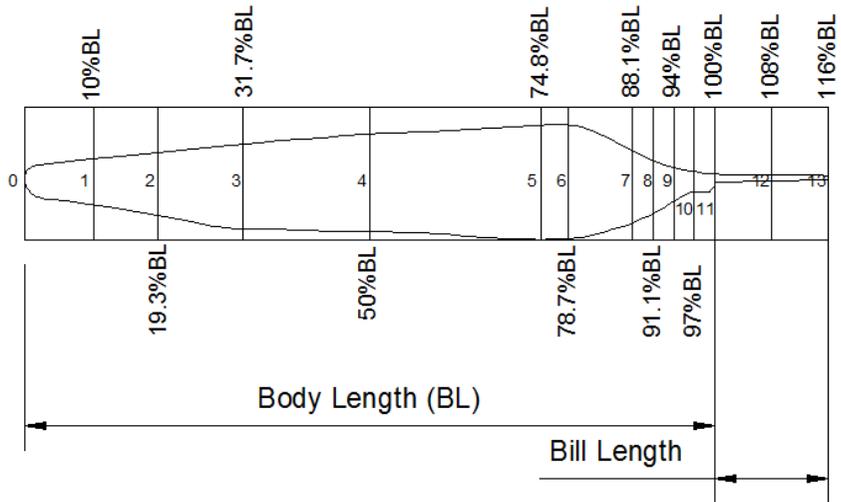
telah dilakukan oleh Woong Sagong, Woo-Pyung Jeon, Haecheon Choi (2013) dalam jurnalnya *Hydrodynamic Characteristic of the Sailfish (Istiophorus Platyperus) and Swordfish (Xiphias Gladius) in Gliding Postures at Their Cruise Speed* melakukan pengukuran terhadap ikan layar dan ikan pedang untuk diuji dan diukur hambatan yang terjadi pada saat ikan berenang. Berikut adalah data yang didapatkan :



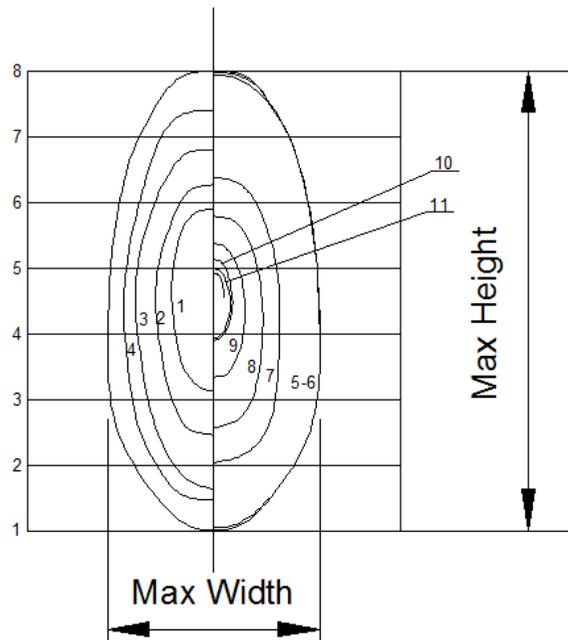
Gambar 3.5 *Sailfish Geometry*
 Sumber : Jurnal *Hydrodynamic Characteristic of the Sailfish (Istiophorus Platyperus) and Swordfish*

Tabel 3.1 Nilai rasio *sailfish geometry*
 (diolah)

Item	Sailfish		
	Dimension	Ratio to 50%length	Ratio to Width
Total Length (m)	2.25	2.59	
Body Length (m)	1.74	2.00	
50% Body Length (m)	0.87	-	
Bill length	0.29	0.33	
Maximum Width (m)	0.12	-	-
Maximum Height (m)	0.28	-	2.33



Gambar 3.6 Longitudinal Sailfish Geometry (diolah)



Gambar 3.7 Transverse Section Sailfish Geometry (diolah)

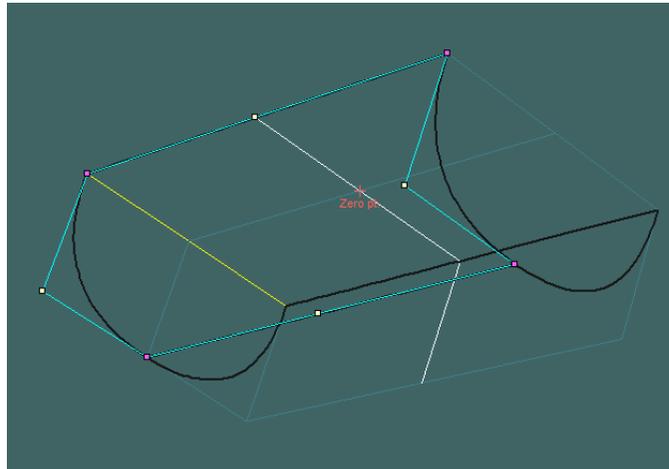
Tabel 3.2 Nilai *offset trasverse section sailfish geometry*
(Detail tabel pada lampiran)

Row	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
1	0.00%	0.00%	0.00%	20.17%	29.25%	40.42%	46.12%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
2	0.00%	0.00%	21.23%	33.25%	41.25%	52.33%	59.33%	31.00%	29.25%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
3	0.00%	19.50%	28.17%	38.42%	45.17%	55.67%	52.14%	33.25%	24.67%	14.83%	4.97%	4.98%	0.00%	0.00%
4	0.00%	21.33%	28.25%	39.50%	45.00%	52.75%	51.00%	32.67%	23.50%	14.58%	8.47%	4.07%	4.33%	0.00%
5	0.00%	20.67%	28.25%	38.75%	44.17%	52.17%	50.00%	31.75%	21.90%	12.17%	5.50%	0.00%	0.00%	0.00%
6	0.00%	0.00%	17.00%	23.92%	37.67%	47.75%	46.00%	21.17%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
7	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	20.58%	37.50%	31.22%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
8	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

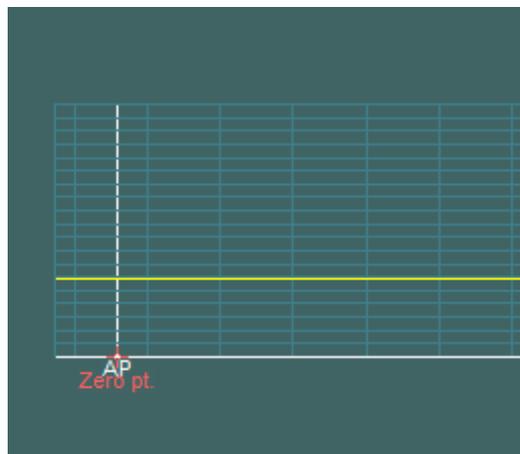
Berdasarkan tabel 4.2 nilai *offset transverse section of sailfish geometry* menampilkan nilai-nilai % dari lebar maksimum setiap potongan pada ketinggian tertentu (ketinggian ditunjukkan dengan garis horizontal dengan penomoran) yang ada pada gambar 4.6 *Transverse Section Sailfish Geometry*. Pada tabel diatas nilai-nilai % lebar setiap potongan ditampilkan dalam bentuk persen atau rasio terhadap lebar maksimum *sailfish*. Pembuatan bentuk potongan – potongan seperti pada gambar 4.6 dilakukan dengan cara pendekatan dan mengacu pada penelitian sebelumnya oleh Woong Sagong, Woo-Pyung Jeon, Haecheon Choi (2013) dalam jurnalnya *Hydrodynamic Characteristic of the Sailfish (Istiophorus Platyperus) and Swordfish (Xiphias Gladius) in Gliding Postures at Their Cruise Speed*. Pembuatan bentuk potongan melintang *sailfish* dilakukan dengan tujuan untuk memudahkan desain bentuk *bulbous bow* tipe baru secara melintang sehingga bentuk tersebut mendekati bentuk *sailfish* pada umumnya.

3.6 Permodelan Tahap 1

Tahap permodelan kali ini adalah memodelkan bentuk kapal dalam bentuk 3 dimensi (3D) pada *software Maxsurf Modeler Advanced* dengan tujuan agar dapat dijadikan objek pengujian tahanan dan fenomena gelombang permukaan air pada *software Maxsurf Resistance*. Pada permodelan kali ini diperlukan jenis *surface* default agar mudah dibentuk. Untuk meningkatkan ketelitian dan memudahkan pembuatan model dilakukan pembagian *surface* dengan artian pembuatan model antara satu objek dengan objek lainnya dilakukan secara terpisah namun tetap dalam satu kesatuan sebagai contoh *surface 1* untuk pemodelan lambung bagian depan, kemudian *surface 2* untuk pemodelan lambung bagian belakang, dan seterusnya.

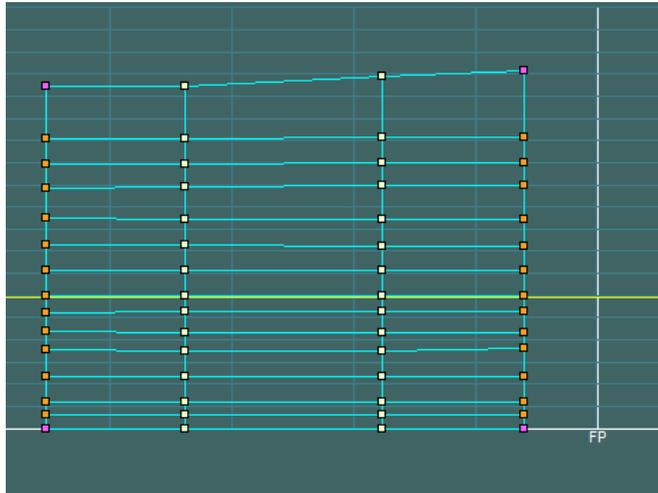
Gambar 3.8 *Surface Default*

Pada gambar 4.7 adalah gambar *surface default* tampak 3 dimensi. *Surface* masih berbentuk balok seperti gambar diatas dengan ukuran *default*. Dikarenakan ukuran *surface* masih berupa *default* maka diperlukan input nilai ukuran panjang, lebar, dan tinggi sesuai dengan ukuran pembagian *surface* pada *list button "size surface"*. Setelah dilakukan input nilai ukuran maka dilakukan pengaturan titik *Zero Point* dimana titik tersebut akan dijadikan acuan pembuatan. Pada permodelan kali ini titik *zero point* diletakkan pada *baseline station AP* sesuai dengan gambar rencana garis.

Gambar 3.9 Posisi *Zero Point*

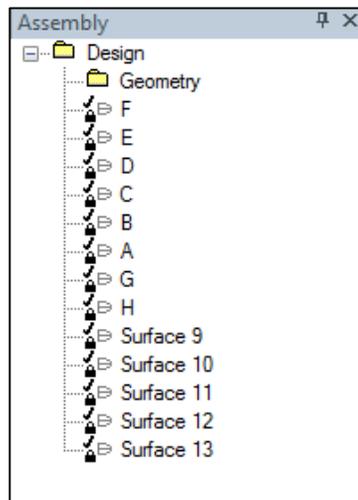
Setelah dilakukan penentuan letak titik koordinat *zero point* selanjutnya dilakukan penambahan titik *control point* pada *surface* secara horizontal dan vertikal sebagai acuan bentuk *surface* pada panjang dan ketinggian tertentu dari titik *zero point*. Jumlah titik *control point* secara horizontal dan vertikal sesuai dengan

pembagiannya setiap surface masing-masing. Sebagai contoh *surface* F memiliki 4 titik *control point* horizontal dan 15 titik *control point* vertikal.

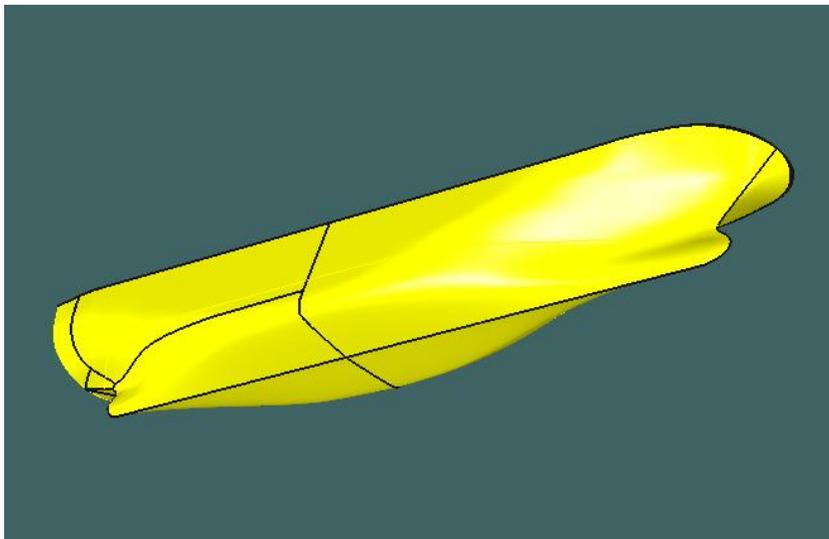


Gambar 3.10 Jumlah *control point* pada *surface* F

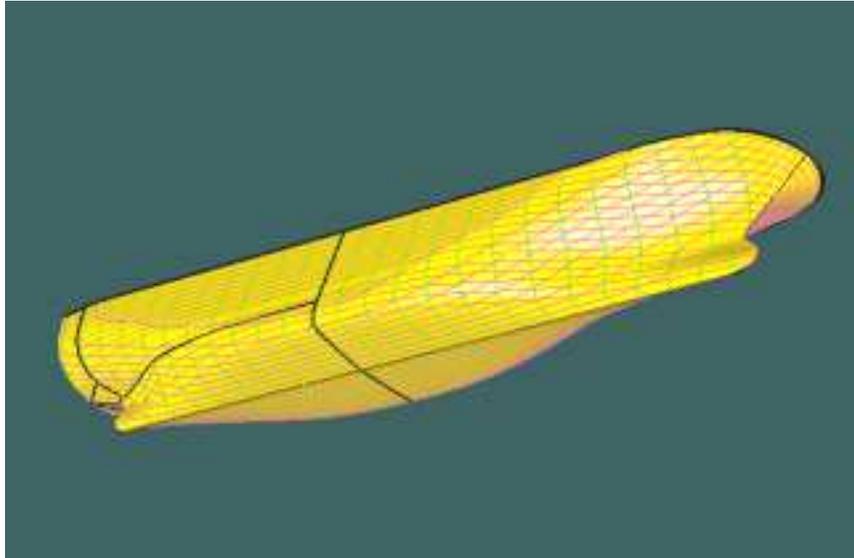
Setelah dilakukan penambahan titik *control point* secara horizontal dan vertikal selanjutnya dilakukan input nilai *Long Position*, *Height*, dan *Offset* pada tabel *control point*. *Long Position* adalah nilai panjang dari titik *zero point* ke bagian bentuk tertentu dengan nilai positif (+) jika berada di kanan dan memiliki nilai negatif (-) jika posisi berada di kiri. *Height* adalah ketinggian suatu titik tertentu dari dasar (*baseline*) titik *zero point*. *Offset* adalah nilai lebar pada panjang dan ketinggian tertentu, sehingga gabungan nilai *offset* akan membentuk suatu bentuk penampang yang kemudian hal ini akan menampilkan bentuk – bentuk permodelan benda. Pada permodelan kapal *Ro-ro fast seagoing cargo ship* ini model dibagi menjadi 13 *surface* yaitu 3 *surface* didepan midship (F,G,E), 4 *surface* dibelakang midship (C,D,B,A), 6 *surface* sebagai penutup geladak cuaca (*surface* 9,10,11,12,13) dan 1 *surface* sebagai transom (H). Pada bab iv ini detail nilai – nilai yang terdapat pada *control point* tidak ditampilkan melainkan pada lampiran.

Gambar 3.11 Pembagian *Surface*

Setelah langkah-langkah diatas dipenuhi, bentuk linggi pada model dapat dibentuk dengan cara menaikkan titik *control point* secara horizontal dengan ketinggian tertentu sesuai dengan gambar linggi pada gambar *rencana garis*. Ketelitian dan presisi suatu model dapat dipengaruhi oleh jumlah titik *control point* yang ditambahkan pada *surface* untuk memperoleh ketelitian dan nilai presisi yang tinggi, semakin banyak titik *control point* pada *surface* maka ketelitian dan nilai presisi yang dihasilkan semakin baik, begitu pula sebaliknya. Berikut adalah hasil pembuatan model kapal Ro-ro X :



Gambar 3.12 Bentuk Model Kapal Ro-ro X



Gambar 3.13 Bentuk Model Kapal Ro-ro X dengan Grid

3.7 Validasi Ketepatan Software

Tahap Validasi adalah tahap dimana dilakukan pemeriksaan atau pengecekan terhadap kebenaran atau ketepatan suatu data terhadap satu acuan yang serupa. Tahap validasi diperlukan untuk memeriksa hasil pengujian dengan teori yang ada. Pada penulisan tugas akhir kali ini diperlukan validasi ketepatan hasil analisis pengujian tahanan total terhadap teori pendekatan perhitungan tahanan total seperti teori Harvald Gulddhammer, dan Holtrop. Hal itu diperlukan guna memastikan apakah pengujian yang dilakukan sudah sesuai sehingga hasil yang dihasilkan sesuai dengan perhitungan teori. Validasi nilai tahanan total juga bisa dibandingkan dengan nilai hasil pengujian uji tarik model pada *towing tank*, namun pada penulisan tugas akhir kali ini validasi hanya membandingkan hasil running software *Computational Fluid Dynamics (C.F.D)* terhadap teori tahanan total dikarenakan pengujian tarik model pada *towing tank* memerlukan biaya yang sangat besar.

Pada pengujian software *Computational Fluid Dyanmics* prinsip pengujiannya hampir menyerupai pengujian tarik pada *towing tank* hanya saja pengujian kali ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak. *Output* hasil pada pengujian CFD sendiri berupa fenomena gelombang akibat reaksi gerak badan kapal serta nilai tahanan total pada kapal. Berikut adalah spesifikasi pengujian pada *Computational Fluid Dynamics* :

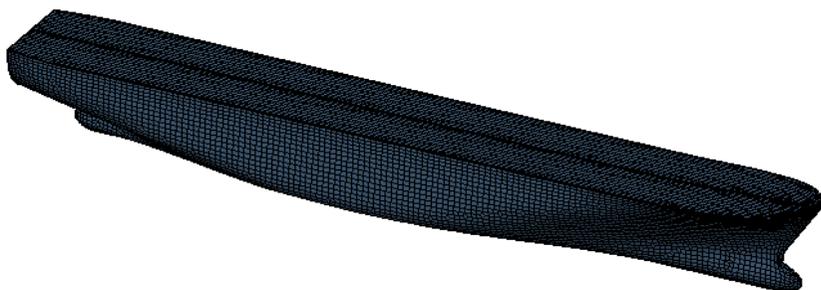
Length of Model	: 108.06	Meters	
Zero point	: AP Station		(X)
	: Centreline		(Y)
	: 4.5 meter above baseline		(Z)
Length of Box	: 378	Meters	
Width of Box	: 161.8	Meters	

Height of Box	: 270	Meters
Draught	: 0	Meters
	(4.5 m above baseline)	
Time Step	: 1000	
Iteracy	: 1000	
Velocity (at Service)	: 17,5 Knots (9,002 m/s)	

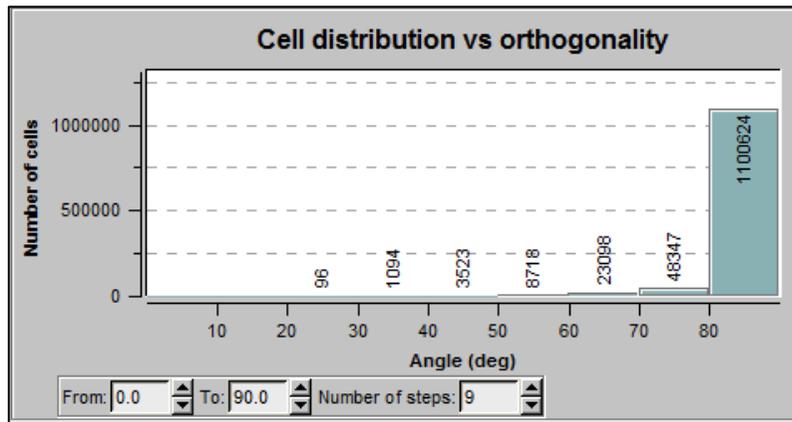
Pada fitur *Computational Fluid Dynamics* (CFD) terdapat dua jenis pengujian pada objek yaitu pengujian pada kondisi *steady* dan pengujian pada kondisi *unsteady*. Kondisi *Steady* adalah kondisi dimana pengujian dilakukan pada objek dalam kondisi perairan diam (tenang) sedangkan kondisi *Unsteady* adalah kondisi dimana pengujian dilakukan dalam kondisi bergelombang sehingga objek diatur sedemikian rupa agar benda dapat mengikuti pola pergerakan gelombang. Pada penelitian kali ini model kapal Ro-Ro dilakukan pada kondisi perairan tenang (*Steady*) untuk melihat pola gelombang yang dihasilkan oleh kapal itu sendiri tanpa ada pengaruh dari kondisi perairan.

Berdasarkan data spesifikasi pengujian pada model kapal Ro-ro, pada pengujian kali ini pembuatan model untuk pengujian dilakukan dengan setengah model atau $\frac{1}{2}$ lebar kapal untuk mempercepat proses pengujian dengan catatan model *disetting* dengan pengaturan *mirror surface* sehingga tidak mempengaruhi akurasi pengujian. Sebelum dilakukan pengujian perlu dilakukan proses *meshing* :

Detail Meshing		
<i>Amount of Cells</i>	: 1185500	Cells
<i>Number of Refinements</i>	: 6	(Global)
	: 6	(Surface)
<i>Active Surface</i>	: <i>Transom, Hull, Deck,</i> <i>Iso Surface Z (Draught)</i>	

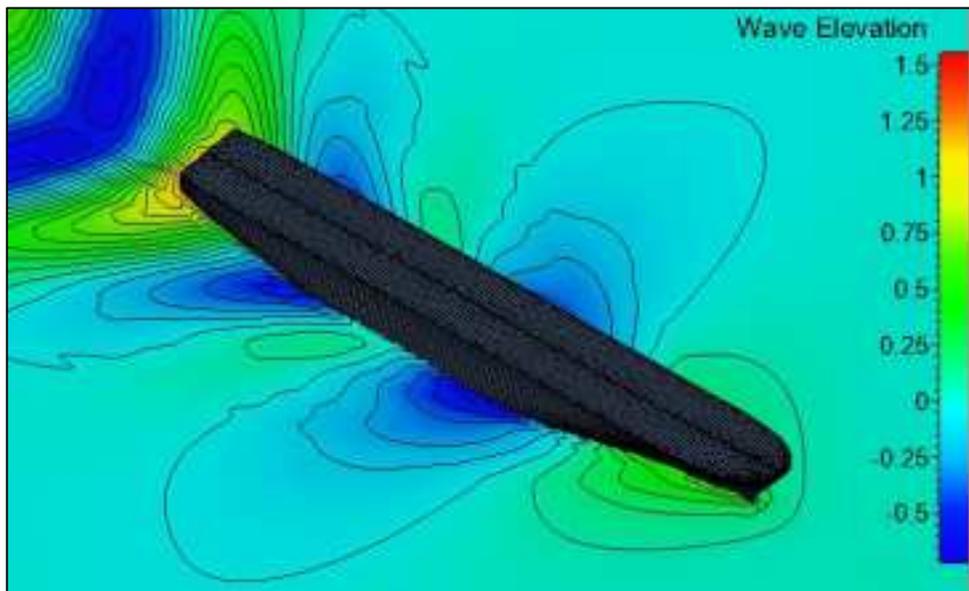


Gambar 3.14 *Meshing* pada Model Kapal

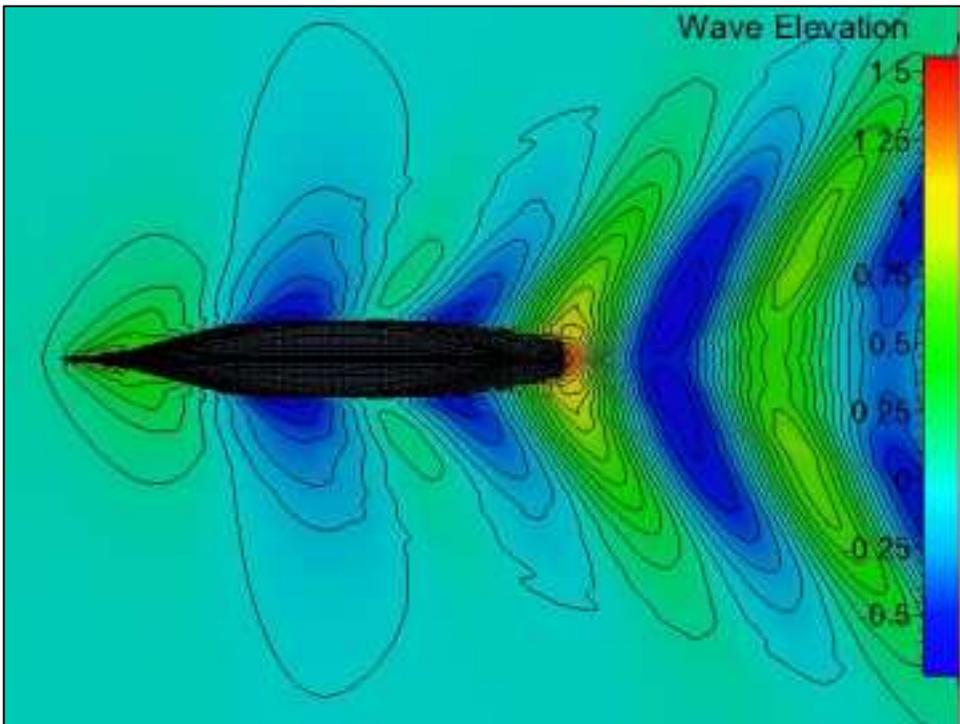


Gambar 3.15 Meshing detail

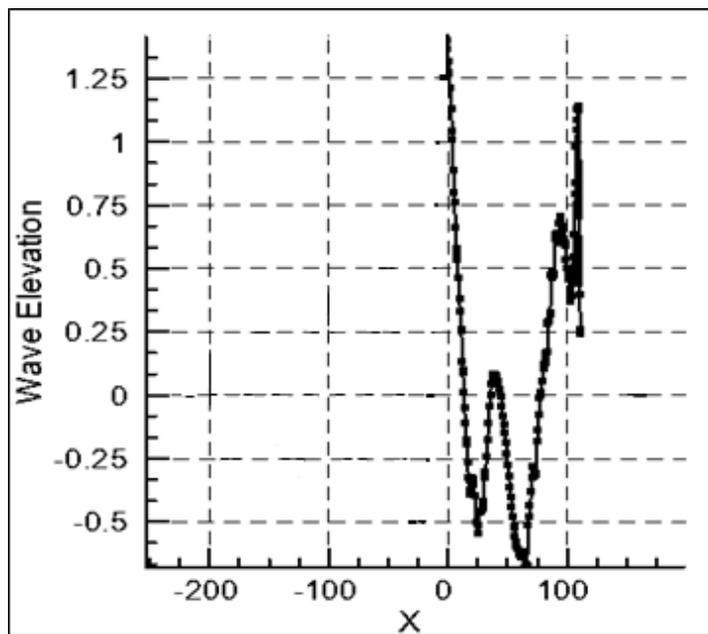
Setelah dilakukan proses *meshing* maka dilakukan proses pengujian dengan menggunakan parameter – parameter diatas. Output nilai dari pengujian ini adalah berupa gaya (*Forces*) yang terjadi pada kapal sehingga dapat digunakan sebagai nilai tahanan kapal dan tinggi gelombang yang terjadi. Berikut adalah hasil pengujian pada kondisi *steady* (perairan tenang) :



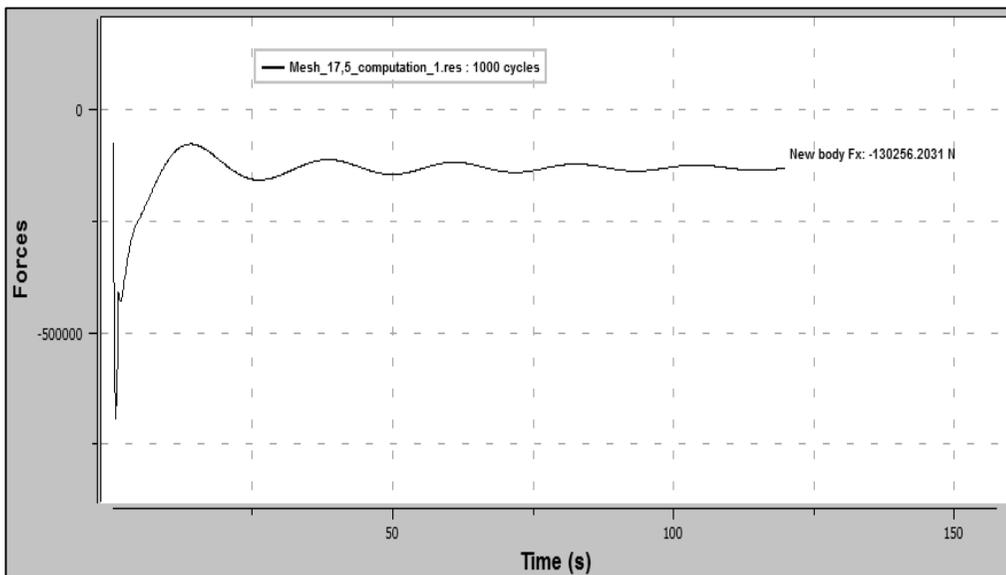
Gambar 3.16 Free Surface



Gambar 3.17 *Free Surface (Below Waterline)*



Gambar 3.18 *Wave Elevation along X Axis*



Gambar 3.19 Forces along X axis

Berdasarkan grafik 3.15 ditunjukkan gaya yang terjadi pada kapal pada kecepatan 9.002 m/s atau 17.5 Knots adalah 130256.2 Newton (130.26 kN) dimana hasil tersebut adalah hasil dalam kondisi kapal ½ lebar ,maka untuk kapal dengan lebar penuh hasil gaya yang terjadi pada kapal tersebut adalah 260.51 kN. Setelah dilakukan pengujian dengan numerical computation kemudian dilakukan perhitungan secara teoritis dengan menggunakan metode Harvald & Guldhammer, serta melakukan pengujian secara teoritis dengan menggunakan software Maxsurf dengan menggunakan metode perhitungan tahanan kapal Holtrop, dan Van Oortmerssen. Berikut adalah hasil pengujian dan perhitungan teoritis :

Tabel 3.3 Perbandingan Nilai Tahanan Total
(perhitungan dilampirkan)

No	Computational Fluid Dynamics (kN)	Theoretical Calculation (Harvald & Guldhammer) kN	Holtrop (Maxsurf) kN	Van Oortmerssen (Maxsurf) kN
1	260.51			
		304.7		
			252.9	
				202.4

Berdasarkan tabel 3.3 perbandingan nilai tahanan total didapatkan hasil perhitungan secara teoritis dengan menggunakan perhitungan manual dan perhitungan

menggunakan Maxsurf. Nilai tahanan total berdasarkan simulasi CFD adalah 260.51 kN, kemudian pada perhitungan teoritis metode Harvald & Gulddhammer memiliki nilai tahanan total 304.7 kN, Holtrop 252.9 kN, dan Van Oortmerssen 202.4 kN. Berdasarkan kasus diatas nilai tahanan total berdasarkan simulasi CFD memiliki ketepatan nilai sebesar 97% terhadap metode perhitungan tahanan total Holtrop, 77.69% terhadap metode perhitungan tahanan total Van Oortmerssen, dan 85.5% terhadap metode perhitungan tahanan total Harvald & Gulddhammer.

Setelah dilakukan validasi terhadap perhitungan baik secara teoritis maupun perhitungan yang dilakukan oleh perangkat lunak Maxsurf, maka dapat disimpulkan simulasi CFD memiliki ketepatan dengan kisaran 85 – 97% dengan artian simulasi CFD mampu dikatakan memiliki akurasi yang tepat sehingga mampu dijadikan acuan hasil.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada BAB IV kali ini berisi tentang analisis dan pembahasan yang berkaitan dengan rumusan masalah penulisan dan sebagai acuan dasar pembuatan kesimpulan. Pada bagian kali ini segala teori – teori yang berkaitan dicatumkan pada BAB II teori dasar sehingga memudahkan pembaca memahami penelitian kali ini. Data yang diperlukan untuk melakukan proses analisis terbagi menjadi dua jenis data, yaitu data inti dan data pendukung. Data inti dari penelitian kali ini adalah data *linesplan*, dan data *geometry sailfish*, kemudian dilengkapi dengan data pendukung yaitu data perhitungan *bulbous bow*, data koefisien-koefisien bentuk *bulbous bow*.

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan pada BAB I, penulis akan mencoba menginovasi bentuk dari *bulbous bow* untuk memaksimalkan perannya dalam mereduksi nilai tahanan total dengan menggunakan prinsip bentuk moncong ikan layar. Pada bagian ini penulis akan mencoba melakukan desain inovasi pada *bulbous bow* dengan mengkombinasi prinsip-prinsip *bulbous bow* konvensional dan beberapa dimensi gambar dari *sailfish* sehingga mampu diterapkan pada kapal. Berikut adalah struktur susunan yang ada pada bagian ini yaitu Perhitungan Koefisien *Bulbous bow*, Kombinasi teori, Analisis, dan perbandingan.

4.1 Perhitungan Koefisien dan Dimensi

Sebelum dilakukan perancangan bentuk *bulbous bow* tipe ikan layar pada kapal diperlukan perbandingan teori perhitungan dengan *bulbous bow* konvensional. Menurut Kracht (1970) pada bukunya *Design of Bulbous bow* diperlukan perhitungan koefisien – koefisien yang menyangkut tentang desain *bulbous bow* yaitu C_{ABT} , C_{ABL} , C_{VPR} , C_{BB} , C_{LPR} , dan C_{ZB} . Pada kapal ro-ro yang digunakan pada penelitian kali ini memiliki berat displacement 4581 ton, L_{pp}/B dengan nilai 6.28, *Froude number* 0.279, dan koefisien blok 0,556. Menurut power point slide yang dikemukakan oleh Manuel dalam slidanya *Bulbous Bow Design and Construction* nilai $C_{BB} \times 100$ dapat didapatkan dengan nilai sebagai berikut (lihat tabel 4.1):

Tabel 4.1 Breadth of Bulbous Bow Coefficient (C_{BB})

Lpp/B	Cb						
	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85
4.80	5.6	6.2	6.6	7.2	7.9	8.6	9.3
5.00	5.8	6.4	6.9	7.4	8.2	8.8	9.5
5.20	6.1	6.7	7.3	7.8	8.4	9.0	9.8
5.40	6.3	6.9	7.6	8.1	8.6	9.3	10.1
5.60	6.5	7.2	7.8	8.4	8.9	9.6	10.4
5.80	6.7	7.4	8.0	8.6	9.2	9.9	10.7
6.00	6.9	7.6	8.2	8.8	10.2	10.2	11.0
6.20	7.2	7.9	8.5	9.1	10.5	10.5	11.3
6.40	7.5	8.1	8.7	9.3	10.8	10.8	11.6
6.60	7.8	8.4	9.0	9.6	11.1	11.1	11.9
6.80	8.0	8.6	9.2	9.8	11.4	11.4	12.2
7.00	8.2	8.8	9.4	10.0	11.6	11.6	12.5
7.20	8.4	8.9	9.6	10.2	11.8	11.8	12.8

Berdasarkan tabel diatas, nilai $C_{BB} \times 100$ diperuntukkan untuk tipe bulbous bow dengan titik pusat berbanding dengan sarat maksimum (Z_b/T) yaitu 0.45, untuk penelitian kali ini nilai Z_b/T direncanakan sesuai dengan tabel diatas yaitu 0.45.

$$\begin{aligned} Z_b/T &= 0.45 \\ L_{pp}/B &= 6.28 \\ B/L_{pp} &= 0.159 \\ C_b &= 0.556 \end{aligned}$$

Dikarenakan nilai L_{pp}/B dan nilai C_b tidak ada dalam tabel maka dilakukan proses interpolasi nilai $C_{BB} \times 100$.

Tabel 4.2 Interpolasi nilai ($C_{BB} \times 100$) pada C_b 0.55

LPP/B	CBB*100
6.2	7.2
6.4	7.5
6.28	7.32

Tabel 4.3 Interpolasi nilai ($C_{BB} \times 100$) pada C_b 0.6

LPP/B	CBB*100
6.2	7.9
6.4	8.1
6.28	7.98

Tabel 4.4 Interpolasi nilai ($C_{BB} \times 100$) pada C_b

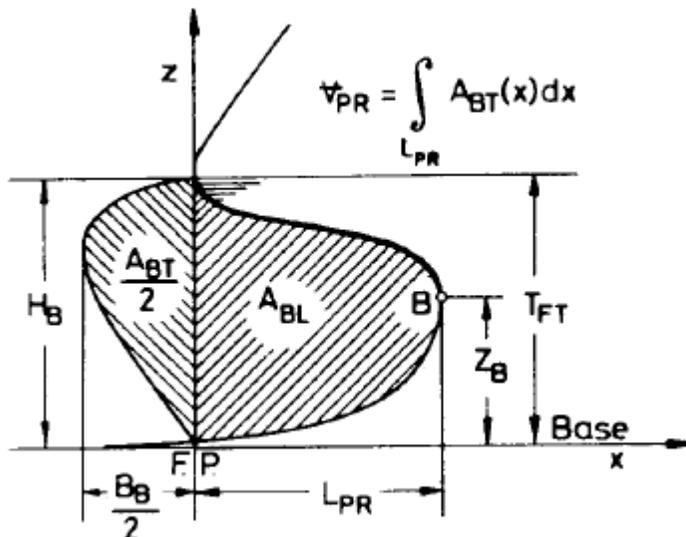
CB	CBB*100
0.55	7.32
0.6	8.0
0.556	7.40

Berdasarkan hasil interpolasi yang telah dilakukan maka didapatkan nilai CBB pada $Z_b/T = 0.45$, $L_{pp}/B = 6.28$, dan $C_b = 0.556$ adalah 0.074. Setelah dilakukan perhitungan nilai C_{BB} kemudian dilanjutkan dengan perhitungan koefisien C_{LPR} dimana koefisien tersebut memengaruhi panjang bulbous bow didepan *forward perpendicular* (FP). Pada perancangan desain bulbous bow tipe ikan layar C_{LPR} hanya digunakan sebagai acuan panjang maksimum dari bulbous bow sehingga tidak melebihi batas. C_{LPR} ini digunakan untuk panjang kepala ikan layar jika diterapkan pada kapal (tanpa moncong). Nilai C_{LPR} dapat didapatkan dengan menggunakan tiga kondisi kapal yaitu kondisi *Ballast*, *Loaded and Ballast*, dan *Similar Ship* (lihat bab II). Untuk penelitian kali ini kondisi desain bulbous bow yang digunakan adalah untuk kondisi kapal pada saat *loaded* (bermuatan) dan *ballast*, berikut adalah rumus empiris nilai C_{LPR} :

$$\begin{aligned} C_{LPR} &= (0.2642 \times C_b \times (B/L_{pp})) + 0.0046 \\ C_{LPR} &= (0.2642 \times 0.556 \times (0.159)) + 0.0046 \\ C_{LPR} &= 0.028 \end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan koefisien panjang *bulbous bow* didepan *forward perpendicular* (FP) dilakukan juga perhitungan tinggi *bulbous bow* dari *draught max* berdasarkan rasio yang dikemukakan oleh Kracht (1970) pada bukunya *Design of Bulbous Bow* (Lihat bab II). Berikut adalah kisaran nilai perbandingan tinggi benjolan *bulbous bow* dengan sarat pada FP (H_B/T_F) :

$$0.35 < H_B / T_F < 0.55$$



Gambar 4.1 *Bulbous Bow Dimension*

Dimana pada perencanaan kali ini *bulbous bow* didesain untuk memiliki nilai rasio tinggi minum yaitu 0.55 maka tinggi *bulbous bow* (H_B) adalah 2.475 m. Berdasarkan gambar 4.1 nilai tinggi *bulbous bow* memiliki tinggi maksimum yaitu sebesar tinggi sarat pada FP (T_F) yaitu 4.5 m. Setelah dilakukan perhitungan tinggi *bulbous bow* (H_B) diperlukan perhitungan untuk mencari luasan penampang melintang *bulbous bow* (A_{BT}). Hal tersebut dapat diketahui dengan menggunakan rumus empiris untuk kapal dengan *Froude number* $0.22 < Fn < 1.45$ (Detail lihat bab II). Berikut adalah perhitungan luasan penampang melintang *bulbous bow* :

$$C_{ABT} = A_{BT} / A_{Midship}$$

$$C_{ABT} = 40 \times Fn - 3.5 \quad (\%)$$

Dimana:

$$C_{ABT} = 40 \times 0.279 - 3.5 \quad (\%)$$

$$= 7.688 \%$$

$$= 0.0769$$

$$A_{Midship} = B \times T \times C_m$$

$$= 17.2 \times 4.5 \times 0.9$$

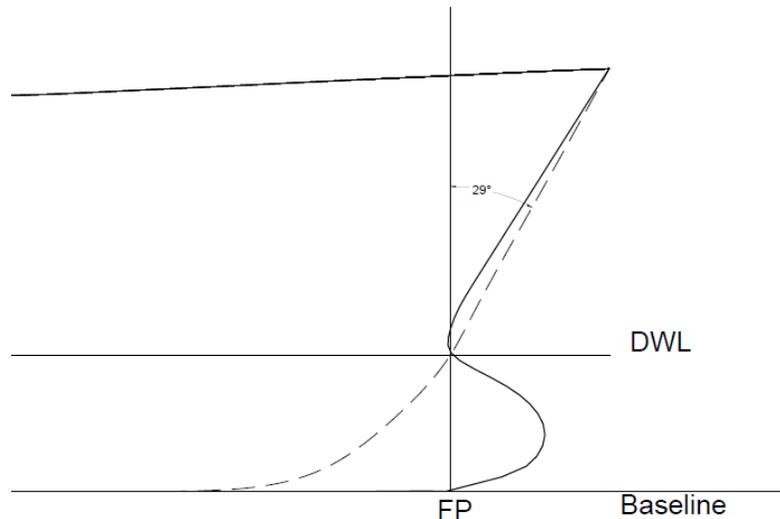
$$= 69.99 \text{ m}^2$$

$$A_{BT} = C_{ABT} \times A_{Midship}$$

$$= 5.357 \text{ m}^2$$

Setelah didapatkan luasan penampang melintang (A_{BT}) dilanjutkan dengan menghitung luasan penampang memanjang *bulbous bow* seperti keterangan pada gambar 4.1. Menurut Power Point Slide oleh Manuel slidenya *Bulbous Bow Design and Construction* tidak terdapat rumus untuk mencari A_{BL} , hanya saja terdapat nilai

koefisien C_{ABL} dengan kisaran nilai 0.068 sampai dengan 0.146 (lihat bab II). Pada penulisan kali ini luasan penampang melintang disesuaikan dengan linggi haluan kapal sebagai berikut :



Gambar 4.2 Linggi Haluan Kapal (*Former*)

Pada gambar 4.2 menggambarkan bahwa garis (_ _) adalah kondisi linggi tanpa bulbous bow diestimasi dengan menggunakan sudut kemiringan linggi haluan kemudian diproyeksikan dan disempurnakan, kemudian garis (_) adalah garis linggi haluan kapal dengan tipe *bulbous bow* konvensional. Luasan penampang memanjang *bulbous bow* tipe ikan layar A_{BL} diestimasi sesuai dengan nilai rata-rata dari rasio C_{ABL} pada *bulbous bow* konvensional yaitu 0.107. Dengan demikian maka luasan penampang memanjang *bulbous bow* adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 C_{ABL} &= A_{BL} / A_{Midship} \\
 \text{Maka,} \\
 A_{BL} &= C_{ABL} \times A_{Midship} \\
 &= 0.107 \times 69.99 \text{ m}^2 \\
 &= 7.489 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

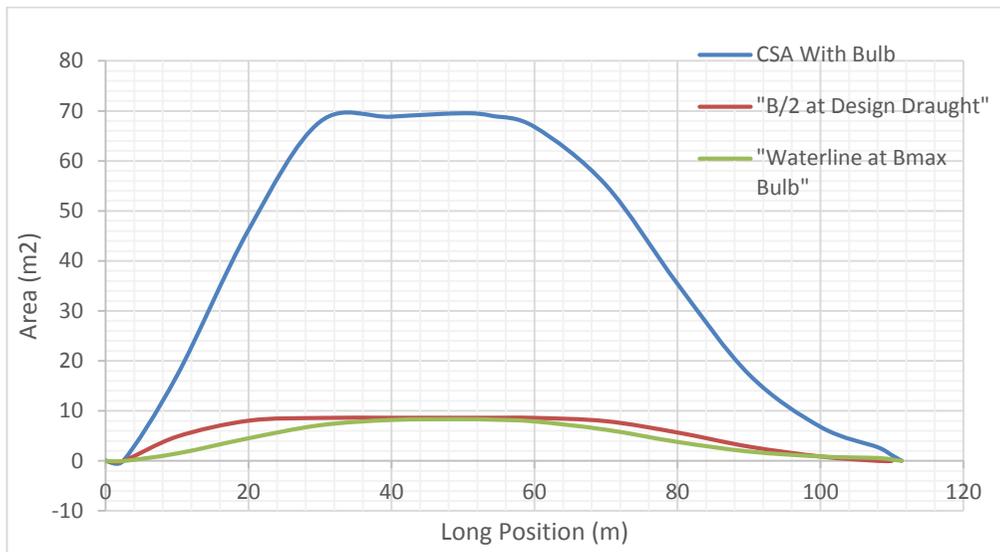
Setelah dilakukan perhitungan koefisien *bulbous bow*, nilai – nilai tersebut akan dijadikan sebagai acuan dalam desain *bulbous bow* tipe ikan layar, dimana desain *bulbous bow* tersebut menggunakan data rasio geometry ikan layar dengan batasan nilai maksimumnya adalah nilai – nilai dimensi yang tertera pada perhitungan dimensi pada *bulbous bow* konvensional. Berikut adalah dimensi *bulbous bow* konvensional berdasarkan perhitungan koefisien – koefisien yang dikemukakan oleh Kracht (1970) pada bukunya *Design of Bulbous Bow* :

$$\begin{aligned}
Bb &= C_{BB} \times B \\
&= 0.074 \times 17.2 \\
&= 1.27 \text{ m} \\
LPR &= C_{LPR} \times Lpp \\
&= 0.028 \times 108.06 \\
&= 3.025 \text{ m} \\
Zb &= (Zb/T) \times T \\
&= 0.45 \times 4.5 \text{ m} \\
&= 2.025 \text{ m} \\
Hb &= 2.475 \text{ m (min)} \\
&= 4.5 \text{ m (max)} \\
ABT &= 5.357 \text{ m}^2 \\
ABL &= 7.489 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

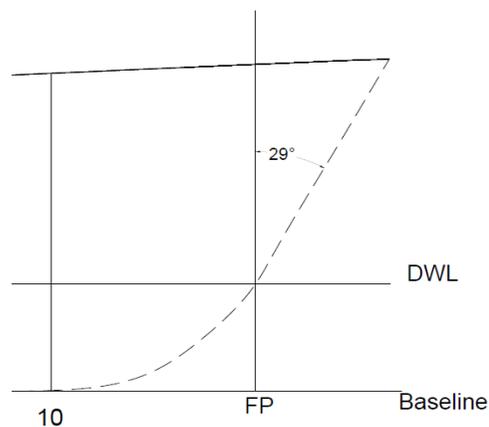
4.2 Estimasi Desain Lambung Tanpa Bulbous Bow

Sebelum dilakukan proses desain *bulbous bow* tipe ikan layar diperlukan perubahan desain lambung bagian depan terutama pada bagian FP dan station yang terkena penambahan luasan akibat *bulbous bow* ke bentuk lambung desain tanpa *bulbous bow*. Hal tersebut tentunya diperlukan guna mengetahui bentuk lambung kapal pada bagian depan jika tidak menggunakan *bulbous bow*. Perancangan lambung tersebut menggunakan estimasi atau pendekatan dari data yang telah ada yaitu, sudut kemiringan linggi, sudut masuk air (*Angle of enterance*), *Curve Section Area*, bentuk *Waterline* pada sarat desain, dan Bentuk *Waterline* pada titik maksimum lebar *bulbous bow*.

Proses ini diperlukan mengingat penambahan *bulbous bow* dilakukan pada kondisi kapal tanpa menggunakan *bulbous bow* sehingga mempermudah pembentukan awal dibandingkan dengan penggantian tipe *bulbous bow* pada kapal yang memiliki *bulbous bow*. Selain itu, perubahan bentuk lambung ke bentuk awal (tanpa *bulbous bow*) memudahkan desainer untuk mendapatkan acuan penambahan berat, luasan, dan hasil analisa akibat penambahan tersebut berdasarkan masing-masing tipe *bulbous bow*.



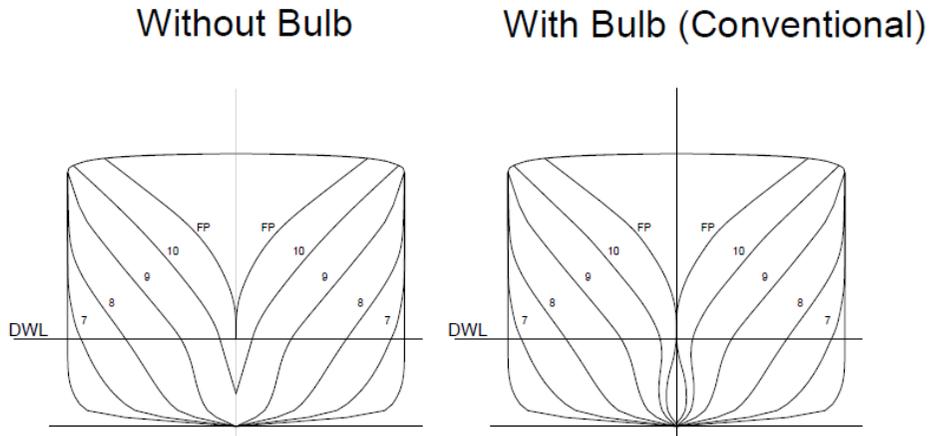
Gambar 4.3 CSA, B/2, Waterline on Max Bulb Breadth (with Bulb) (Maxsurf)



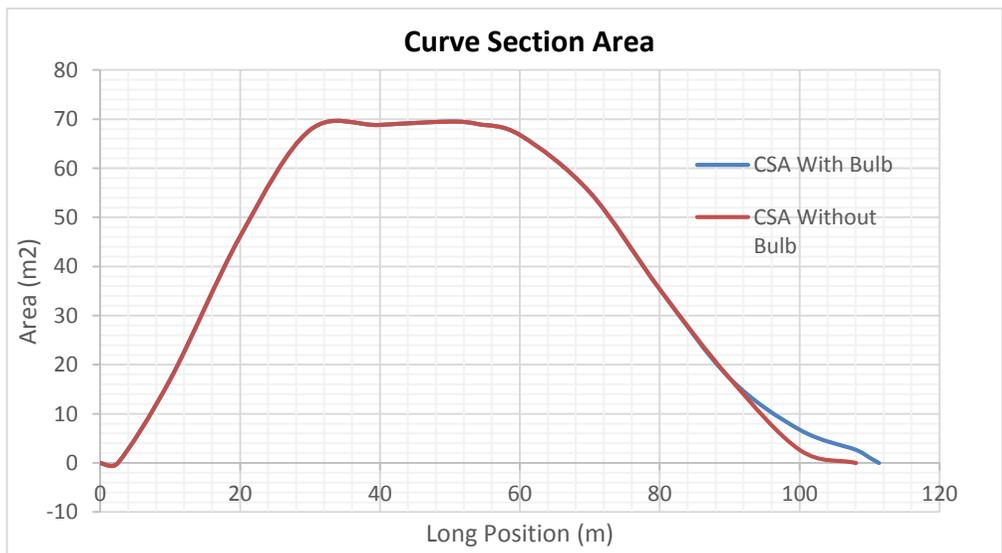
Gambar 4.4 Bentuk linggi depan dengan menggunakan estimasi sudut kemiringan linggi ($\Theta=29$ deg.)

Berdasarkan gambar 4.3 didapatkan bentuk kurva CSA, B/2 pada sarat desain 4.5 m, bentuk waterline pada titik lebar maksimum *bulbous bow* yaitu 1.684 m dari *baseline*. Diketahui pada *B/2 at design draught* memiliki sudut masuk air yang sangat kecil yaitu 6 derajat. Hal tersebut mampu diaplikasikan untuk melakukan estimasi pendekatan bentuk garis *waterline* pada B_{max} of *Bulbous Bow* jika *bulbous bow* tersebut ditiadakan. Bentuk garis *waterline* pada ketinggian B_{max} of *Bulbous Bow* diestimasi menyerupai bentuk sebelumnya dengan sudut masuk air 4 derajat menyerupai bentuk pada *waterline at design draught*, sehingga didapatkan bentuk

waterline tanpa bulbous bow (at B_{max} of *Bulbous Bow*) yang kemudian mampu diaplikasikan pada bodyplan untuk mengetahui bentuk secara potongan melintang.



Gambar 4.5 Perbandingan bentuk *Bodyplan* kapal tanpa *bulbous bow* (kiri) dan dengan *bulbous bow* (kanan)



Gambar 4.6 CSA tanpa dan dengan *bulbous bow*

Tabel 4.5 Perbandingan nilai luasan CSA dengan *bulbous bow* dan tanpa *bulbous bow*

No	Long position (m)	Area m2 (with Bulb)	Area m2 (without Bulb)
AP	0	0	0
0	2.508	0	0
1	10.031	17.097	17.097
2	20.063	46.307	46.307
3	29.969	67.759	67.759
4	40	68.827	68.827
5	50.031	69.507	69.507
Mid	54.044	68.996	68.996
6	60.063	66.732	66.732
7	69.969	55.178	55.178
8	80	35.384	35.384
9	90.031	17.217	17.217
10	100.063	6.729	2.6394
FP	108.088	2.661	0
11	109.969	1.114	0
END	111.346	0	0

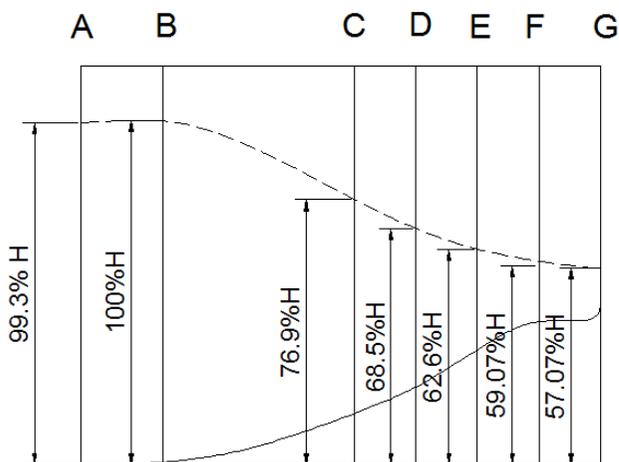
Berdasarkan gambar 4.5, gambar 4.6, dan tabel 4.4 bahwa penambahan atau pengurangan *bulbous bow* mempengaruhi bentuk penampang station hingga 18 m dibelakang *forward perpendicular*. Hal tersebut tentunya dapat dijadikan acuan pada saat proses desain *bulbous bow* tipe ikan layar terhadap station yang terkena pengaruh penambahan *bulbous bow*. Berdasarkan data diatas pada station FP hingga station 9 mengalami penambahan luasan akibat penambahan *bulbous bow* dengan rata-penambahan 2 hingga 4 m².

4.3 Desain Bulbous Bow Tipe Ikan Layar

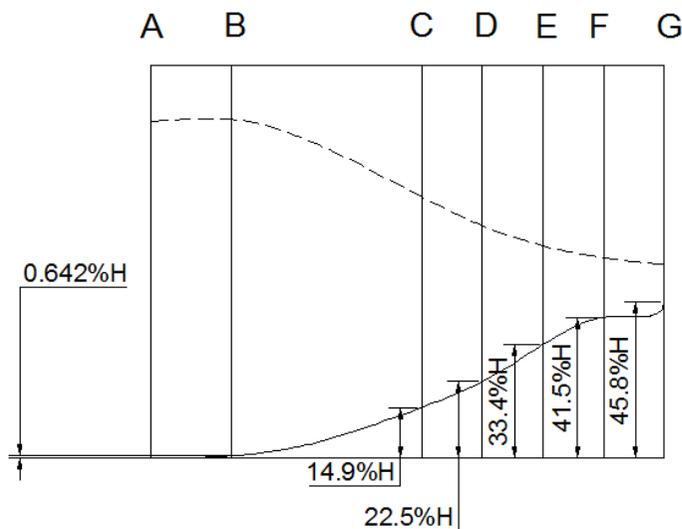
Pada tahap ini proses desain dilakukan dengan menggunakan data yang telah diolah oleh penulis berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Woong Sagong, Woo-Pyung Jeon, Haecheon Choi (2013) dalam jurnalnya *Hydrodynamic Characteristic of the Sailfish (Istiophorus Platyterus) and Swordfish (Xiphias Gladius) in Gliding Postures at Their Cruise Speed*. Data yang digunakan untuk mendesain *bulbous bow* tipe ikan layar adalah data rasio dimensi ikan layar, penampang memanjang dan melintang dari *geometry sailfish*, nilai *offset* penampang melintang *sailfish geometry*, serta data koefisien dan dimensi *bulbous bow* konvensional untuk dijadikan standar pembuatan *bulbous bow*. Berikut adalah tahap desain *bulbous bow* tipe ikan layar :

a. Menentukan Panjang *Bulbous Bow* tipe *Sailfish*

Penentuan panjang *bulbous bow* untuk tipe *sailfish* diambil dari data gambar 3.6 *Longitudinal Sailfish Geometry* didapatkan nilai % dari panjang keseluruhan *geometry* dari titik 0 (bagian kiri). Penerapan *geometry* *sailfish* untuk panjang berdasarkan gambar 3.6 adalah dimulai dari titik 74.8%BL (A) hingga 100%BL (I). Penentuan panjang *bulbous bow* penulis merencanakan penggunaan *geometry* *sailfish* dengan batasan maksimum panjang 3.025 meter sesuai L_{PR} (panjang *bulbous bow* konvensional).



Gambar 4.7 Upper Shape Ratio of Bulbous Bow



Gambar 4.8 Lower Shape Ratio of Bulbous Bow

Pada gambar 4.3 dan gambar 4.4 menjelaskan daerah pemotongan dari *body geometry* ikan layar untuk panjang *bulbous bow* dengan tipe baru. Pada gambar 4.3 menjelaskan tinggi bentuk bagian atas pada *bulbous bow* dari garis dasar dengan menggunakan nilai rasio (%) dari tinggi maksimal (H) untuk memudahkan pemebentukan *body geometry* pada *bulbous bow*. Pada gambar 4.4 menjelaskan tinggi bentuk bagian bawah pada *bulbous bow* dari garis dasar dengan menggunakan nilai rasio (%) dari tinggi maksimal (H). Berdasarkan kedua gambar tersebut maka diketahui :

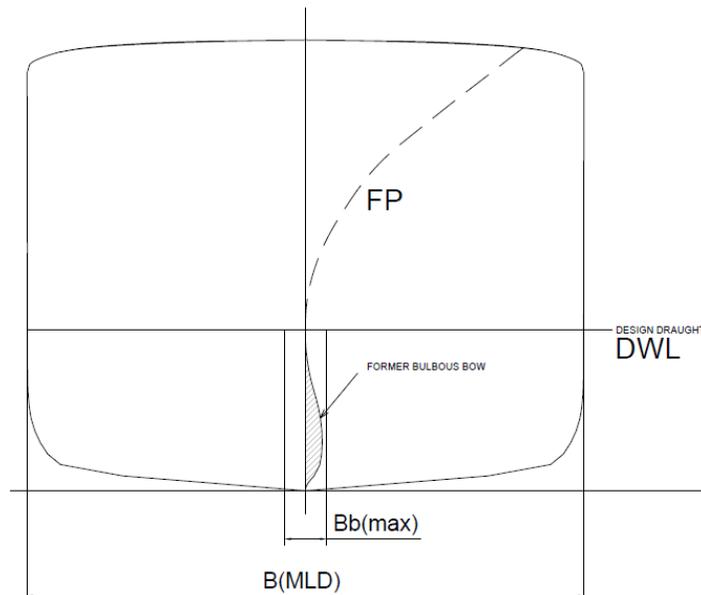
$$100\%BL - 74.8\%BL = 25.2\%BL$$

Maka,

$$25.2\%BL = 3.025 \text{ m (L}_{PR}\text{)}$$

b. Menentukan Lebar *Bulbous Bow*

Pada penelitian kali ini penentuan lebar *bulbous bow* menggunakan data pada gambar 3.7 (lihat bab iii) berupa bentuk penampang *geometry sailfish*. Lebar *bulbous bow* yang direncanakan berupa lebar maksimum *bulbous bow* konvensional seperti pada perhitungan yang telah dilakukan diatas (B_b) yaitu 1.27 m. Penentuan lebar *bulbous bow* yang dimaksud adalah lebar penampang tonjolan bulb pada station *forward perpendicular*, dimana lebar *bulbos bow* di depan FP mengikuti dimensi yang tertera pada gambar 3.7.



Gambar 4.9 Perbandingan Lebar *Bulbous bow* Konvensional dan *Bulbous bow* tipe baru

c. Menentukan Tinggi *Bulbous Bow*

Pada penelitian kali ini perancangan tinggi *bulbous bow* tidak memiliki aturan yang mengikat, hanya saja tinggi *bulbous bow* dibatasi dengan ketinggian maksimum sarat air pada *forward perpendicular* (FP). Hal tersebut dicantumkan pada gambar 4.1 dimana nilai tinggi *bulbous bow* pada FP memiliki nilai yang sama dengan nilai sarat (TF) sehingga pada penelitian kali ini penulis merencanakan tinggi *bulbous bow* agar tidak terlalu dekat dengan garis air yaitu 3.8 m.

d. *Offset Values of Sailfish Bulb*

Offset Values adalah nilai dari suatu koordinat panjang, lebar, dan tinggi setiap titik acuan tertentu. Sebagai contoh adalah nilai *offset* lebar pada *bodyplan* kapal pada garis air tertentu dan station tertentu memiliki nilai yang berbeda sehingga jika digabungkan akan membentuk suatu penampang. *Offset values* berguna untuk mengetahui bentuk penampang baik secara melintang, memanjang, dan vertikal sehingga jika digabungkan akan membentuk gambar pandangan 3 dimensi. Pada *offset values* kali ini berguna untuk pembentukan *bulbous bow* pada kapal disesuaikan dengan formula perhitungan dimensi *bulbous bow* yang telah dilakukan.

Offset values pada data yang telah diolah oleh penulis masih berupa % *values* dari panjang, lebar, dan tinggi seperti contoh pada gambar 4.7 dan gambar 4.8 yang merupakan % nilai dari tinggi, kemudian pada gambar 3.6 merupakan % *values* dari panjang *geometry sailfish*, kemudian pada gambar 3.7 dan tabel 3.2 merupakan % *values* dan gambar dari lebar *geometry sailfish*. Berikut adalah aplikasi *offset values* pada *bodyplan* kapal untuk *bulbous bow* :

Tabel 4.6 Panjang Long.Pos *bulb* dari FP

ST	Long Pos (%)	Long Pos (m)
A	0.00%	0
B	15.70%	0.475071
C	52.70%	1.594063
D	64.52%	1.951798
E	76.35%	2.309532
F	88.17%	2.667266
G	100.00%	3.025
H	132.54%	4.009
I	165.09%	4.994

Tabel 4.7 *Offset tinggi bentuk atas bulb*

ST	ST	Height (m)
A	99.3%	3.773
B	100.0%	3.800
C	76.9%	2.922
D	68.50%	2.603
E	62.6%	2.379
F	59.1%	2.245
G	57.1%	2.169
H	56.02%	2.129
I	56.02%	2.129

Tabel 4.8 *Offset tinggi bentuk bawah bulb*

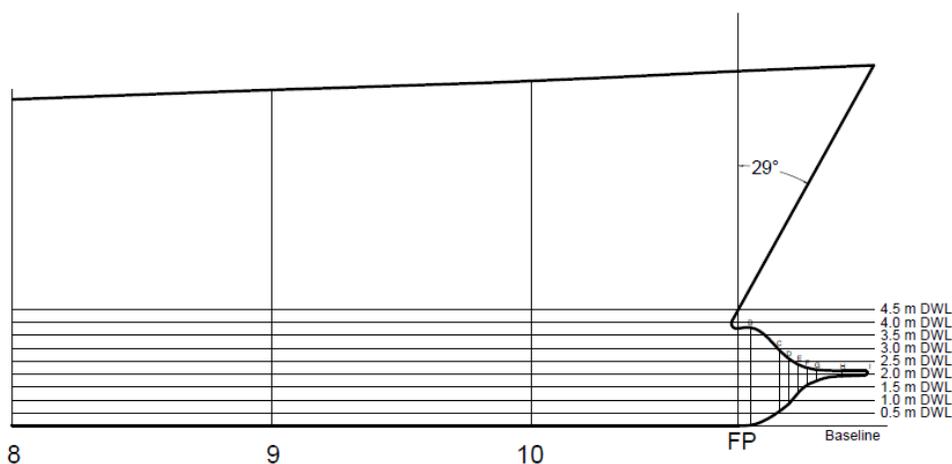
ST	ST	Height (m)
A	0.0%	0.000
B	0.6%	0.024
C	14.9%	0.566
D	22.50%	0.855
E	33.4%	1.269
F	41.5%	1.577
G	45.8%	1.740
H	50.64%	1.924
I	51.57%	1.960

Tabel 4.9 *Offset Values* pada penampang melintang *bulb*

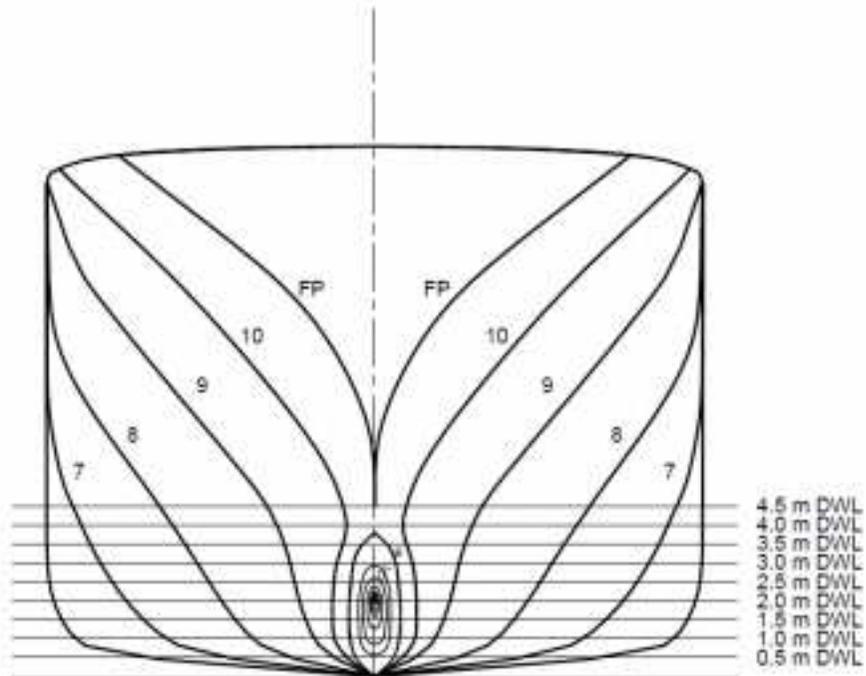
Row Column	Height (m)	A	B	C	D	E	F	G	H	I
0	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	0.54	0.515	0.511	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	1.09	0.666	0.638	0.395	0.245	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	1.63	0.683	0.664	0.423	0.314	0.189	0.063	0.051	0.000	0.000
4	2.03	0.672	0.650	0.416	0.300	0.186	0.107	0.087	0.055	0.050
5	2.17	0.664	0.637	0.404	0.279	0.155	0.071	0.000	0.000	0.000
6	2.72	0.608	0.586	0.270	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	3.26	0.483	0.449	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	3.80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

e. Penggambaran *Bulbous Bow*

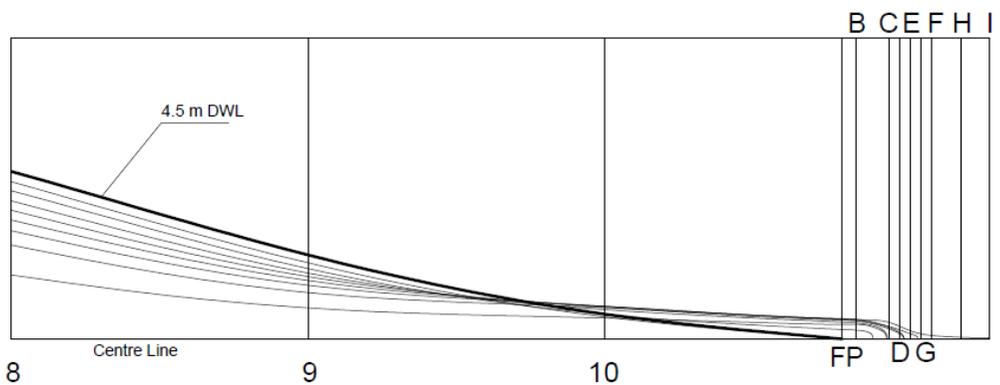
Pada tahap penggambaran *bulbous bow* melibatkan dua buah gambar kapal, yaitu kapal dengan *bulbous bow* tipe konvensional (*Ram Bow*), dan kapal tanpa *bulbous bow* untuk dibandingkan dan dijadikan sebagai acuan desain *bulbous bow* tipe *sailfish*, terutama adalah pada bagian station yang terkena penambahan luasan dan penambahan bentuk akibat penambahan *bulbous bow*. Penggambaran *bulbous bow* pada tahap kali ini dilakukan secara terpisah antara bagian utama dan bagian pendukungnya. Bagian utama pada *sailfish* adalah pada kepala hingga mulut (lihat gambar 4.7), dan tongkat atau moncongnya adalah bagian pendukung. Berikut adalah desain *bulbous bow* tipe *sailfish* :



Gambar 4.10 Tampak Vertikal Memanjang
(Detail gambar pada lampiran)



Gambar 4.11 Tampak Melintang (Full body)
(Detail gambar pada lampiran)

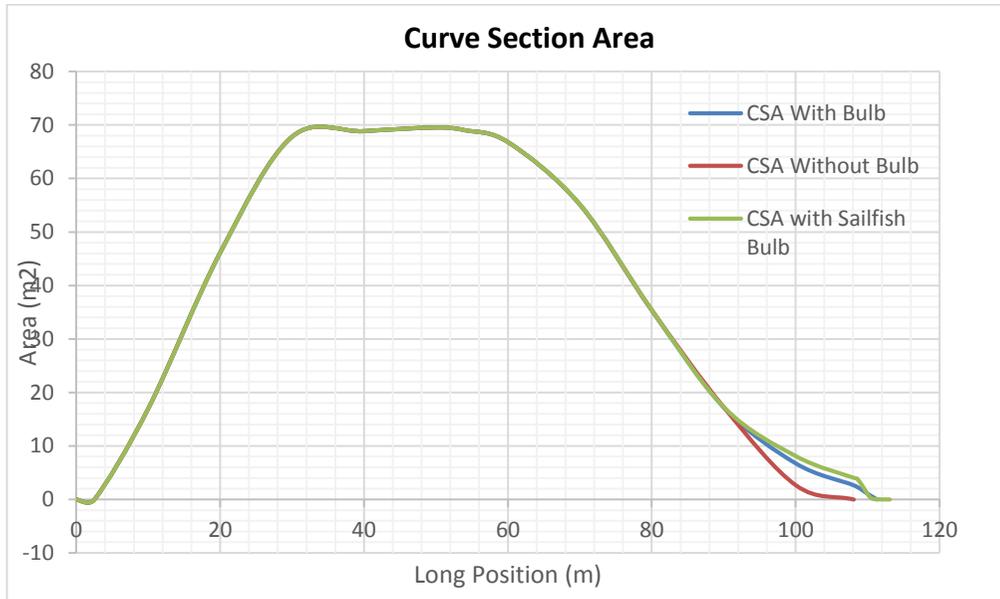


Gambar 4.12 Tampak Horizontal Memanjang
(Detail gambar pada lampiran)

Pada proses penggambaran diatas adalah bentuk *sailfish* yang diterapkan menjadi *bulbousbow* untuk mengurangi tahanan gelombang. Bagian- bagian yang memiliki bentuk kurvatur yang kurang sesuai (*streamline*) perlu dilakukan penyempurnaan.

Setelah dilakukan proses penerapan *sailfish* geometry menjadi bentuk *bulbous bow* kapal maka dilakukan pembuatan ulang *Curve Section Area (CSA)*

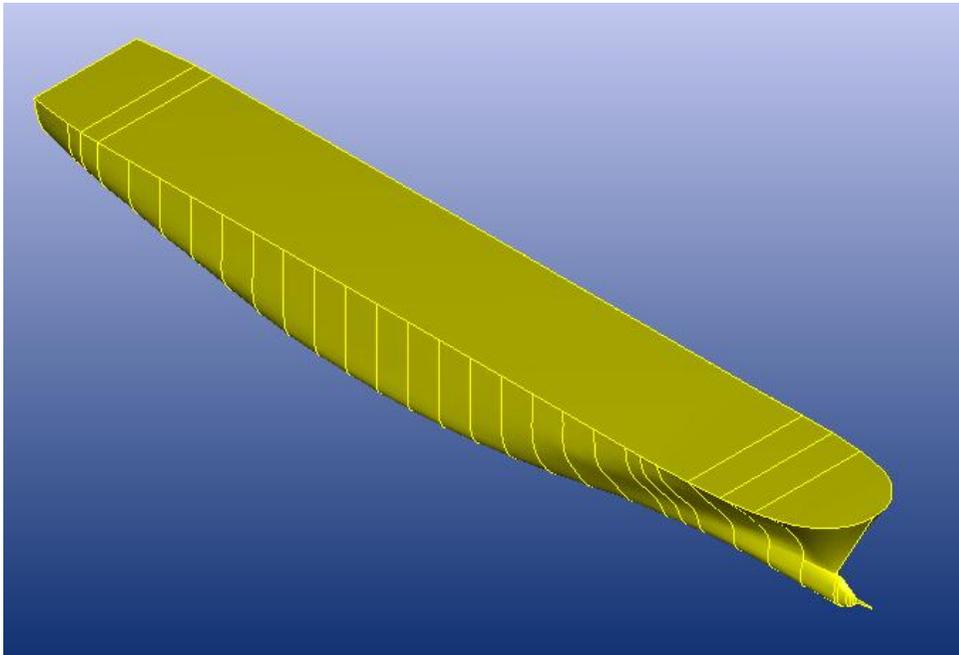
sehingga mengetahui perbandingan bentuk CSA kapal tanpa *bulbous bow*, CSA kapal dengan *bulbous bow* konvensional, dan CSA dengan *sailfish bulb*. Berikut adalah perbandingan bentuk ketiga CSA tersebut :



Gambar 4.13 perbandingan CSA *bulb sailfish* dengan CSA lain.

4.4 Permodelan *Sailfish Bulb*

Permodelan kapal *bulbous bow* dengan tipe *sailfish* diperlukan untuk dilakukan pengujian pada perangkat lunak CFD sehingga didapatkan hasil pengujian. Proses permodelan kapal dilakukan dengan menggunakan data gambar rencana garis yang telah diperbarui dengan tipe *bulbous bow sailfish* dan dengan menggunakan beberapa perangkat lunak yang mendukung proses permodelan 3D. Pada permodelan kapal dengan *bulbous bow* konvensional (lihat 3.7) memiliki nilai *zero point* pada station AP (0) dengan ketinggian 4.5 m (pada sarat), namun pada permodelan kali ini nilai *zero point* tersebut berada pada station AP (0) dengan ketinggian 0 m atau berada pada baseline. Hal tersebut tidak berpengaruh terhadap hasil analisis, hanya saja berpengaruh pada titik acuan tinggi gelombang pada hasil simulasi tersebut. Untuk dilakukan pengujian pada C.F.D, model yang di-input harus dalam kondisi solid sehingga memungkinkan C.F.D untuk menganalisa. Berikut adalah model 3D kapal dengan tipe *sailfish bulbous bow* :



Gambar 4.14 3D Solid Model

Setelah dilakukan proses data model pada perangkat C.F.D, diperlukan pemeriksaan *gap-gap* atau celah kebocoran yang ada pada model 3D kapal sehingga mempengaruhi hasil percobaan. Pemeriksaan gap dapat dilakukan pada perangkat C.FD itu sendiri dengan mencari indikasi kebocoran secara otomatis yang dilakukan oleh *software*. Salah satu tanda bahwa model 3D yang akan digunakan untuk pengujian perangkat lunak akan secara otomatis mengeluarkan *report* berupa tab dengan keterangan “*the selected bodies are clean*” jika tidak terdapat gap pada model, namun jika terdapat gap pada model *software* akan secara otomatis mengeluarkan report berupa tab dengan keterangan gap beserta lokasinya sehingga model 3D perlu diperbaiki.

4.5 Simulasi *Computational Fluid Dynamics* (C.F.D)

Simulasi C.F.D adalah tahap simulasi model secara percobaan pada perangkat lunak dengan menggunakan metode Navier Stokes untuk memecahkan pola aliran pada suatu benda. Pada tahap ini dilakukan simulasi terhadap dua model kapal dengan beberapa variasi kecepatan sehingga dapat mengetahui hasil performa kedua model tersebut. Pada simulasi C.F.D kali ini penulis mengatur nilai *output* utama dari hasil simulasi yaitu berupa nilai tahanan total kapal, dan fenomena gelombang pada permukaan air yang kemudian hasil simulasi tersebut akan dibandingkan sehingga mampu didapatkan kesimpulan.

Beberapa variasi kecepatan akan digunakan dalam simulasi model dan pembuatan grafik dari nilai tahanan total (kN) fungsi dari kecepatan (knots) atau Froude Number (Fn). Pada tahap simulasi C.F.D kali ini sudah tidak diperlukan tahap

validasi mengingat hal tersebut sudah dilakukan pada BAB III untuk memeriksa hasil model, dan ketepatan simulasi. Berikut adalah beberapa variasi yang akan dijadikan acuan pada saat proses simulasi :

Variasi Model

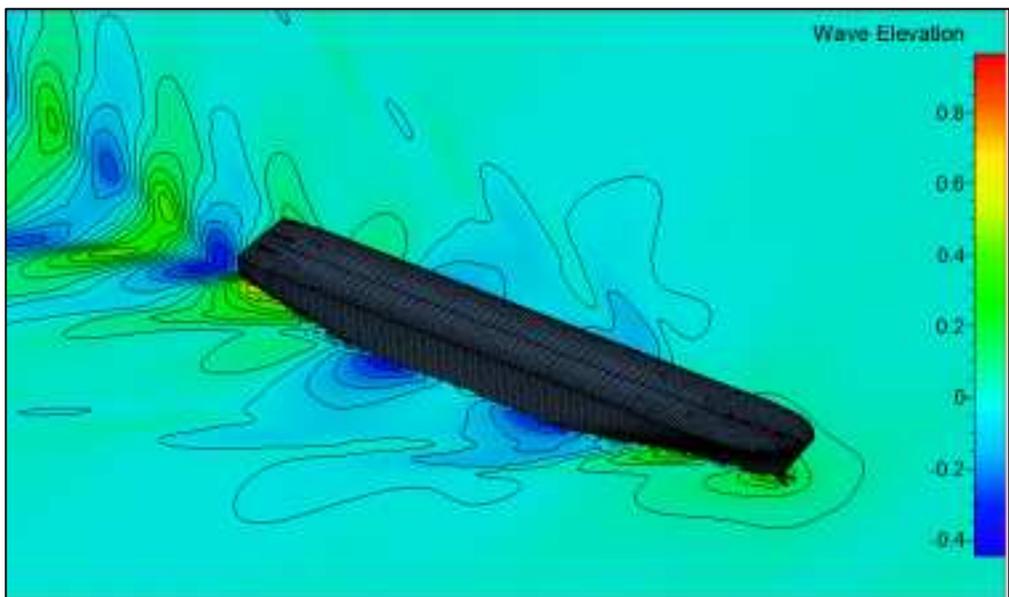
- Kapal dengan Bulbous Bow konvensional
- Kapal dengan Sailfish Bulbous Bow

Variasi Kecepatan

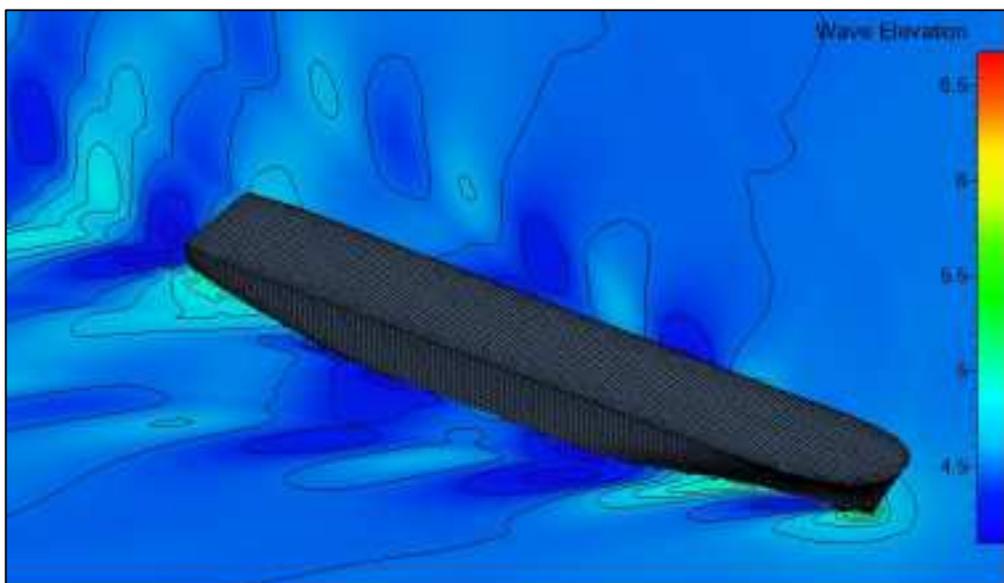
- 13.5 Knots
- 14.5 Knots
- 15.5 Knots
- 16.5 Knots
- 17.5 Knots (*Vs Dinas*)

Pada tugas akhir kali ini, kedua simulasi yang dilakukan oleh penulis memiliki kontur hasil warna yang berbeda pada permukaan airnya, hal tersebut yang berarti memiliki arti bahwa kedua pengujian memiliki “*zero point*” (lihat penjelasan 4.4) yang berbeda sesuai dengan pengaturan yang dilakukan pada saat pembuatan model, namun hal tersebut tak berpengaruh pada hasil fenomena gelombang. Berikut adalah hasil simulasi *Computational Fluid Dynamics* (C.F.D) yang telah dilakukan :

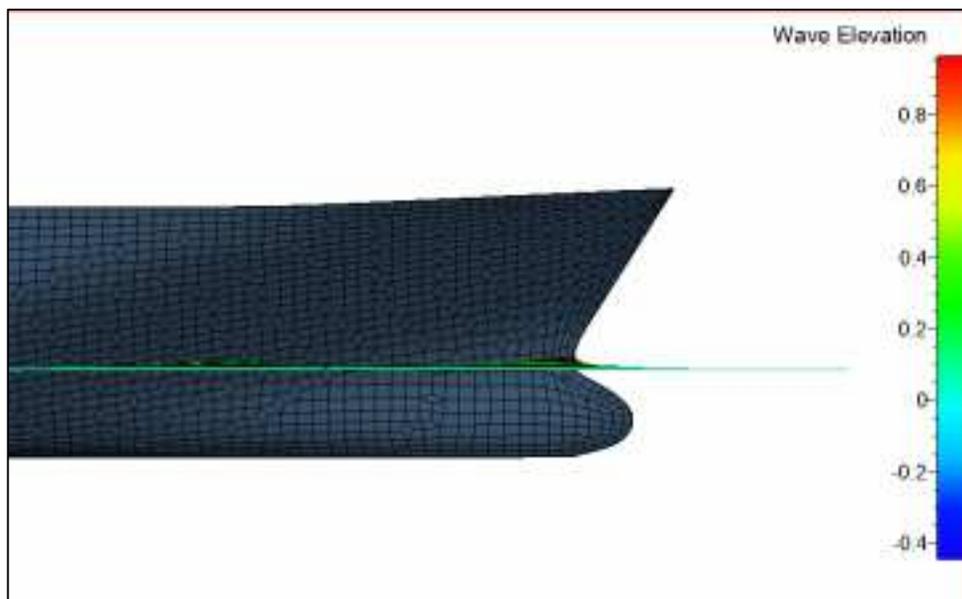
a. Kecepatan 13.5 Knots



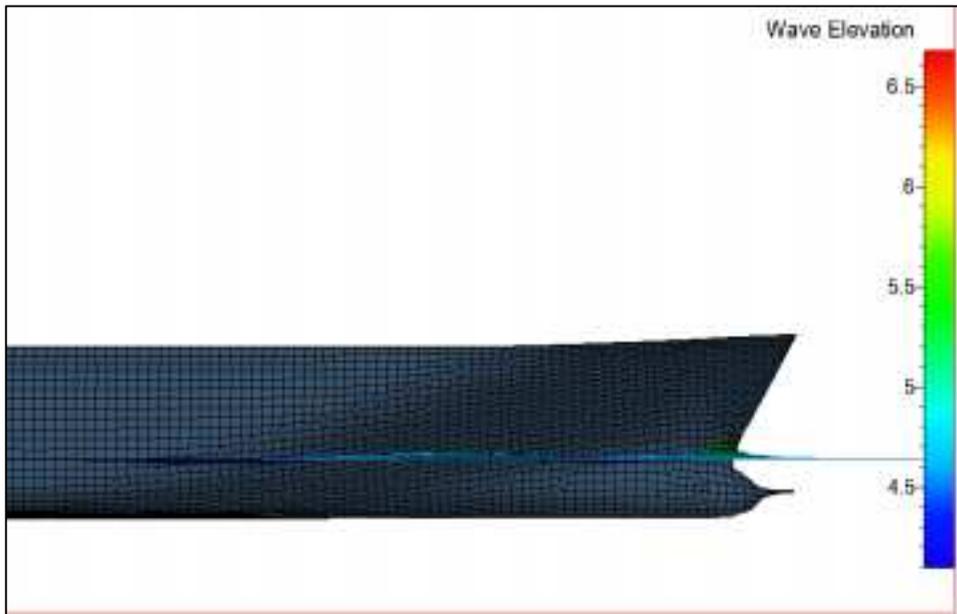
Gambar 4.15 Free Surface Kapal dengan *Conventional Bow* pada kecepatan 13.5 Knots



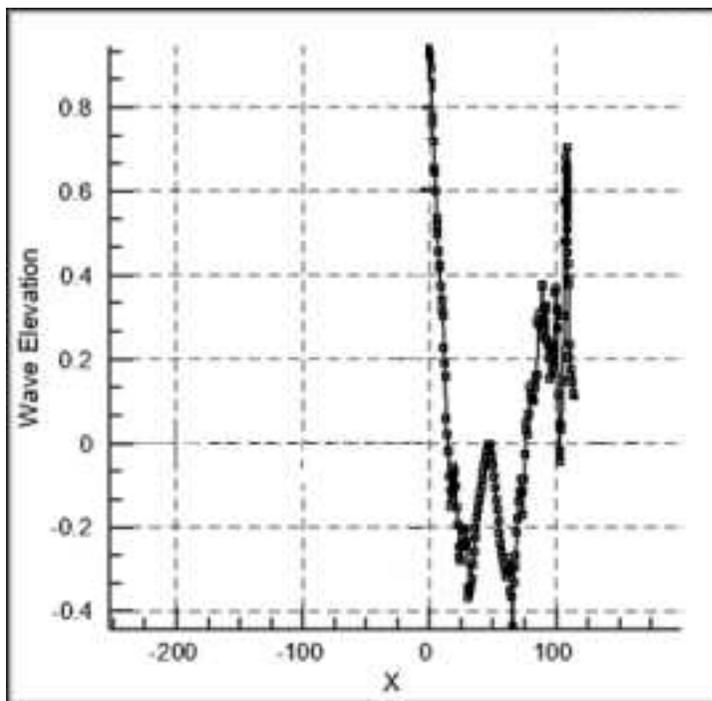
Gambar 4.16 Free Surface Kapal dengan *Sailfish Bulbous Bow* pada kecepatan 13.5 Knots



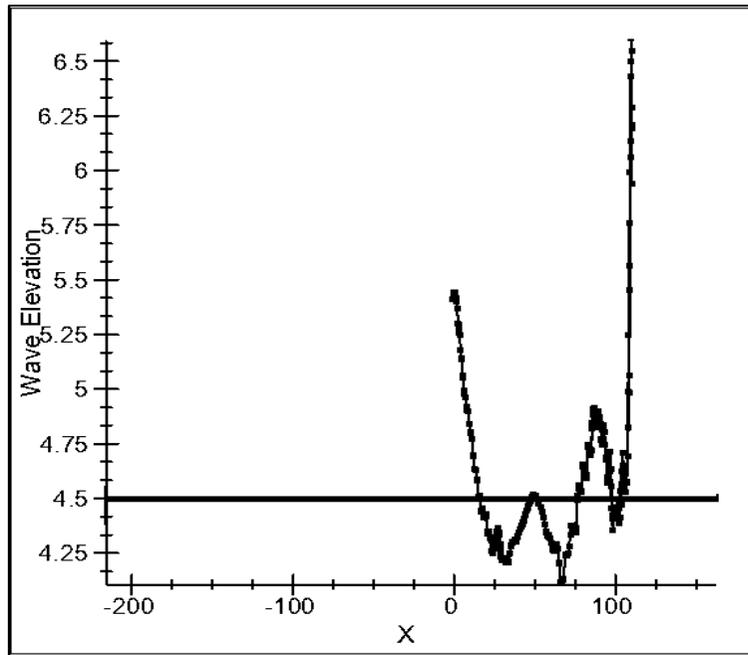
Gambar 4.17 Fenomena gelombang (tampak samping) pada kapal dengan *Conventional Bow* pada kecepatan 13.5 Knots



Gambar 4.18 Fenomena pelombang (tampak samping) pada kapal dengan *Sailfish Bulbous Bow* pada kecepatan 13.5 Knots

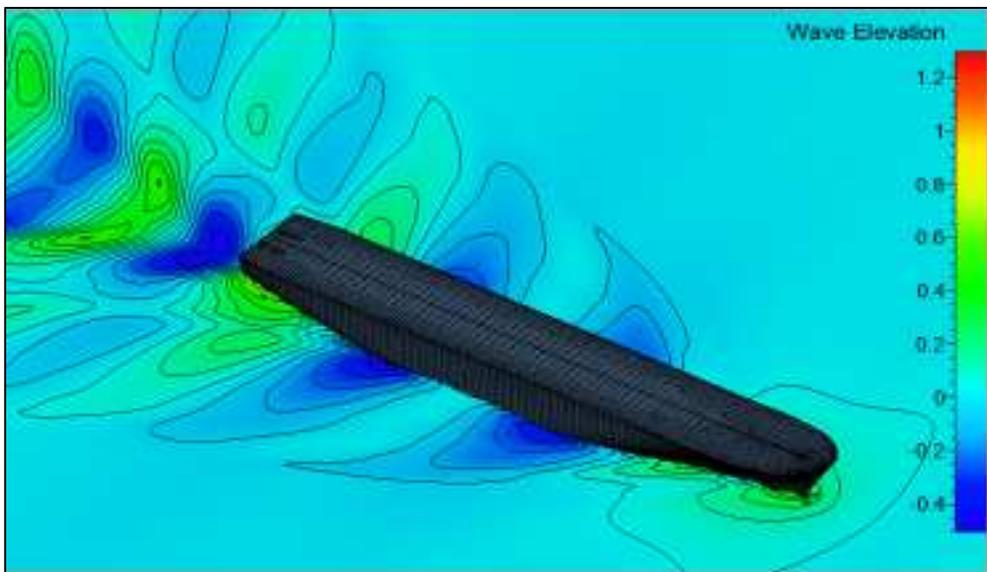


Gambar 4.19 Grafik Wave Elevation pada Kapal dengan *Conventional Bulbous Bow* pada kecepatan 13.5 knots (sumbu X 0 s/d 108)

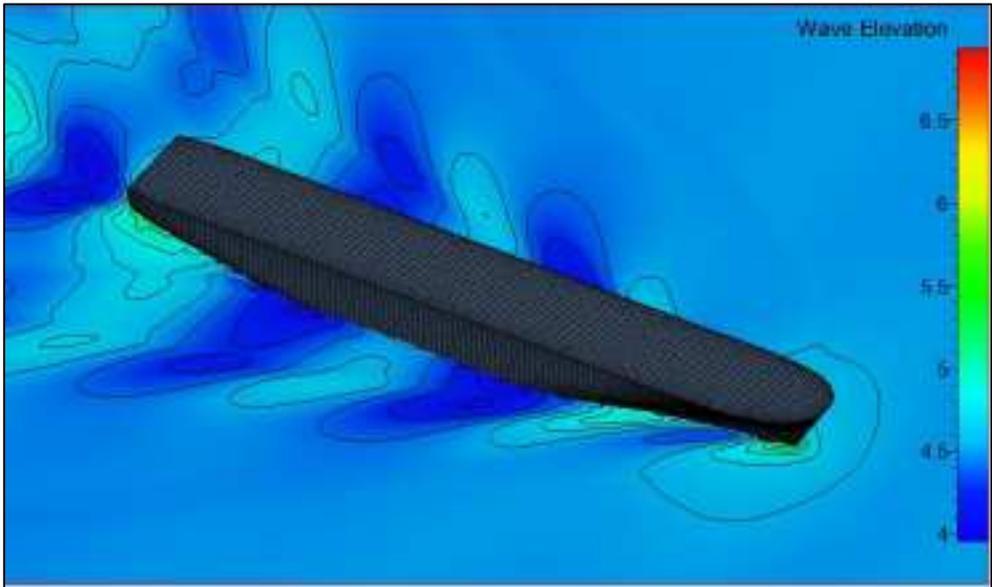


Gambar 4.20 Grafik Wave Elevation pada Kapal dengan *Sailfish Bulbous Bow* pada kecepatan 13.5 knots (sumbu X 0 s/d 108)

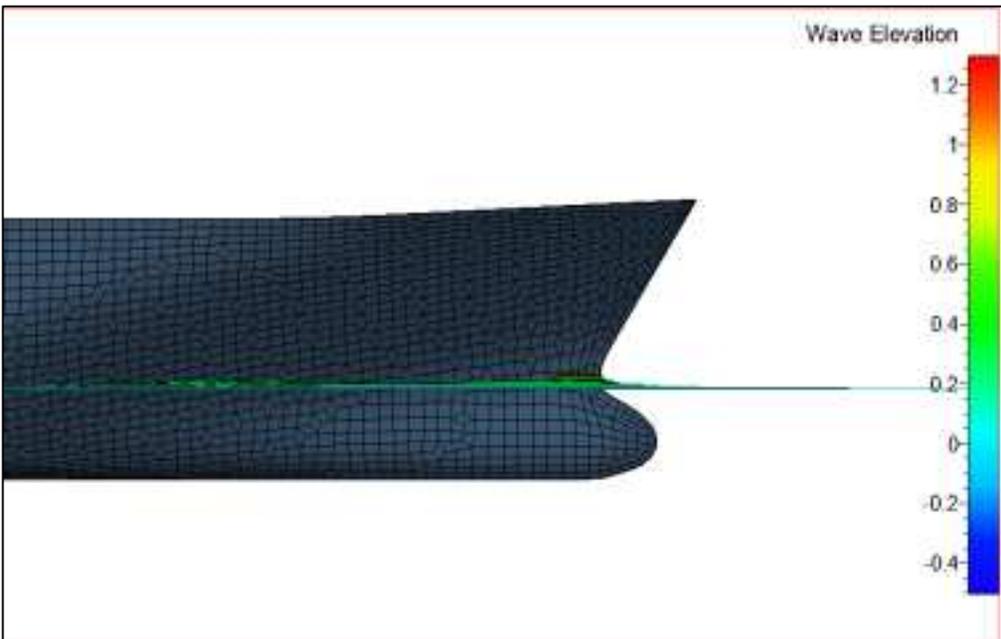
b. Kecepatan 14.5 Knots



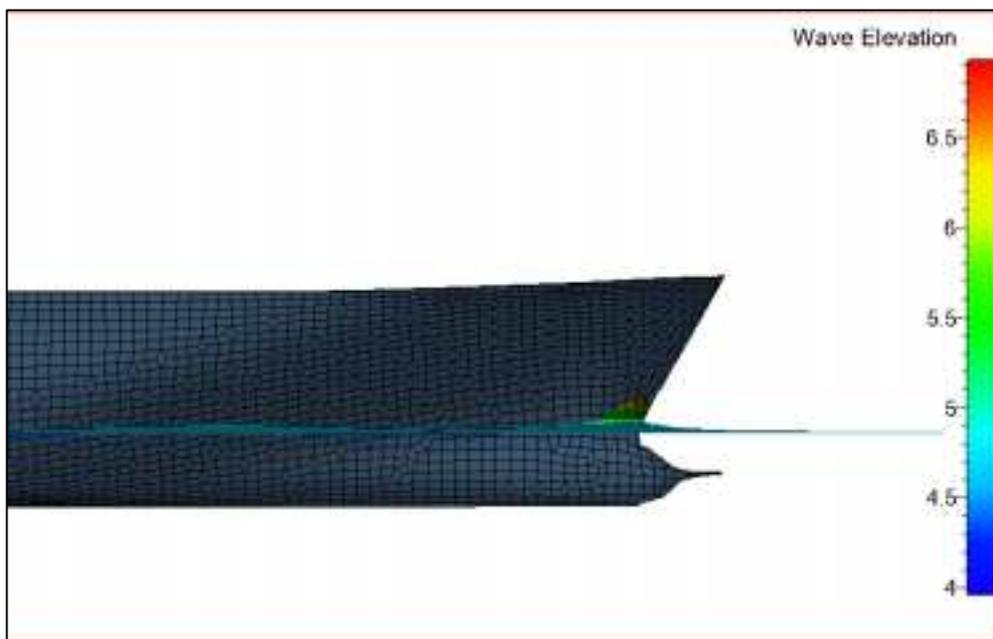
Gambar 4.21 Free Surface Kapal dengan *Conventional Bow* pada kecepatan 14.5 Knots



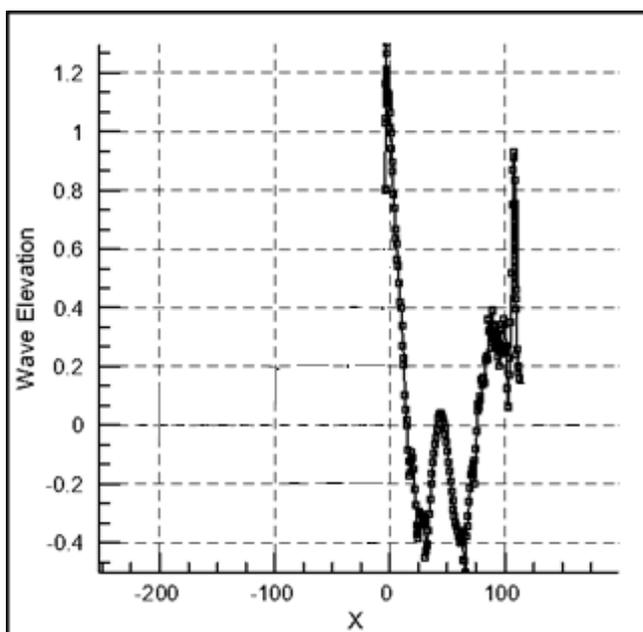
Gambar 4.22 Free Surface Kapal dengan *Sailfish Bulbous Bow* pada kecepatan 14.5 Knots



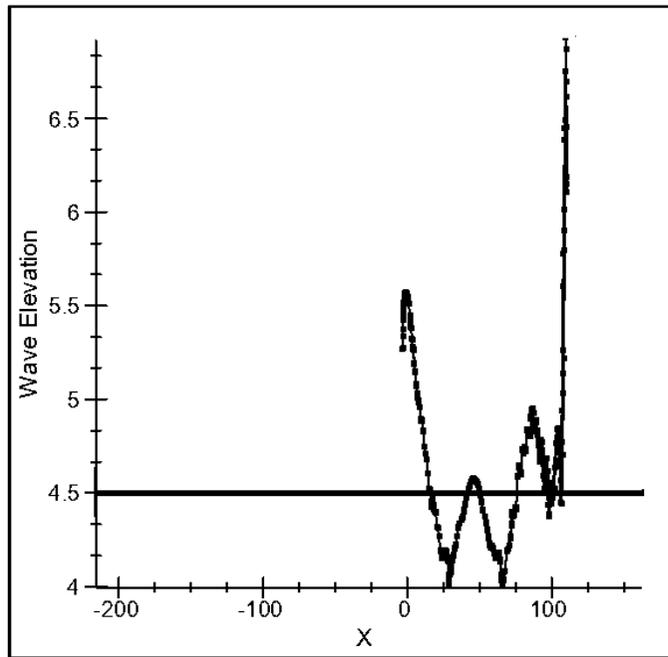
Gambar 4.23 Fenomena pelombang (tampak samping) pada kapal dengan *Conventional Bow* pada kecepatan 14.5 Knots



Gambar 4.24 Fenomena pelombang (tampak samping) pada kapal dengan *Sailfish Bulbous Bow* pada kecepatan 14.5 Knots

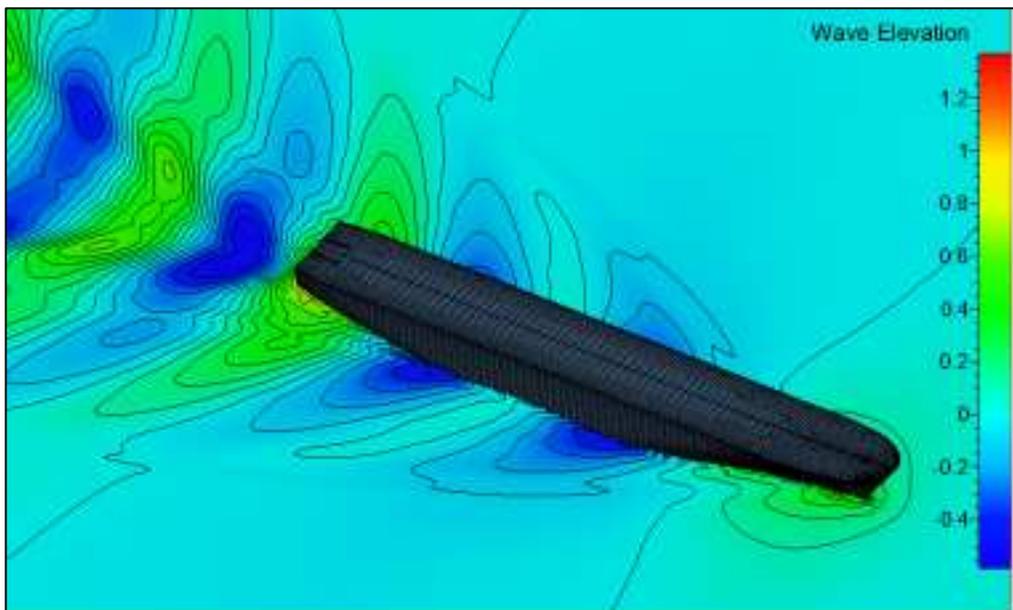


Gambar 4.25 Grafik Wave Elevation pada Kapal dengan *Conventional Bulbous Bow* pada kecepatan 14.5 knots (sumbu X 0 s/d 108)

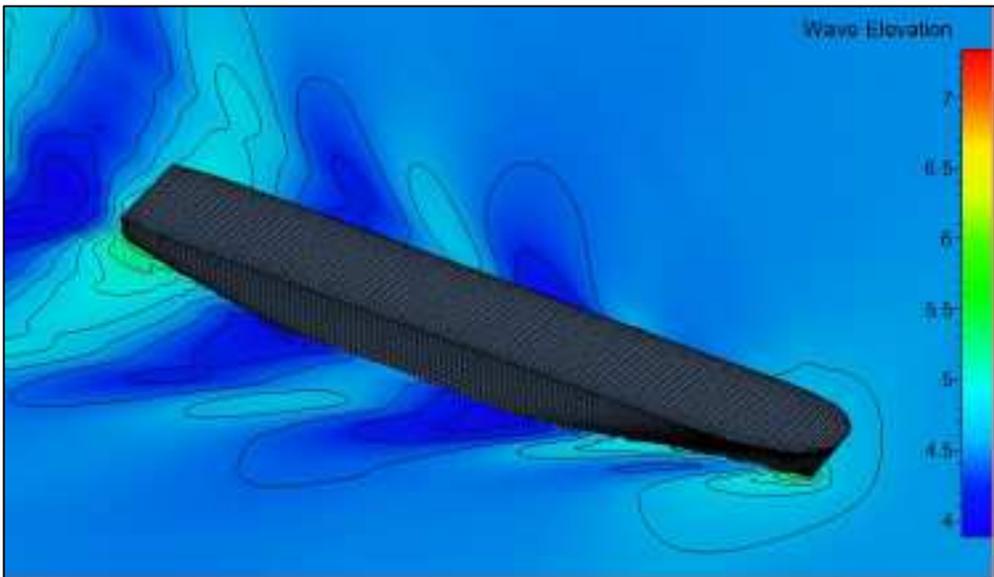


Gambar 4.26 Grafik Wave Elevation pada Kapal dengan *Sailfish Bulbous Bow* pada kecepatan 14.5 knots (sumbu X 0 s/d 108)

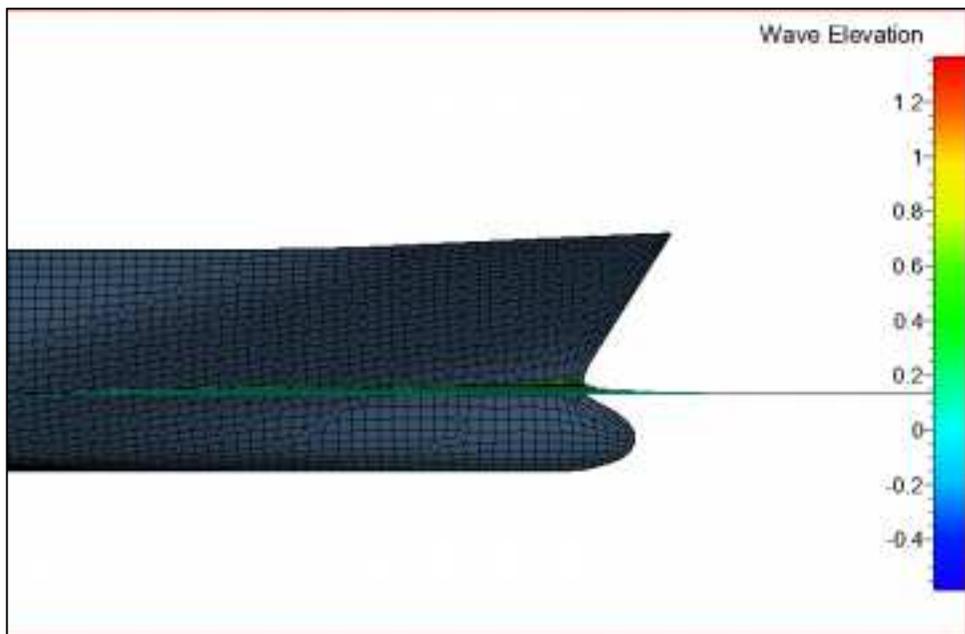
c. Kecepatan 15.5 Knots



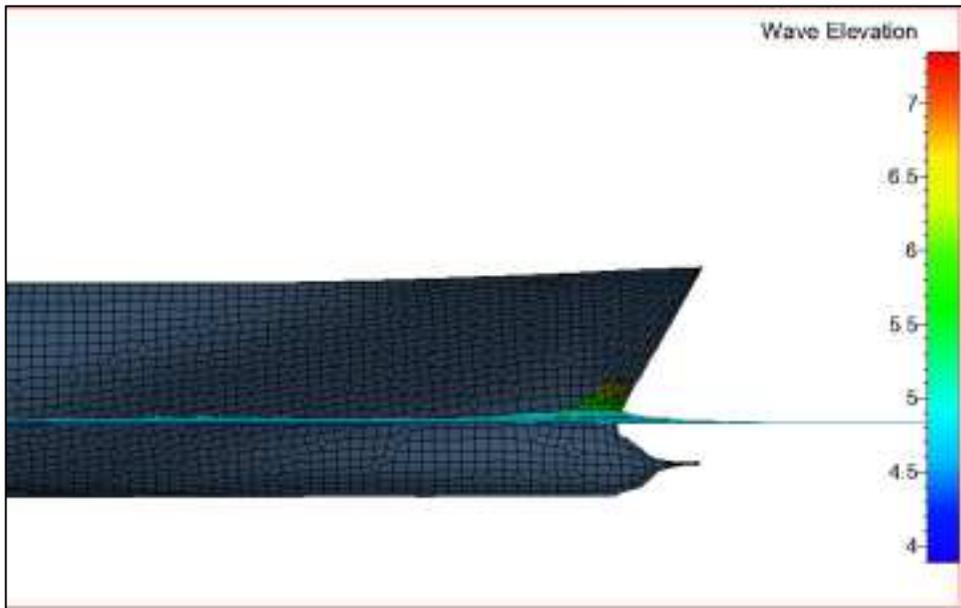
Gambar 4.27 Free Surface Kapal dengan *Conventional Bow* pada kecepatan 15.5 Knots



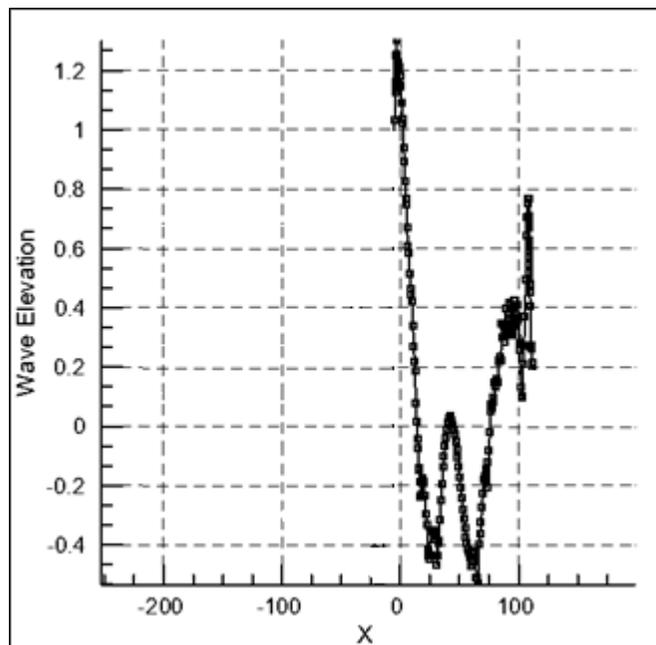
Gambar 4.28 Free Surface Kapal dengan *Sailfish Bulbous Bow* pada kecepatan 15.5 Knots



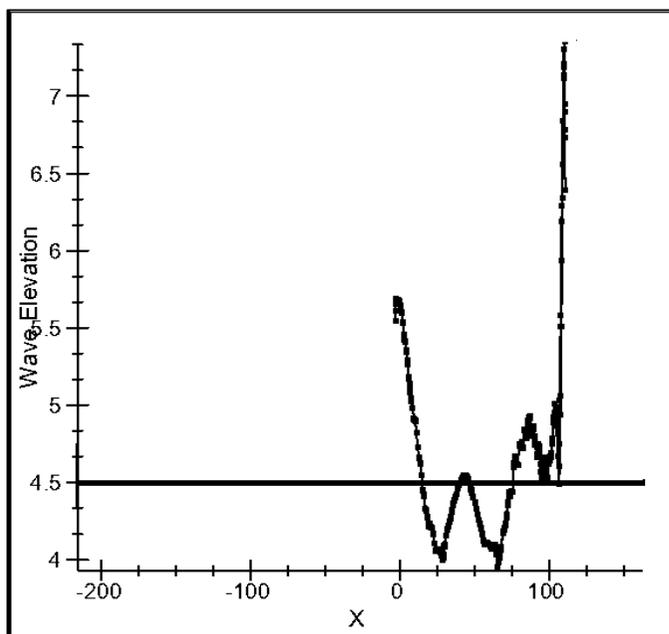
Gambar 4.29 Fenomena pelombang (tampak samping) pada kapal dengan *Conventional Bow* pada kecepatan 15.5 Knots



Gambar 4.30 Fenomena pelombang (tampak samping) pada kapal dengan *Sailfish Bulbous Bow* pada kecepatan 15.5 Knots

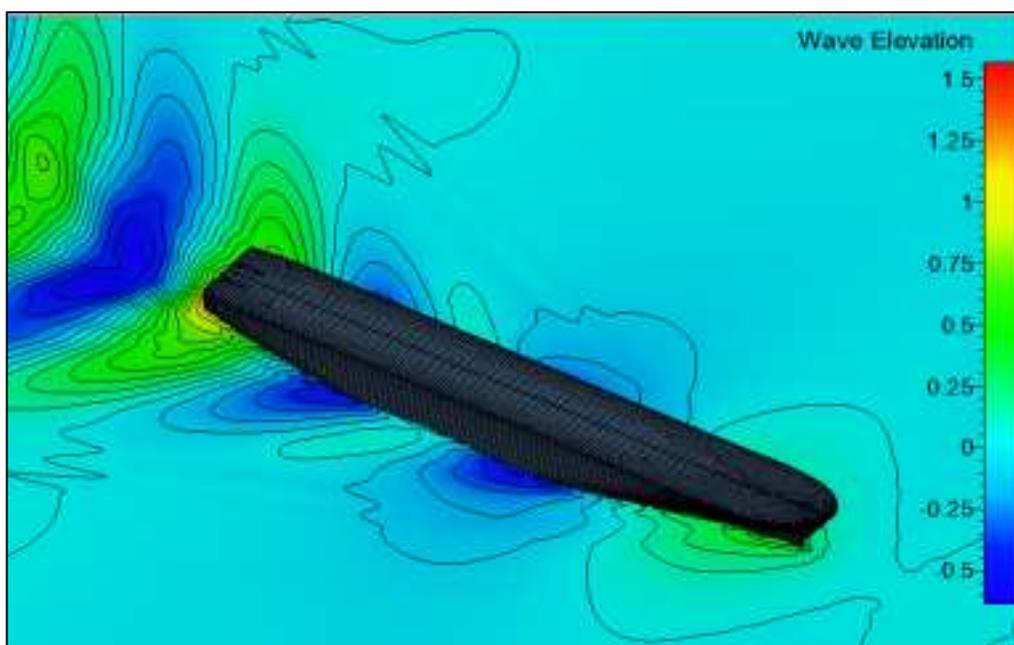


Gambar 4.31 Grafik Wave Elevation pada Kapal dengan *Conventional Bulbous Bow* pada kecepatan 15.5 knots (sumbu X 0 s/d 108)

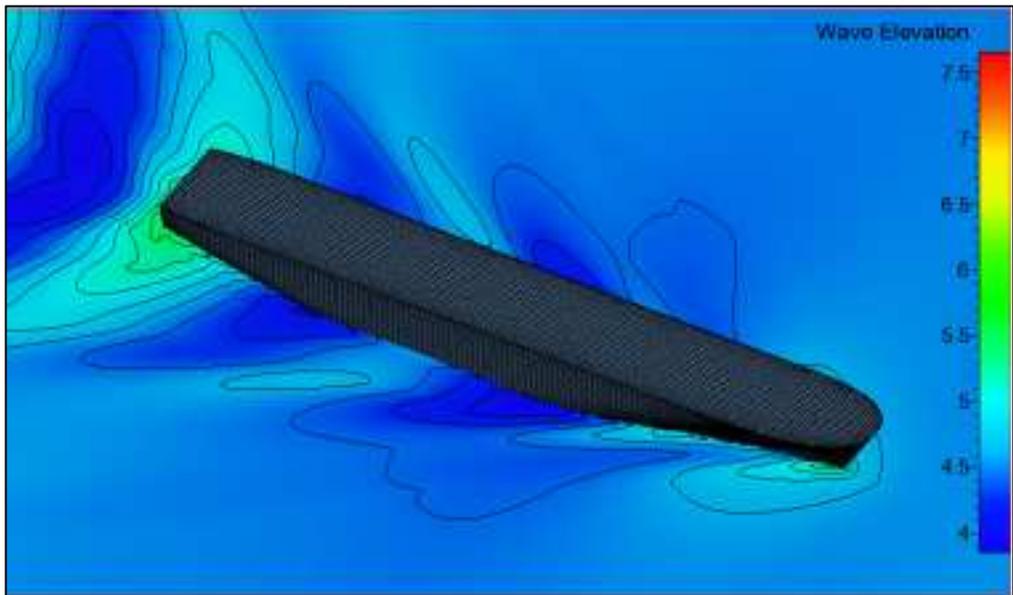


Gambar 4.32 Grafik Wave Elevation pada Kapal dengan *Sailfish Bulbous Bow* pada kecepatan 15.5 knots (sumbu X 0 s/d 108)

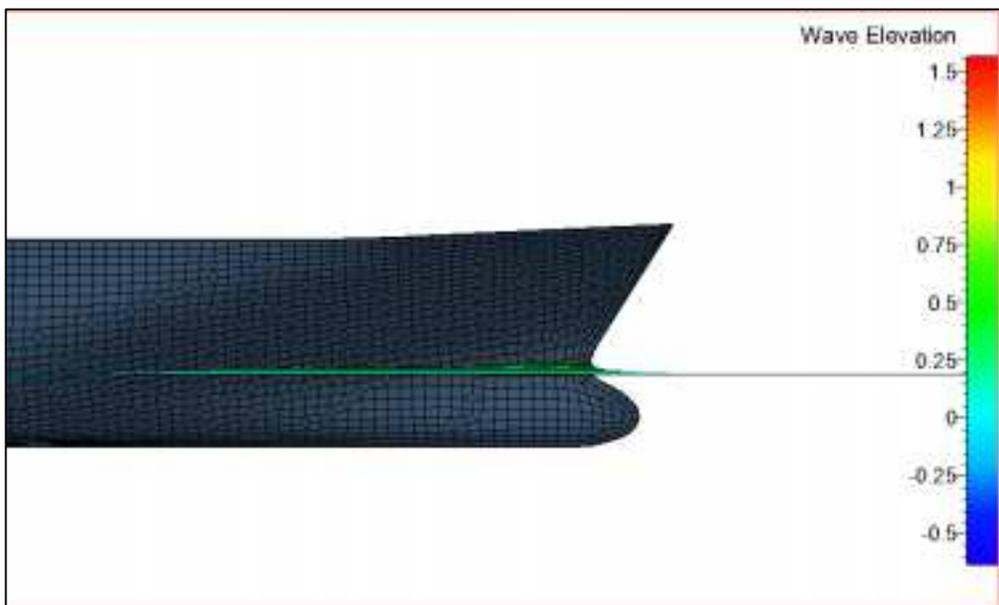
d. Kecepatan 16.5 Knots



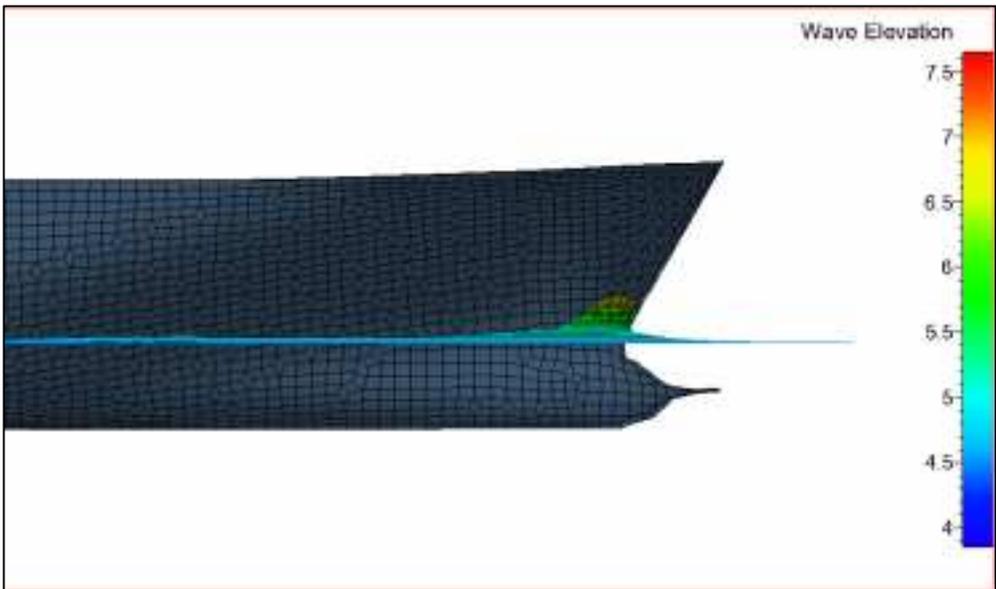
Gambar 4.33 Free Surface Kapal dengan *Conventional Bow* pada kecepatan 16.5 Knots



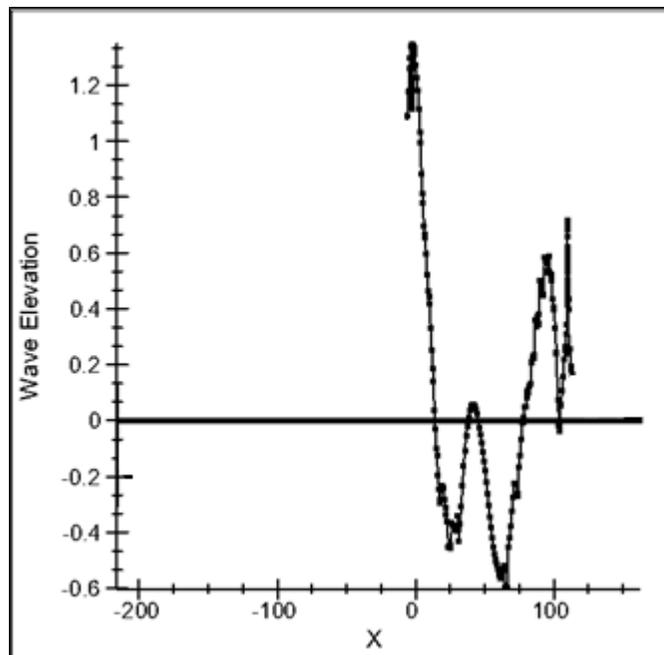
Gambar 4.34 Free Surface Kapal dengan *Sailfish Bulbous Bow* pada kecepatan 16.5 Knots



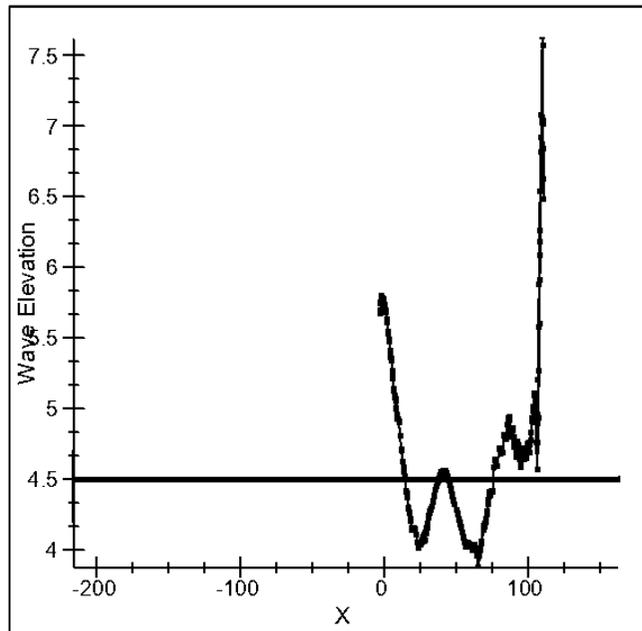
Gambar 4.35 Fenomena pelombang (tampak samping) pada kapal dengan *Conventional Bow* pada kecepatan 16.5 Knots



Gambar 4.36 Fenomena gelombang (tampak samping) pada kapal dengan *Sailfish Bulbous Bow* pada kecepatan 16.5 Knots

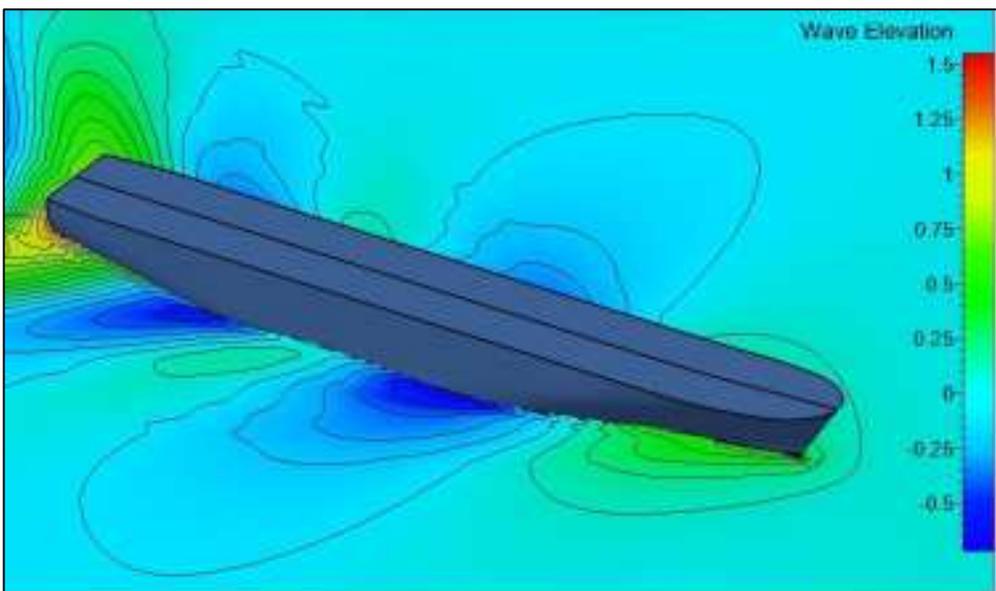


Gambar 4.37 Grafik Wave Elevation pada Kapal dengan *Conventional Bulbous Bow* pada kecepatan 16.5 knots (sumbu X 0 s/d 108)

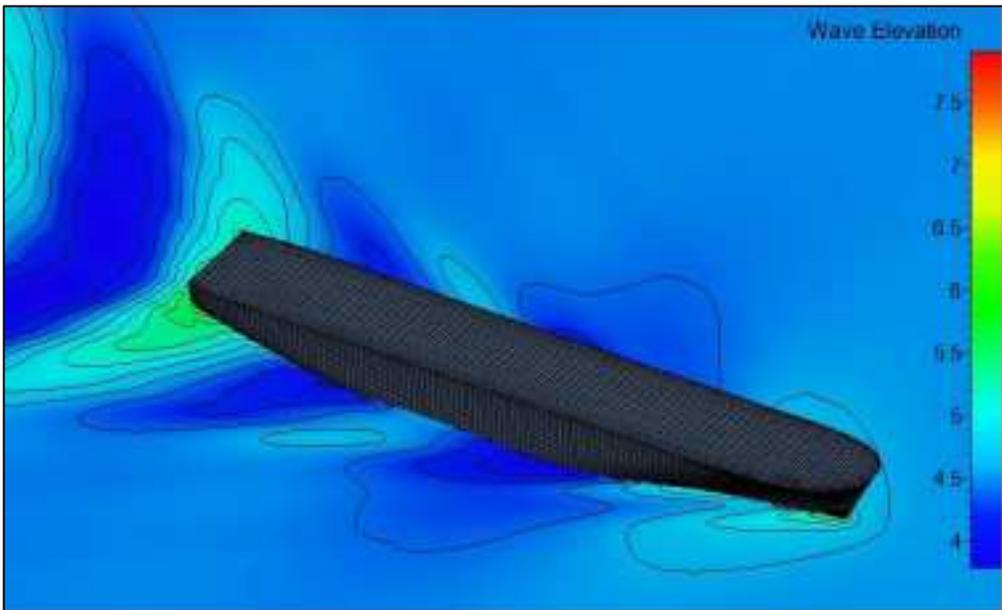


Gambar 4.38 Grafik Wave Elevation pada Kapal dengan *Sailfish Bulbous Bow* pada kecepatan 16.5 knots (sumbu X 0 s/d 108)

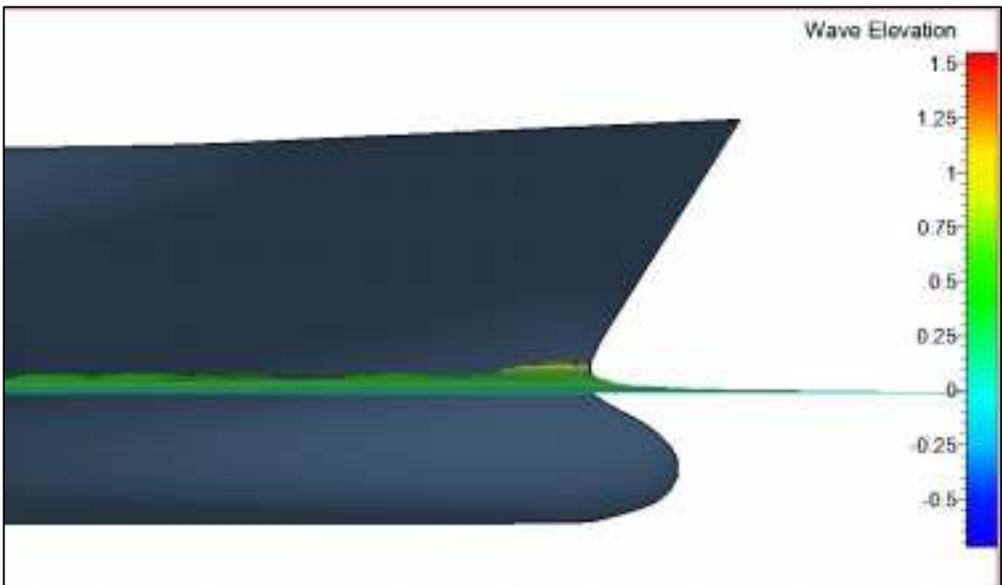
e. Kecepatan 17.5 Knots



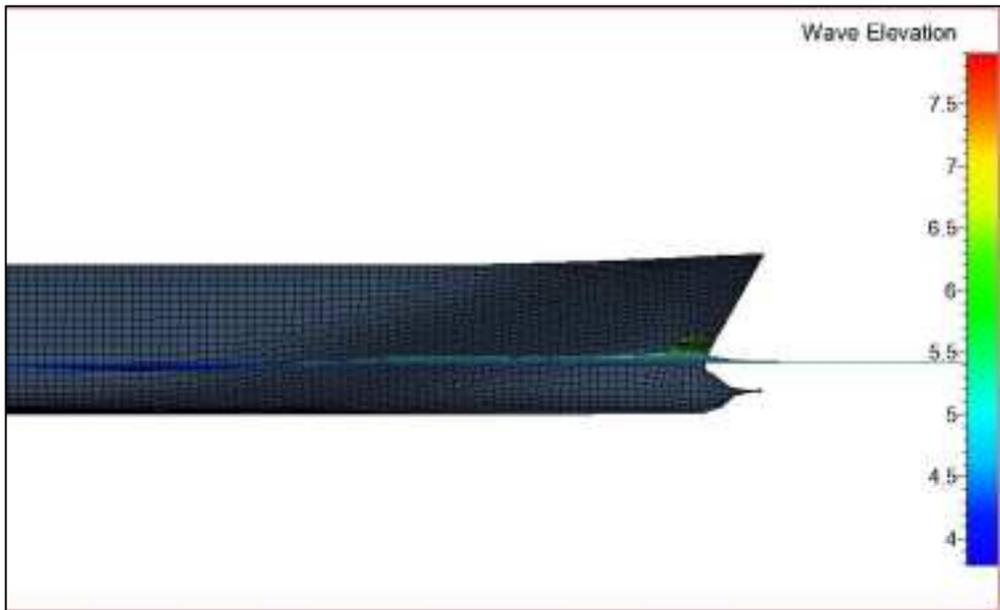
Gambar 4.39 *Free Surfaces* kapal dengan Bulbous Bow Konvensional pada kecepatan 17.5 Knots



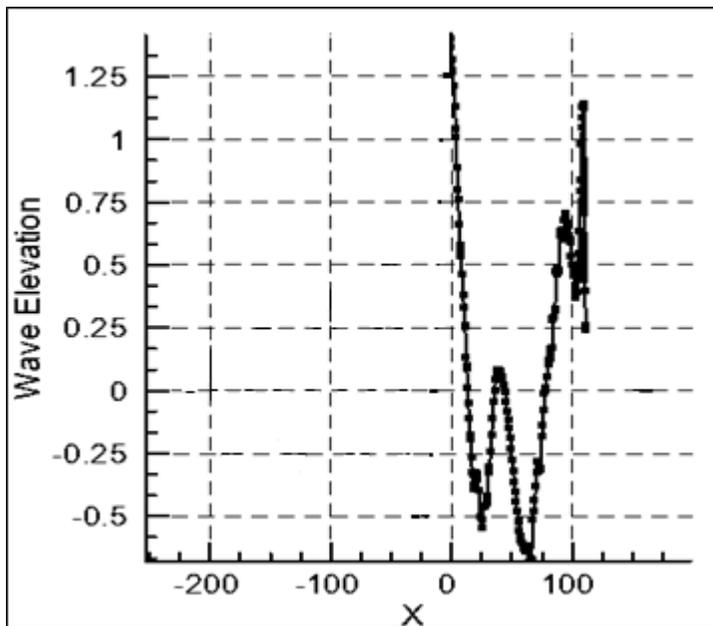
Gambar 4.40 *Free Surfaces* kapal dengan *Sailfish Bulbous Bow* pada kecepatan 17.5 Knots



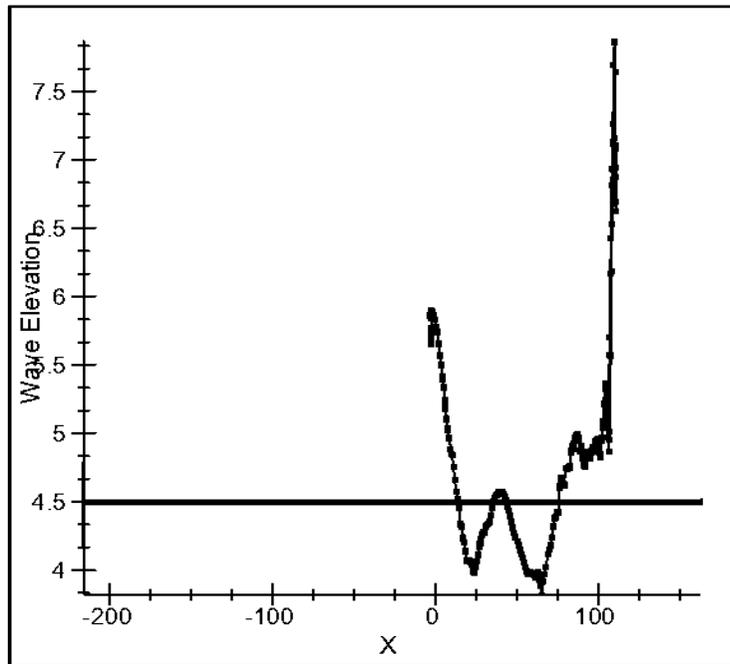
Gambar 4.41 Fenomena pelombang (tampak samping) pada kapal dengan *Bulbous Bow* konvensional pada kecepatan 17.5 Knots



Gambar 4.42 Fenomena pelombang (tampak samping) pada kapal dengan *Sailfish Bulbous Bow* pada kecepatan 17.5 Knots



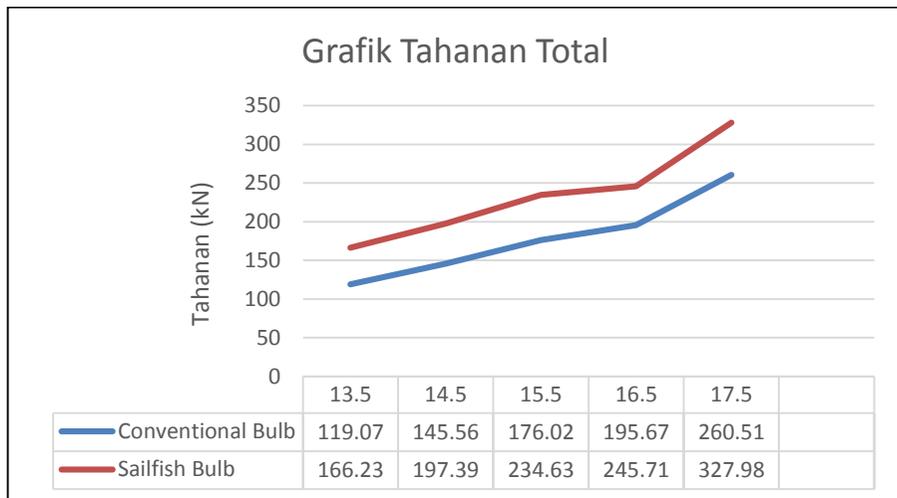
Gambar 4.43 Grafik Wave Elevation pada Kapal dengan *Bulbous Bow* konvensional pada kecepatan 17.5 knots (sumbu X 0 s/d 108)



Gambar 4.44 Grafik Wave Elevation pada Kapal dengan *Sailfish Bulbous Bow* pada kecepatan 17.5 knots (sumbu X 0 s/d 108)

4.6 Analisis Hasil Simulasi (*on-progress*)

Berdasarkan simulasi-simulasi yang telah dilakukan pada kedua model tersebut dengan berbagai variasi kecepatan, diperoleh nilai hasil yang tentunya dapat dijadikan acuan terhadap proses analisis. Data-data yang diperoleh dari hasil simulasi *computational fluid dynamics* yang dapat digunakan untuk menganalisa performa *bulbous bow* dalam mereduksi nilai tahanan total adalah fenomena gelombang yang terjadi pada permukaan air (*Free Surface*), grafik *wave elevation*, dan grafik gaya (F_x) yang bekerja pada kapal pada variasi kecepatan atau berdasarkan definisi gaya tersebut mampu dikatakan sebagai nilai tahanan kapal. Penulis akan menganalisa performa *bulbous bow* dengan cara melakukan perbandingan performa antara kapal dengan menggunakan dua tipe *bulbous bow* tersebut. Berikut adalah hasil analisis yang dilakukan oleh penulis :



Gambar 4.45 Grafik Tahanan Total (kN) fungsi kecepatan (Knots)

- a. **Pada Kecepatan 13.5 Knots**, model kapal dengan *conventional bulbous bow* dan *sailfish bulbous bow* memiliki fenomena gelombang yang berbeda, hal tersebut dapat dibuktikan pada gambar 4.15 dan 4.16, model kapal dengan *conventional bulbous bow* memiliki gelombang yang lebih baik dibandingkan kapal dengan *sailfish bulbous bow* hal tersebut diperkuat oleh gambar 4.19 dan 4.20, dimana gambar tersebut menunjukkan tinggi gelombang pada model kapal dengan *conventional bulbous bow* daerah haluan (pada sumbu x 108) memiliki tinggi yang lebih rendah yaitu sebesar 0.7 m dibandingkan model kapal dengan *Sailfish bulbous bow* yaitu sebesar 2.1 m. Hal tersebut tentunya mempengaruhi nilai tahanan total kedua kapal tersebut dimana berdasarkan gambar 4.43 pada kecepatan 13.5 Knots kapal dengan *bulbous bow* konvensional memiliki nilai tahanan 119.07 kN dan kapal dengan *sailfish bulbous bow* memiliki tahanan total sebesar 166.23 kN.
- b. **Pada Kecepatan 14.5 Knots**, model kapal dengan *conventional bulbous bow* dan *sailfish bulbous bow* memiliki fenomena gelombang yang berbeda, hal tersebut dapat dibuktikan pada gambar 4.21 dan 4.22, model kapal dengan *conventional bulbous bow* memiliki gelombang yang lebih baik dibandingkan kapal dengan *sailfish bulbous bow* hal tersebut diperkuat oleh gambar 4.25 dan 4.26, dimana gambar tersebut menunjukkan tinggi gelombang pada model kapal dengan *conventional bulbous bow* daerah haluan (pada sumbu x 108) memiliki tinggi yang lebih rendah yaitu sebesar 0.97 m dibandingkan model kapal dengan *Sailfish bulbous bow* yaitu sebesar 2.4 m. Hal tersebut tentunya mempengaruhi nilai tahanan total kedua kapal tersebut dimana berdasarkan gambar 4.43 pada kecepatan 14.5 Knots kapal dengan *bulbous bow* konvensional memiliki nilai tahanan 145.56 kN dan kapal dengan *sailfish bulbous bow* memiliki tahanan total sebesar 197.39 kN.

- c. **Pada Kecepatan 15.5 Knots**, model kapal dengan *conventional bulbous bow* dan *sailfish bulbous bow* memiliki fenomena gelombang yang berbeda, hal tersebut dapat dibuktikan pada gambar 4.27 dan 4.28, model kapal dengan *conventional bulbous bow* memiliki gelombang yang lebih baik dibandingkan kapal dengan *sailfish bulbous bow* hal tersebut diperkuat oleh gambar 4.31 dan 4.32, dimana gambar tersebut menunjukkan tinggi gelombang pada model kapal dengan *conventional bulbous bow* daerah haluan (pada sumbu x 108) memiliki tinggi yang lebih rendah yaitu sebesar 0.8 m dibandingkan model kapal dengan *Sailfish bulbous bow* yaitu sebesar 2.8 m. Hal tersebut tentunya mempengaruhi nilai tahanan total kedua kapal tersebut dimana berdasarkan gambar 4.43 pada kecepatan 15.5 Knots kapal dengan *bulbous bow* konvensional memiliki nilai tahanan 176.02 kN dan kapal dengan *sailfish bulbous bow* memiliki tahanan total sebesar 234.63 kN.
- d. **Pada Kecepatan 16.5 Knots**, model kapal dengan *conventional bulbous bow* dan *sailfish bulbous bow* memiliki fenomena gelombang yang berbeda, hal tersebut dapat dibuktikan pada gambar 4.33 dan 4.34, model kapal dengan *conventional bulbous bow* memiliki gelombang yang lebih baik dibandingkan kapal dengan *sailfish bulbous bow* hal tersebut diperkuat oleh gambar 4.37 dan 4.38, dimana gambar tersebut menunjukkan tinggi gelombang pada model kapal dengan *conventional bulbous bow* daerah haluan (pada sumbu x 108) memiliki tinggi yang lebih rendah yaitu sebesar 0.79 m dibandingkan model kapal dengan *Sailfish bulbous bow* yaitu sebesar 3.1 m. Hal tersebut tentunya mempengaruhi nilai tahanan total kedua kapal tersebut dimana berdasarkan gambar 4.43 pada kecepatan 16.5 Knots kapal dengan *bulbous bow* konvensional memiliki nilai tahanan 195.67 kN dan kapal dengan *sailfish bulbous bow* memiliki tahanan total sebesar 245.71 kN.
- e. **Pada Kecepatan 17.5 Knots (kecepatan dinas)**, model kapal dengan *conventional bulbous bow* dan *sailfish bulbous bow* memiliki fenomena gelombang yang berbeda, hal tersebut dapat dibuktikan pada gambar 4.39 dan 4.40, model kapal dengan *conventional bulbous bow* memiliki gelombang yang lebih baik dibandingkan kapal dengan *sailfish bulbous bow* hal tersebut diperkuat oleh gambar 4.43 dan 4.44, dimana gambar tersebut menunjukkan tinggi gelombang pada model kapal dengan *conventional bulbous bow* daerah haluan (pada sumbu x 108) memiliki tinggi yang lebih rendah yaitu sebesar 1.2 m dibandingkan model kapal dengan *Sailfish bulbous bow* yaitu sebesar 3.4 m. Hal tersebut tentunya mempengaruhi nilai tahanan total kedua kapal tersebut dimana berdasarkan gambar 4.43 pada kecepatan 17.5 Knots kapal dengan *bulbous bow* konvensional memiliki nilai tahanan 260.51 kN dan kapal dengan *sailfish bulbous bow* memiliki tahanan total sebesar 327.98 kN.

Berikut adalah penjabaran hasil analisis yang berkaitan dengan beberapa karakteristik – karakteristik kapal dan bulbous bow berdasarkan teori- teorinya.

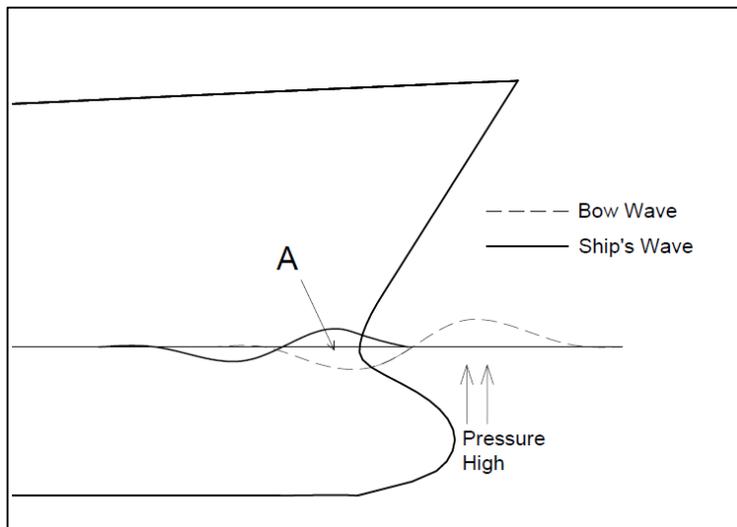
Tabel 4.9 Analisis Kesesuaian Desain dan Hasil

Analisis Kesesuaian Desain dan Hasil				
		Bulbous Bow Konvensional	Sailfish Bulbous Bow	Ket
Metode Desain Bulbous Bow	Kategori			
	Panjang	Kracht Method	Kracht Method	Sama
	Lebar	Kracht Method	Kracht Method	Sama
	Tinggi	Kracht Method	Kracht Method	Sama
	Koefisien Bulb	Kracht Method	Kracht Method	Sama
Bentuk Kapal	Sudut Masuk Air	4 Degrees	4 Degrees	Sama
	Luas Waterline (Tmax)	1289.27 m ²	1289.27 m ²	Sama
	Luas Permukaan Basah	1868.39 m ²	1871.21 m ²	Berbeda
Bentuk Bulbous Bow	Bentuk Memanjang	Ram Bow	Sailfish Bow	Berbeda
	Bentuk Melintang	Delta Type	Oval Type	Berbeda
Bentuk Tambahan Bulb	Bagian Memanjang	-	Moncong Sailfish	Berbeda
	Bagian Melintang	-	-	Sama

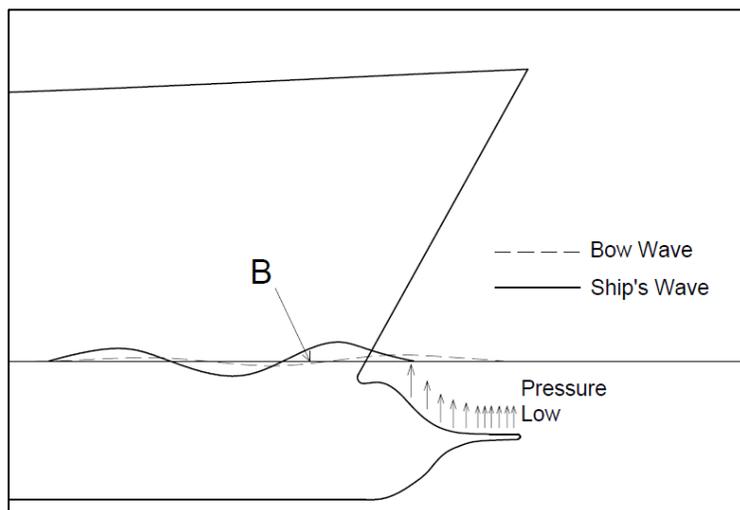
Berdasarkan Tabel 4.9 Analisis Kesesuaian Desain dan Hasil, menjelaskan beberapa kesamaan dan perbedaan faktor – faktor yang berkaitan dengan performa *bulbous bow*. Tabel ini kemudian dikaitkan dengan hasil analisis yang telah dilakukan pada 4.5 sehingga mampu ditemukan jawaban tentang performa *sailfish bulbous bow* dibandingkan dengan *bulbous bow* konvensional. Menurut Tabel 4.9, terdapat empat poin perbedaan dalam penerapan *bulbous bow sailfish* dan *bulbous bow konvensional*, yaitu pada bentuk kapal terdapat perbedaan luas permukaan basah (m²) antara kapal dengan *sailfish bulbous bow* dan kapal dengan *bulbous bow* konvensional, hal tersebut tentunya mempengaruhi nilai tahanan gesek. Selain berbeda pada bentuk kapal, kedua bentuk *bulbous bow* kapal tersebut tentunya memiliki bentuk yang sangat berbeda dikarenakan pada *sailfish bulbous bow* bentuknya menggunakan prinsip *sailfish* (ikan layaran) dilengkapi dengan moncong yang berbentuk lancip, sedangkan *bulbous bow* konvensional memiliki bentuk seperti teori yang telah dikemukakan oleh Kracht.

Menurut hasil simulasi pada sub-bab 4.5 menjelaskan pada setiap kecepatan dari 13.5 Knots hingga 18.5 Knots, *sailfish bulbous bow* memiliki nilai tahanan rata-rata 32% lebih besar dibandingkan *bulbous bow* konvensional. Hal tersebut diduga pada *bulbous bow sailfish* khususnya pada bagian moncong, memiliki tekanan fluida

yang sangat rendah dikarenakan oleh bentuk yang lancip sehingga gelombang yang dihasilkan terlalu kecil, di sisi lain gelombang yang dihasilkan oleh linggi haluan adalah besar sehingga proses interferensi gelombang tidak berjalan dengan efisien. Berbeda dengan *bulbous bow* konvensional yang memiliki bentuk tumpul (*round*) pada bagian depan, sehingga ketika kapal melaju dengan kecepatan tertentu, tekanan yang terjadi pada bagian depan *bulbous bow* sangat besar yang tentunya akan menghasilkan gelombang yang sangat besar sehingga proses interferensi gelombang berjalan dengan efisien. Berikut adalah gambaran analisis oleh penulis terhadap fenomena gelombang akibat kedua *bulbous bow* :



Gambar 4.46 Gambaran fenomena gelombang pada *Bulb* Konvensional



Gambar 4.47 Gambaran fenomena gelombang pada *Sailfish Bulb*

Berdasarkan pembahasan yang telah dilakukan diatas, ditemukan beberapa permasalahan yang membuat performa *sailfish bulbous bow* dengan rancangan yang telah dilakukan masih dianggap belum sebaik *bulbous bow* dengan tipe konvensional. Berikut adalah beberapa diagnosis yang didapatkan berdasarkan hasil pengujian :

1. Bentuk bagian depan *geometry sailfish* (moncong) masih terlalu lancip untuk dijadikan *bulbous bow* sehingga tekanan yang dihasilkan pada daerah tersebut tergolong rendah untuk menghasilkan gelombang baru agar berkontribusi dalam proses interferensi gelombang.
2. Bentuk lekukan yang menghubungkan antara linggi haluan dengan *bulbous bow* masih belum optimal terhadap tipe *bulbous bow* ini sehingga mengakibatkan ulakan atau turbulensi pada daerah tersebut.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah dilakukan proses simulasi dan analisis terhadap penelitian pada kali ini, didapatkan beberapa hasil riset yang kemudian dapat dijadikan beberapa kesimpulan pada tugas akhir kali ini. Pada bab V kesimpulan kali ini merupakan bagian akhir dari sebuah penelitian yang bertujuan untuk menjawab segala rumusan masalah tugas akhir yang telah dikemukakan pada bab pendahuluan. Selain kesimpulan, saran pada bagian ini diperlukan untuk hal yang berkaitan dengan penelitian ini atau dapat digunakan untuk pengembangan penelitian berikutnya.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan hasil penelitian adalah sebagai berikut :

1. Penerapan bentuk kepala beserta moncong ikan layaran (*sailfish*) menjadi bentuk *bulbous bow* pada kapal dilakukan dengan cara penggabungan antara teori dasar pembuatan *bulbous bow* sebagai dasar ukuran utama *bulbous bow* dan data gambar dan rasio ukuran *sailfish geometry* sebagai bentuk *bulbous bow* tersebut.
2. Berdasarkan hasil simulasi dari kedua model tersebut, pada kecepatan 13.5 Knots nilai tahanan total kapal 119.07 kN pada *bulbous bow* konvensional, dan 166.23 kN pada *Sailfish Bulbous Bow*. *Sailfish bulbous bow* memiliki nilai tahanan total lebih besar 39.6% dibandingkan *Bulbous Bow* konvensional.
3. Berdasarkan hasil simulasi dari kedua model tersebut, pada kecepatan 14.5 Knots nilai tahanan total kapal 145.56 kN pada *bulbous bow* konvensional, dan 197.39 kN pada *Sailfish Bulbous Bow*. *Sailfish bulbous bow* memiliki nilai tahanan total lebih besar 35.6% dibandingkan *Bulbous Bow* konvensional.
4. Berdasarkan hasil simulasi dari kedua model tersebut, pada kecepatan 15.5 Knots nilai tahanan total kapal 176.02 kN pada *bulbous bow* konvensional, dan 234.63 kN pada *Sailfish Bulbous Bow*. *Sailfish bulbous bow* memiliki nilai tahanan total lebih besar 33.3% dibandingkan *Bulbous Bow* konvensional.
5. Berdasarkan hasil simulasi dari kedua model tersebut, pada kecepatan 16.5 Knots nilai tahanan total kapal 195.67 kN pada *bulbous bow* konvensional, dan 245.71 kN pada *Sailfish Bulbous Bow*. *Sailfish bulbous bow* memiliki nilai tahanan total lebih besar 25.57% dibandingkan *Bulbous Bow* konvensional.
6. Berdasarkan hasil simulasi dari kedua model tersebut, pada kecepatan 17.5 Knots nilai tahanan total kapal 260.51 kN pada *bulbous bow* konvensional, dan 327.98 kN pada *Sailfish Bulbous Bow*. *Sailfish bulbous bow* memiliki nilai tahanan total lebih besar 25.89% dibandingkan *Bulbous Bow* konvensional.
7. Hipotesis yang dikemukakan oleh penulis tentang pengembangan desain *bulbous bow* dengan cara mengubah desain *bulb* menjadi lebih lancip dengan tujuan mengurangi tekanan sehingga mampu menghasilkan interferensi gelombang yang efektif tersebut dianggap belum tepat dengan hasil, dikarenakan berdasarkan hasil pengujian membuktikan bahwa *bulbous bow* dengan konsep *sailfish* masih kurang efektif dalam memanipulasi gelombang pada proses interferensi.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, ada beberapa saran – saran yang dapat disampaikan oleh penulis. Berikut adalah saran yang bisa dikemukakan oleh penulis :

1. Diperlukan modifikasi bentuk bagian moncong pada *sailfish geometry bulbous bow* agar mampu menciptakan tekanan fluida yang lebih besar.
2. Penggunaan *sailfish geometry* disarankan diterapkan pada kendaraan maritim yang berada di dalam air seperti kapal selam, namun diperlukan pengkajian lebih lanjut.
3. Untuk penelitian selanjutnya diperlukan pengujian untuk kondisi *unsteady* (dalam kondisi bergelombang) untuk mengetahui performa *bulbous bow* lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

Anonmim. 2009. *Tugas rencana garis dan bukaan kulit*. Surabaya: Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Anonim. "The Fastest fish in the world". Diakses tanggal 21 April 2018. <https://www.thetravelalmanac.com/lists/fish-speed.htm>

Chakraborty, Souya. "What is the importance of bulbous bow of ship?". Diakses tanggal 5 Desember 2017. <https://www.marineinsight.com/naval-architecture/why-do-ships-have-bulbous-bow/>

Fitri, Sutopo Purwono. 2017. *Metodologi Penelitian*. Surabaya: Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Harvald, Sv.Aa. 1983. *Tahanan dan Propulsi Kapal*. Lyngby: John Wiley & Sons, Inc

Hirsch, Charles. 2007. *Numerical Cumputation of Internal and External Flows, The Fundamental of Computational Fluid Dynamics, Second Edition*. USA: John Willey & Sons.

Kracht, Alfred M. 1978. *Design of Bulbous Bow*. Anonim: SNME Transactions.

Papanikolaou, Apostolos. 2014. *Methodologies of Premiliminary Design*. Anonim: Springer Netherlands

Sugiyono. 2013. *Statistika Untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta

Versteeg, Malalasekera.2007. *An Introduction of Computational Fluid Dyanamics,The Finite Voume Method, Second Editions*. USA:Prentice Hall.

Wikipedia."Definisi Ikan Layaran". Diakses tanggal 5 Desember 2017. https://id.wikipedia.org/wiki/Ikan_layaran

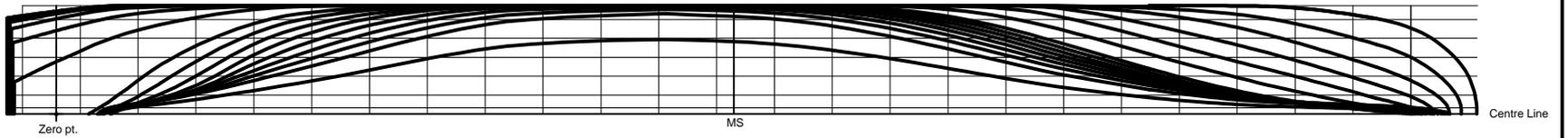
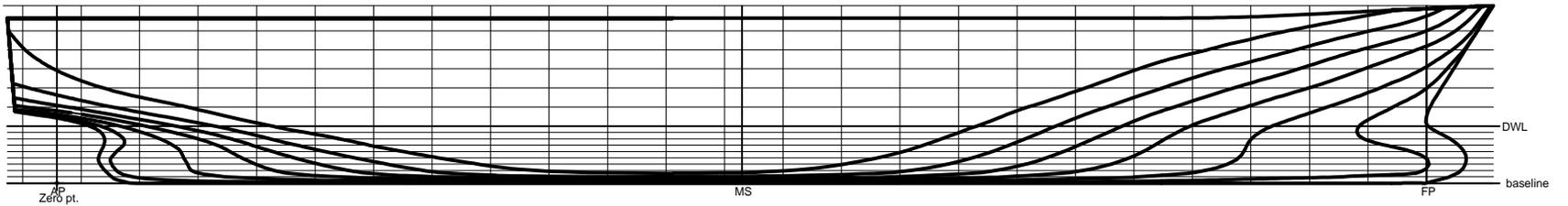
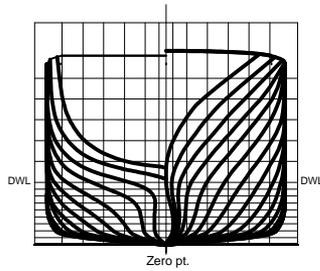
Taufan, Muhammad. "Tahanan Kapal". Diakses tanggal 5 Desember 2017. <http://www.rider-system.net/2012/12/tahanan-kapal.html>

Sony. "Peran Bulbous Bow". Diakses tanggal 5 Desember 2017. <http://kapalmania.blogspot.co.id/2011/12/v-behaviorurldefaultvmlo.html>

Sagong, Woong, Woo-Pyung Jeon, Haecheon Choi. 2013. Hydrodynamic Characteristic of the Sailfish (*Istiophorus Platyperus*) and Swordfish (*Xiphias Gladius*) in Gliding Postures at Their Cruise Speed [Jurnal]. Seoul (KR): Seoul National University

Ventura, Manuel. Anonim. *Bulbous Bow Design and Construction*. Lisboa: Universidade de Lisboa.

LAMPIRAN



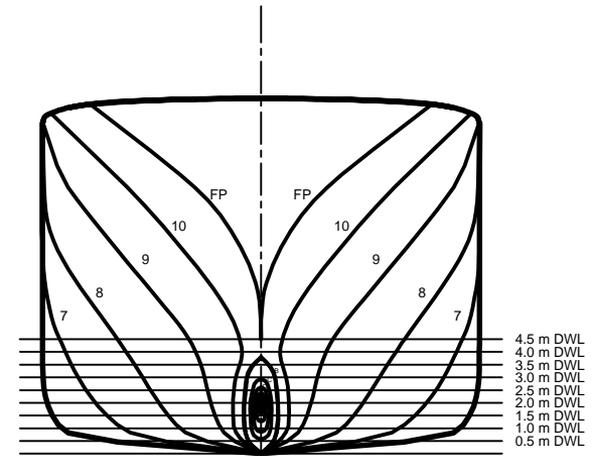
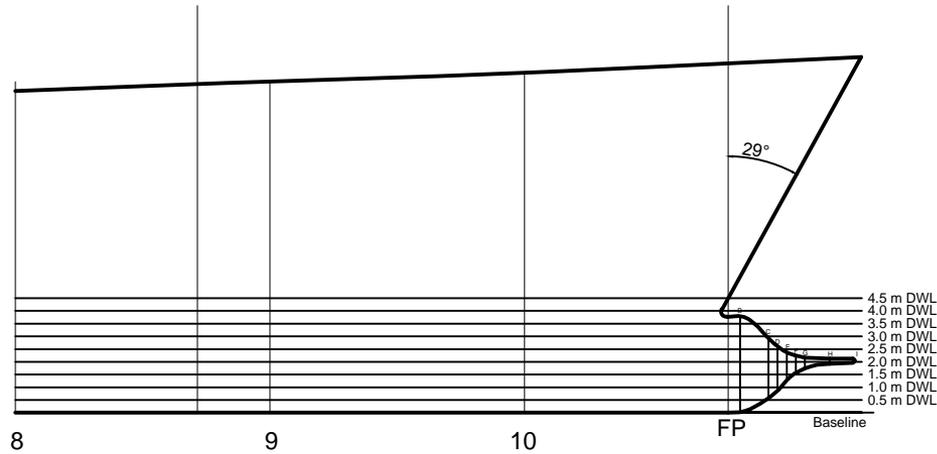
SCALE On B5 Paper for an attachment
1 : 550

The linesplan drawing is plotted from Maxsurf

PRINCIPAL DIMENSION							
LOA	:	117.52	m	Depth(MLD)	:	13	m
LBP	:	108,06	m	Max. Draught	:	4.5	m
LWL	:	107.289	m	Block Coeff.	:	0.556	
Breadth	:	17.2	m	Vs	:	17.5	Kts

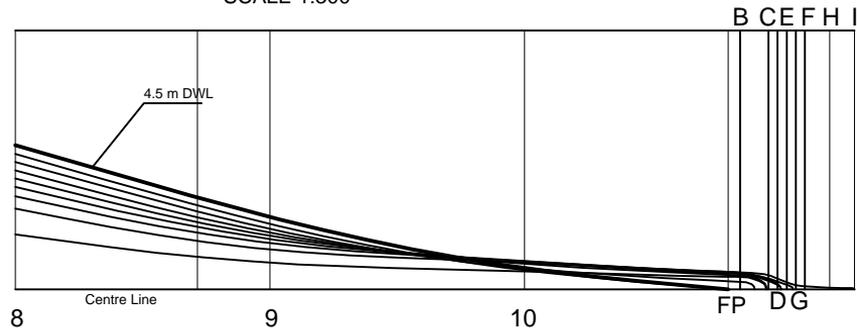
SHEER PLAN (FWD MIDSHIP)

SCALE 1:300



WATERLINE VIEW (FWD MIDSHIP)

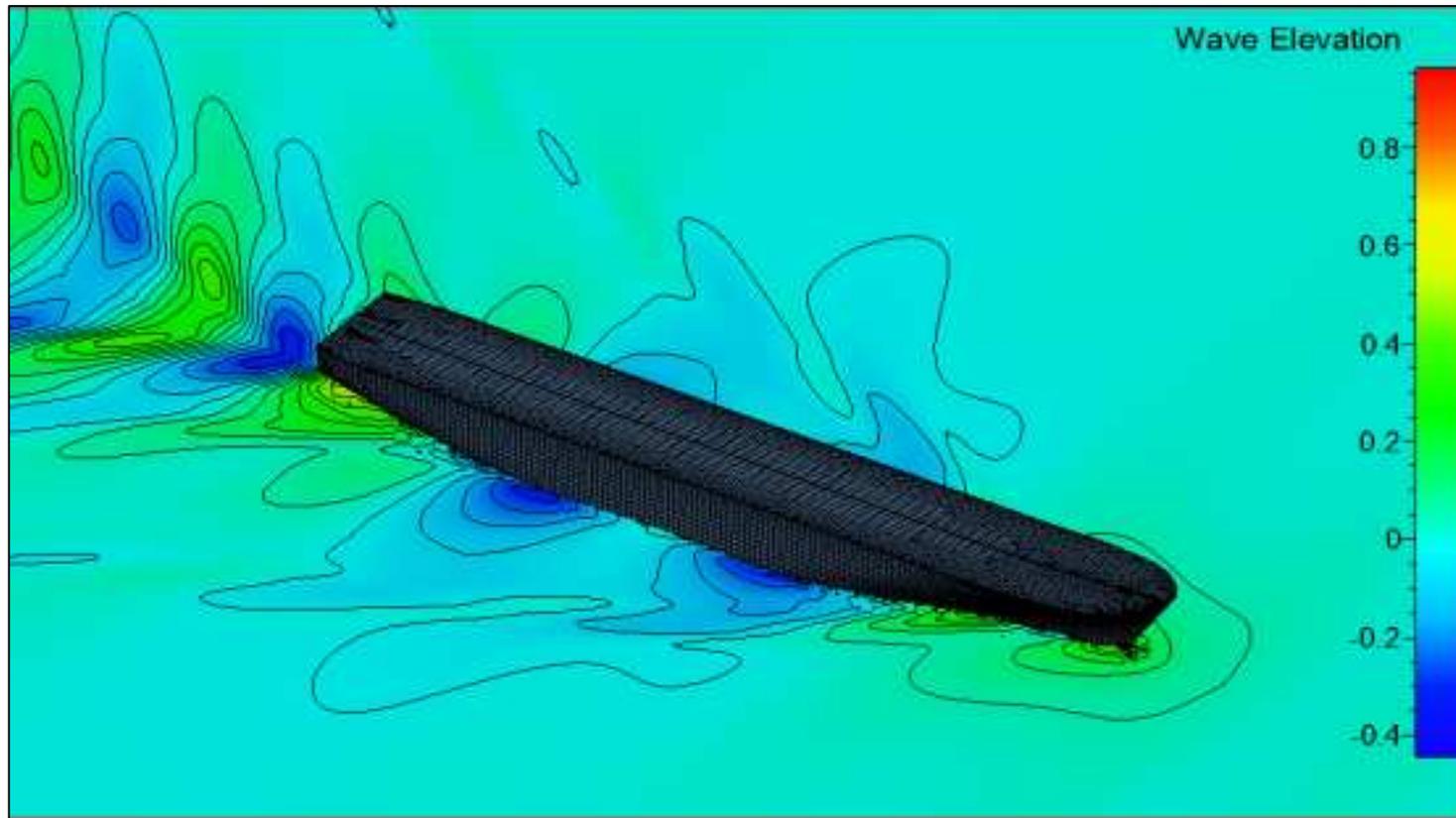
SCALE 1:300



PRINCIPAL DIMENSION							
LOA	:	117.52	m	Depth(MLD)	:	13	m
LBP	:	108,06	m	Max. Draught	:	4.5	m
LWL	:	107.289	m	Block Coeff.	:	0.556	
Breadth	:	17.2	m	Vs	:	17.5	Kts

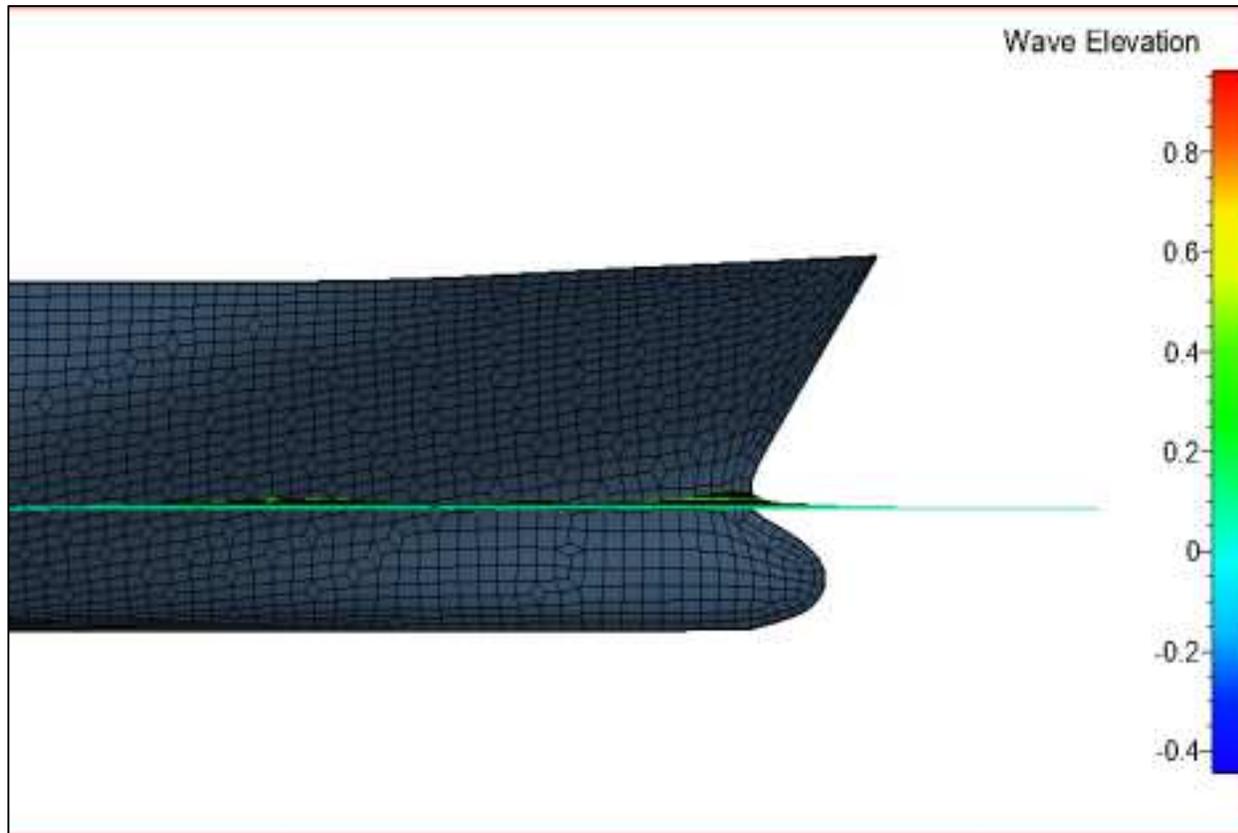
FREE SURFACE

Wave elevation in Ship with Conventional Bulbous Bow at 13.5 Knots



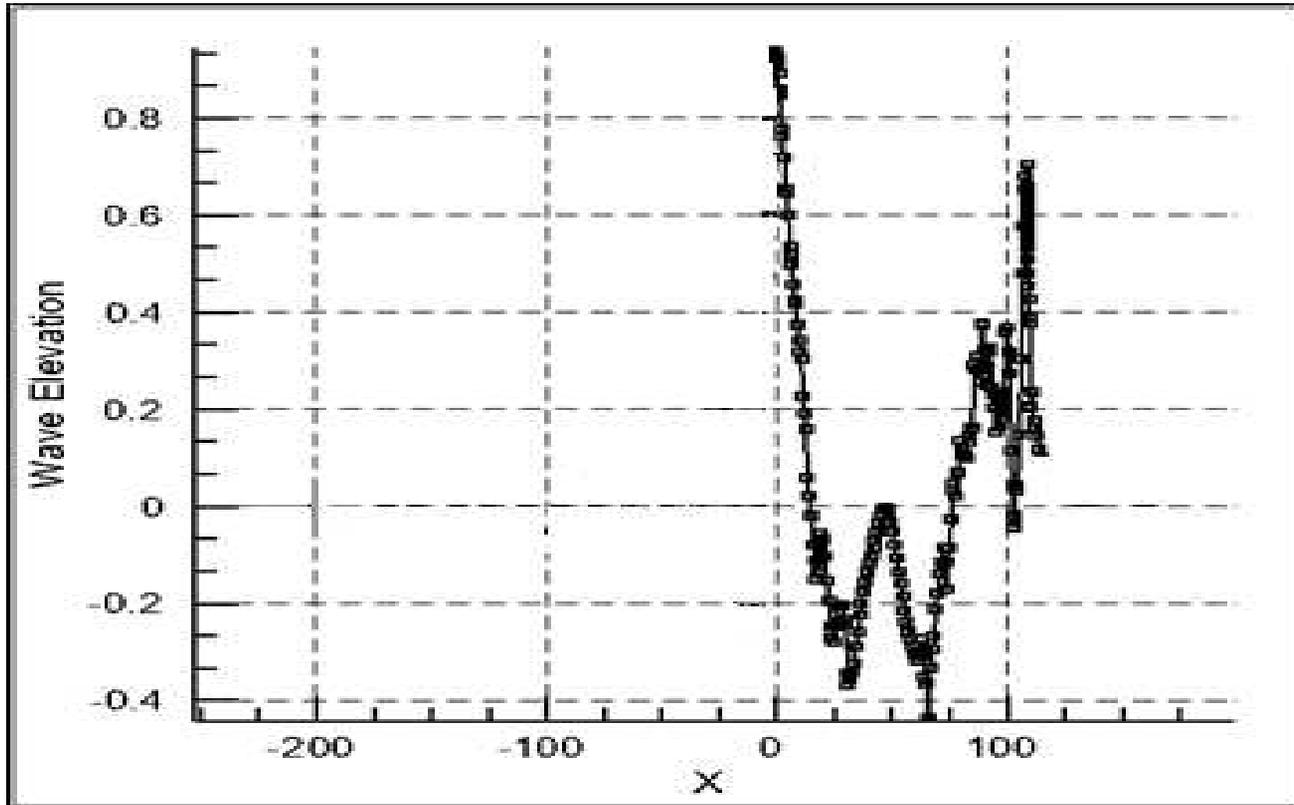
FREE SURFACE

Side View in Ship with Conventional Bulbous Bow at 13.5 Knots



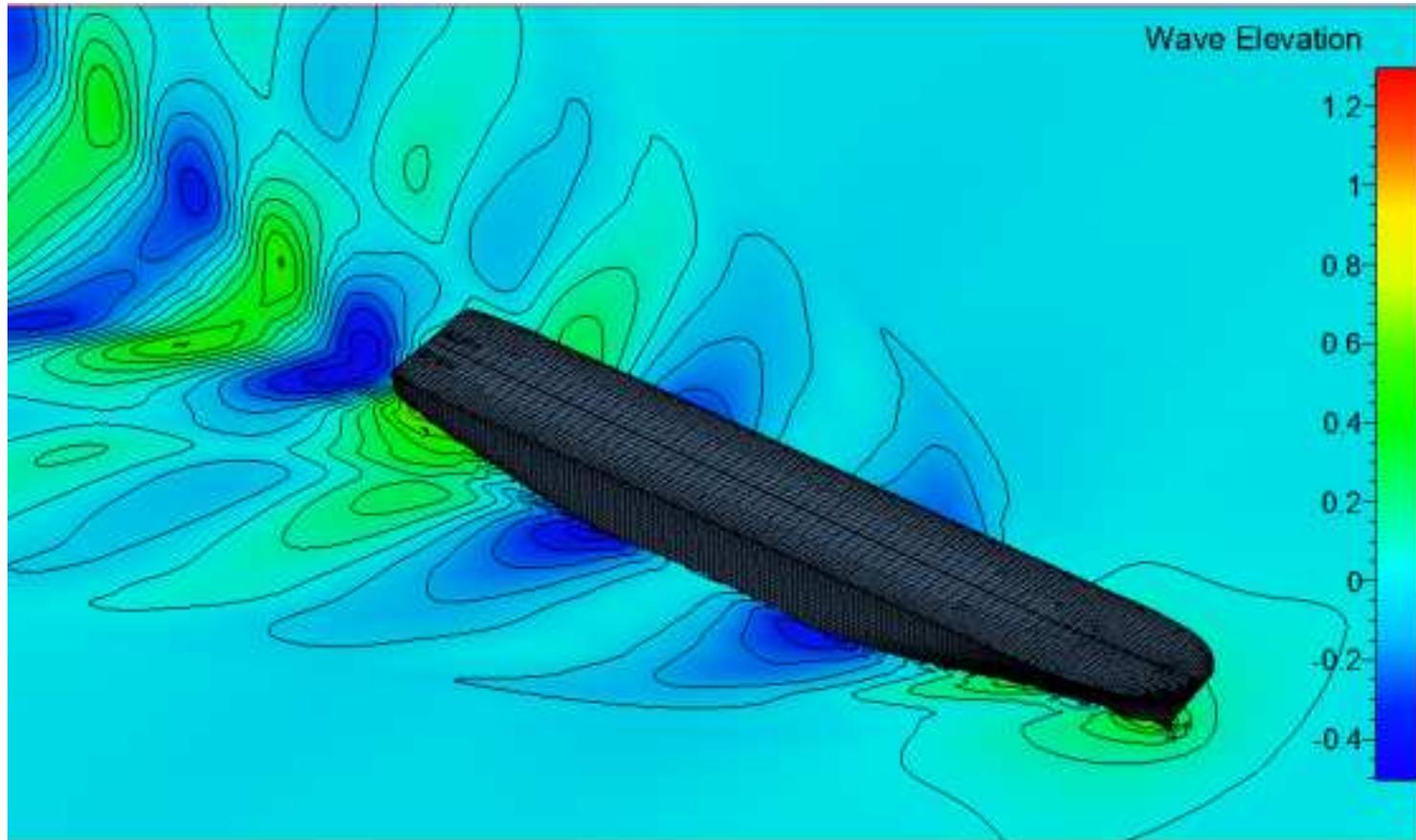
WAVE ELEVATION GRAPH

Ship with Conventional Bulbous Bow at 13.5 Knots



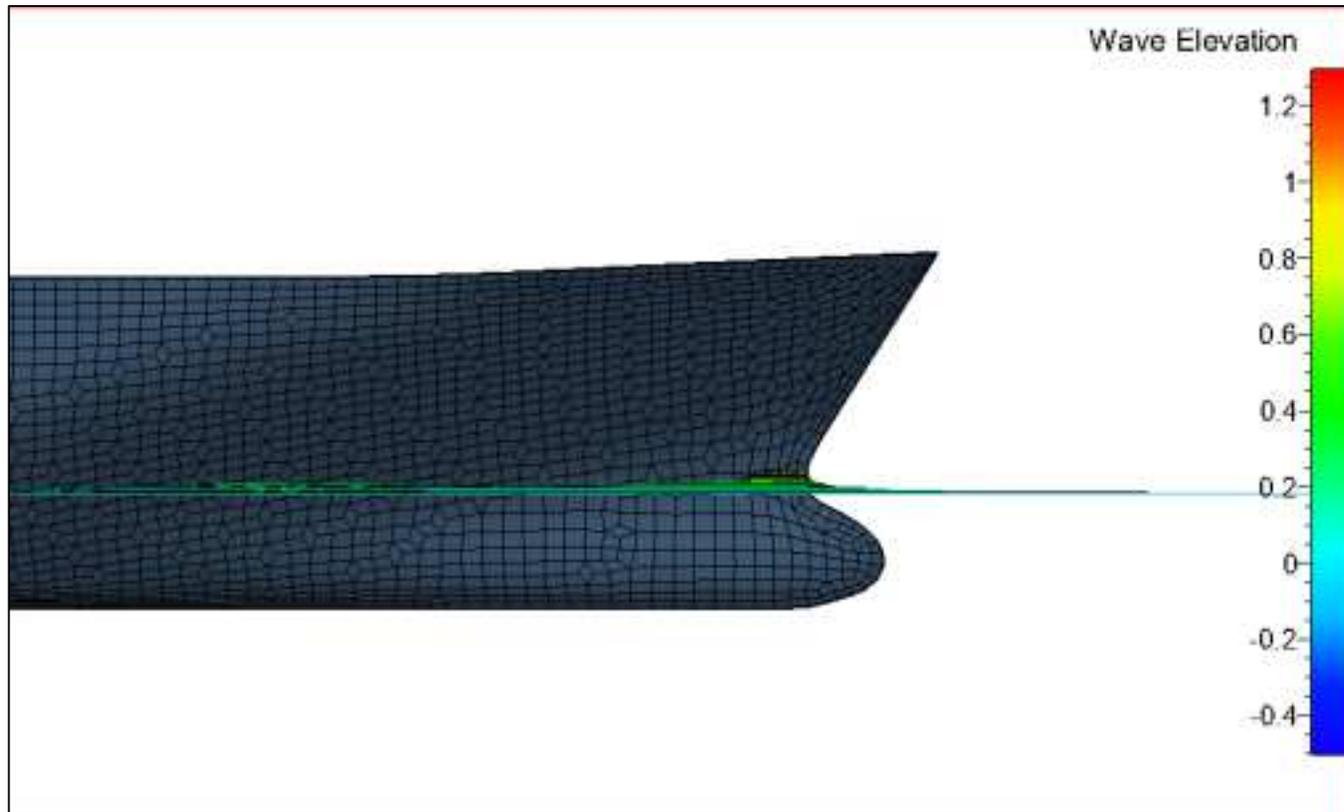
FREE SURFACE

Wave elevation in Ship with Conventional Bulbous Bow at 14.5 Knots



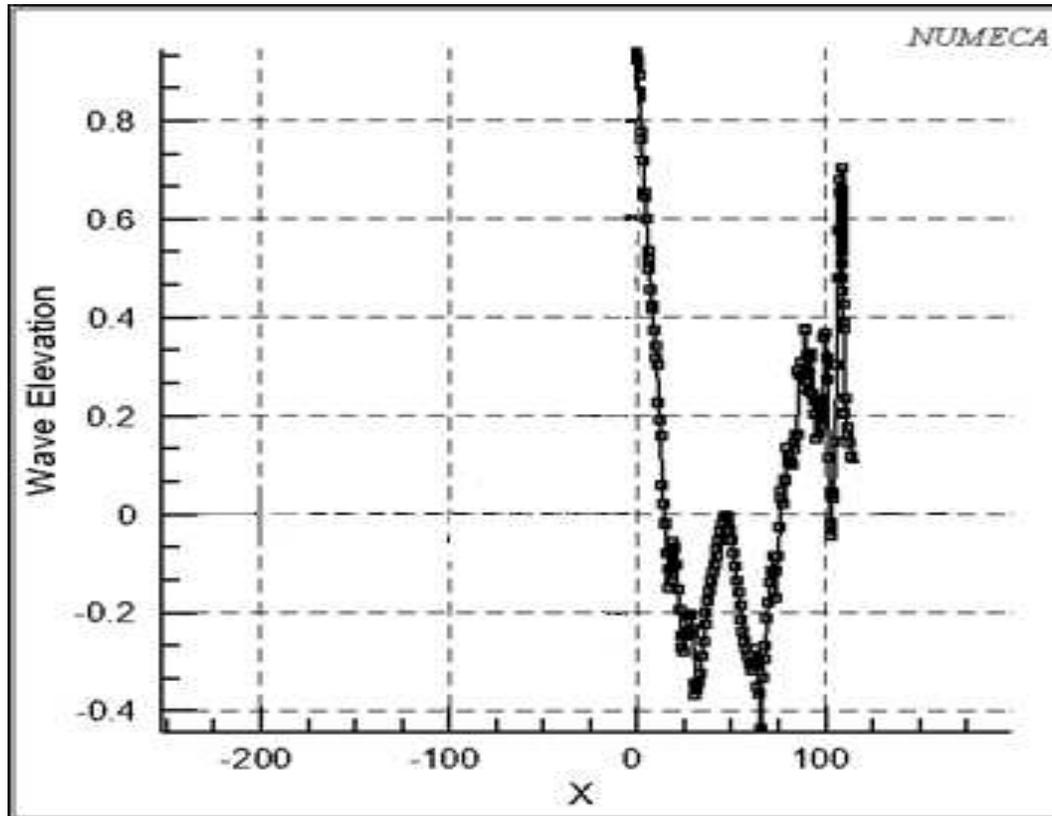
FREE SURFACE

Side View in Ship with Conventional Bulbous Bow at 14.5 Knots



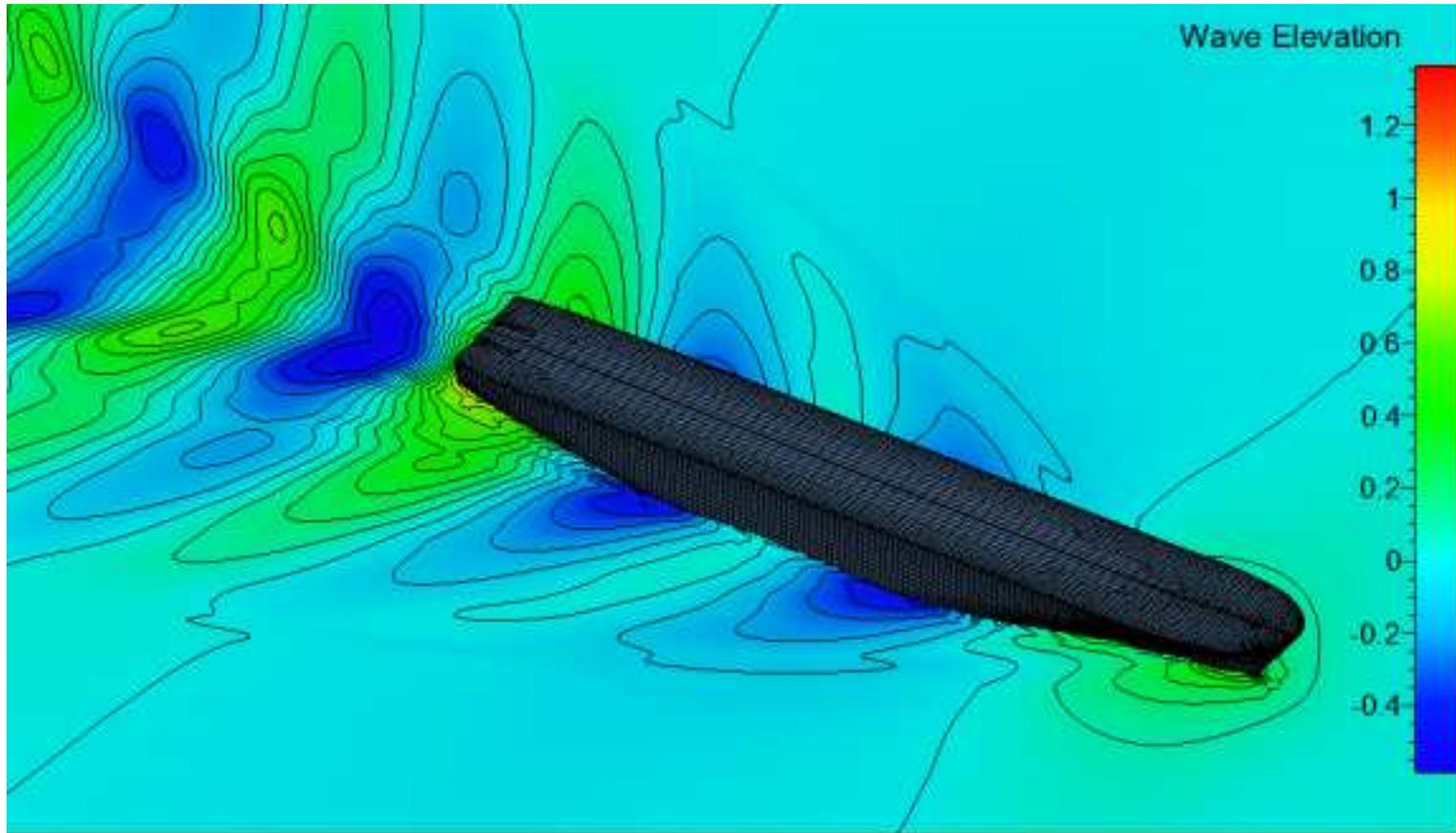
WAVE ELEVATION GRAPH

Ship with Conventional Bulbous Bow at 14.5 Knots



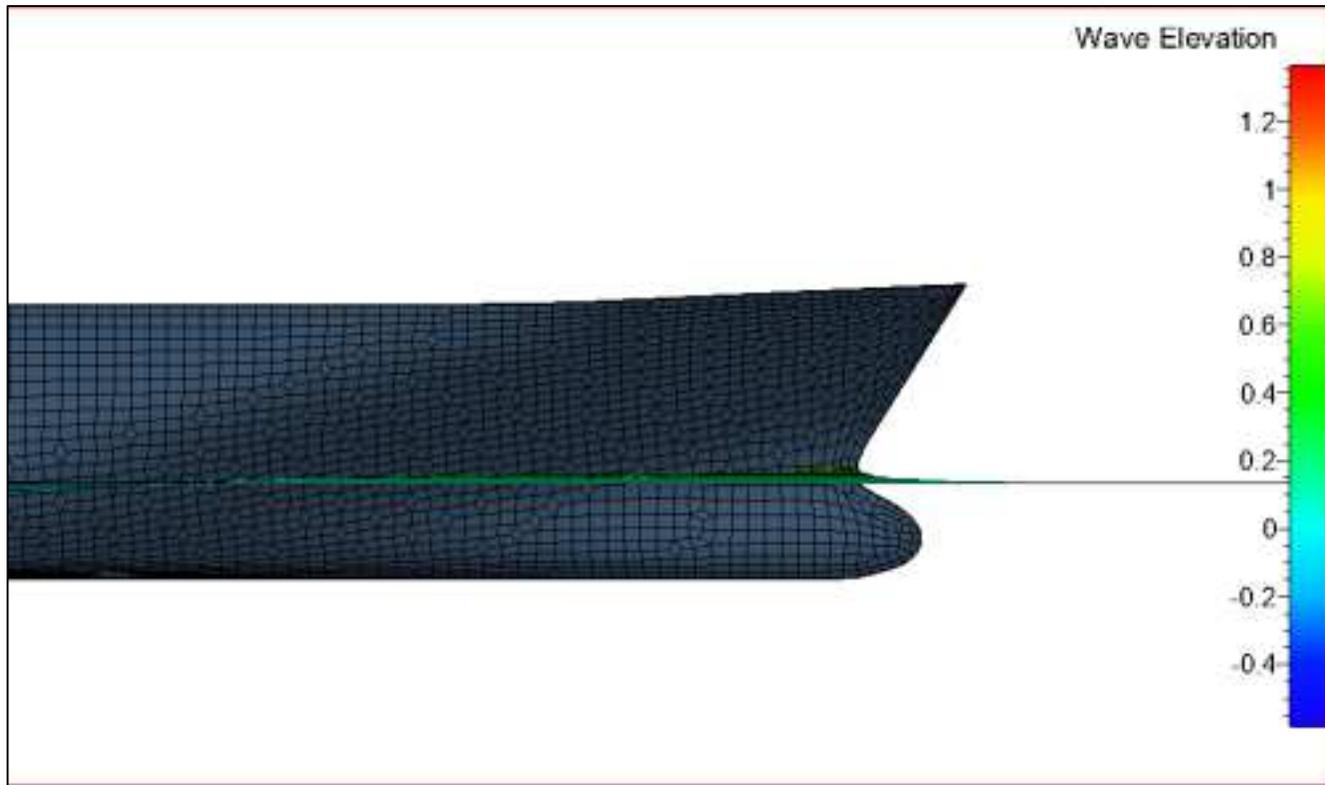
FREE SURFACE

Wave elevation in Ship with Conventional Bulbous Bow at 15.5 Knots



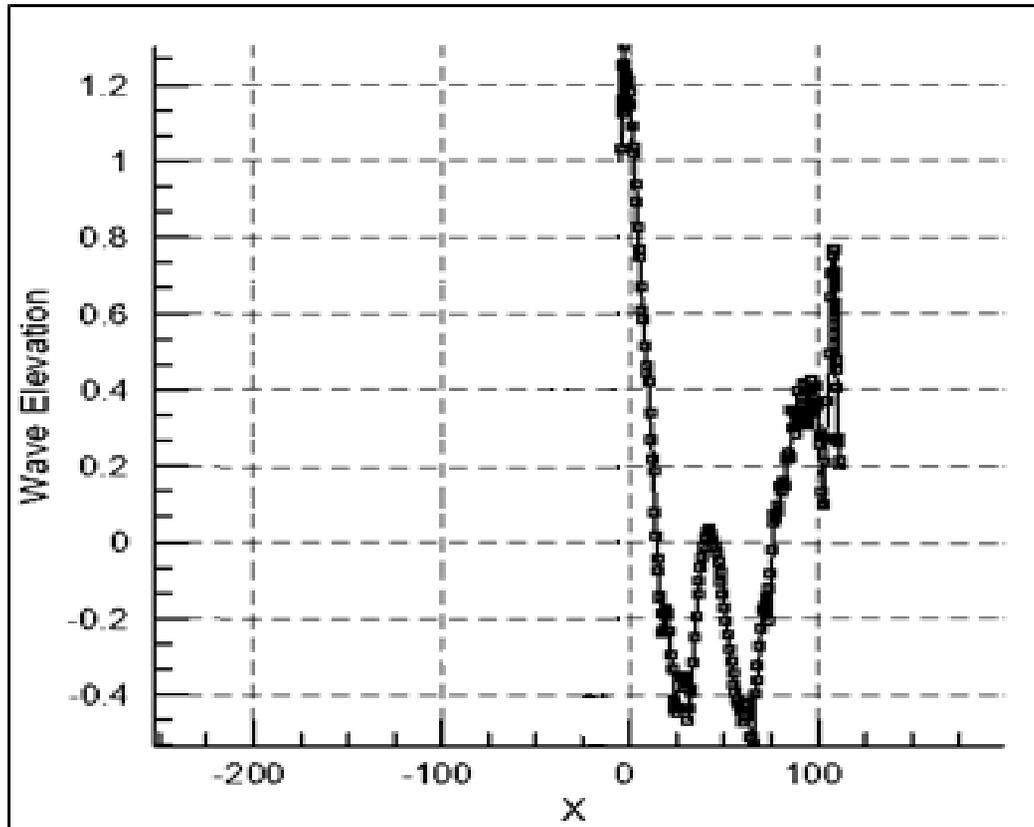
FREE SURFACE

Side View in Ship with Conventional Bulbous Bow at 15.5 Knots



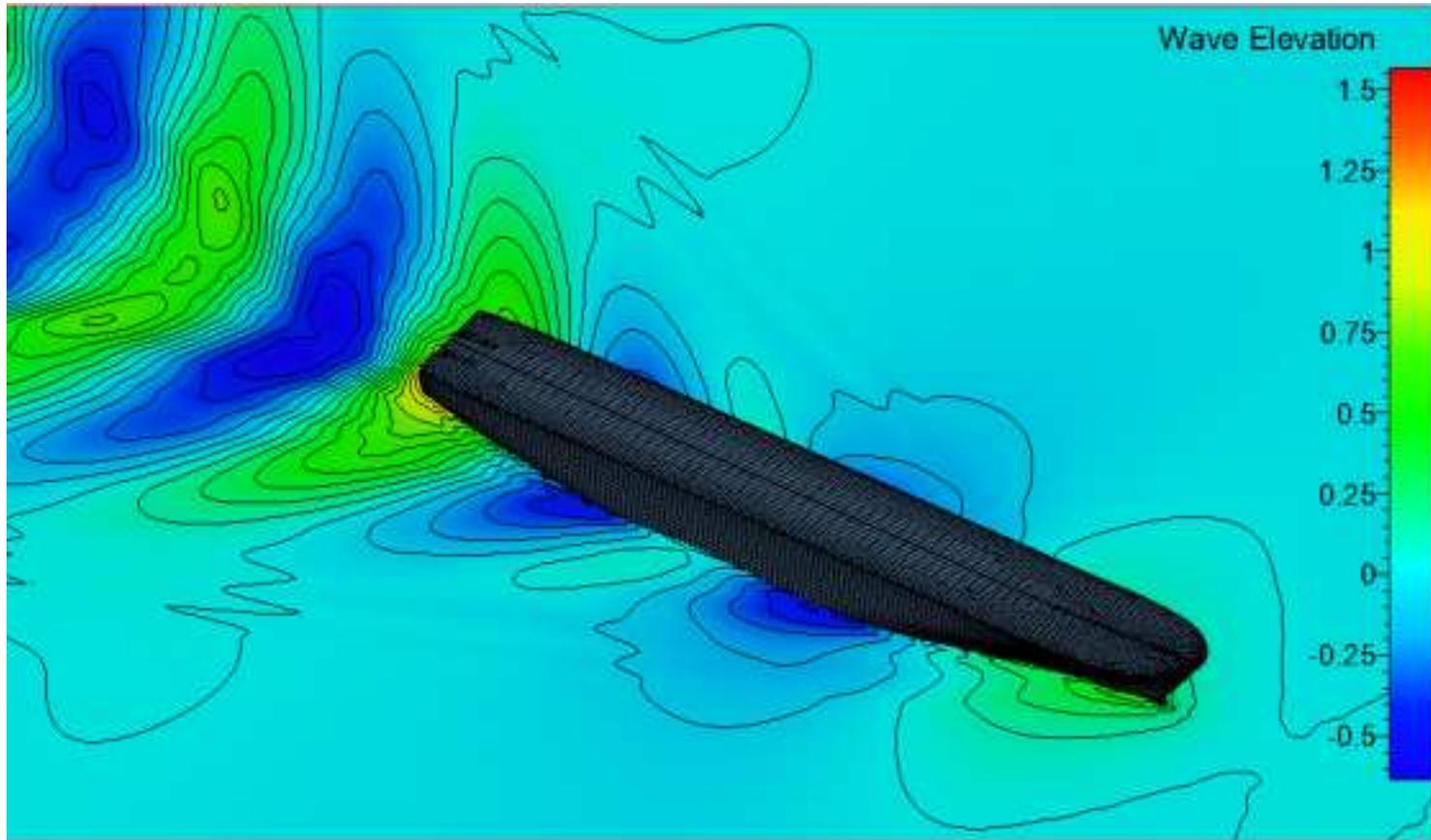
WAVE ELEVATION GRAPH

Ship with Conventional Bulbous Bow at 15.5 Knots



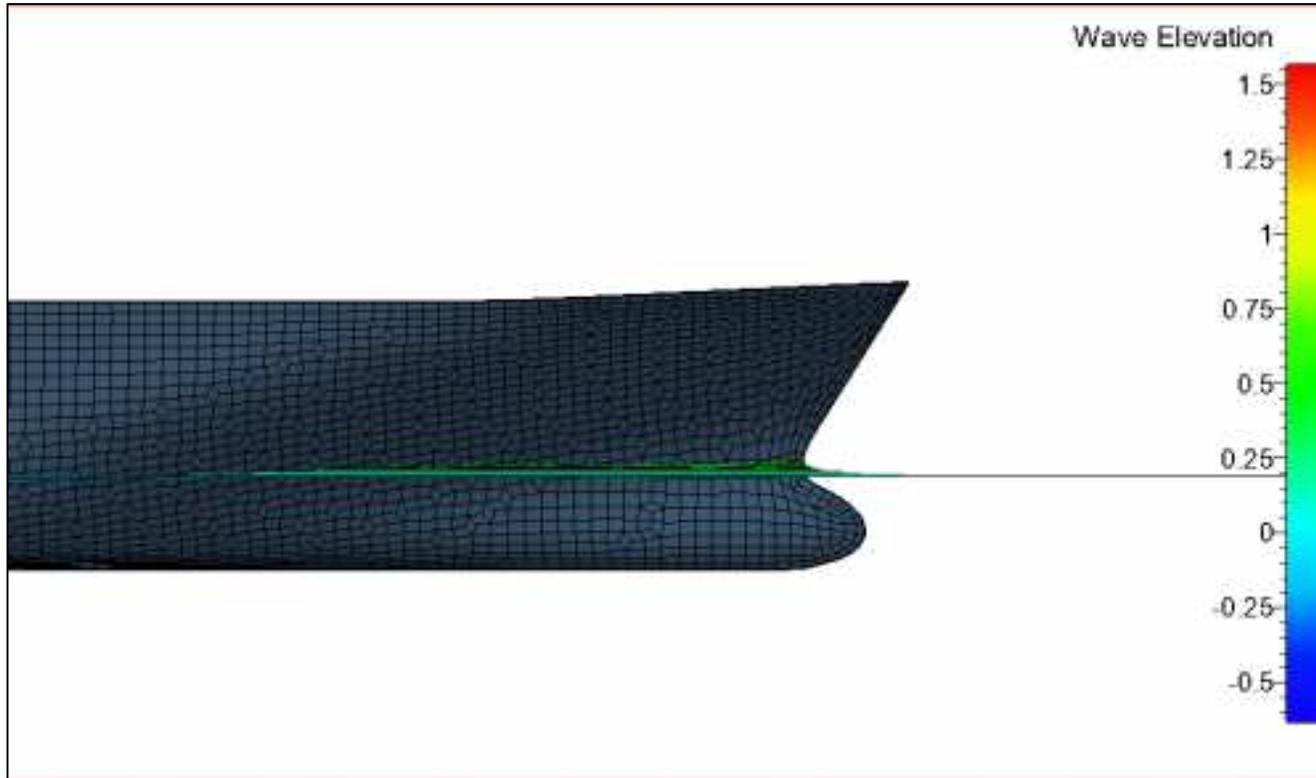
FREE SURFACE

Wave elevation in Ship with Conventional Bulbous Bow at 16.5 Knots



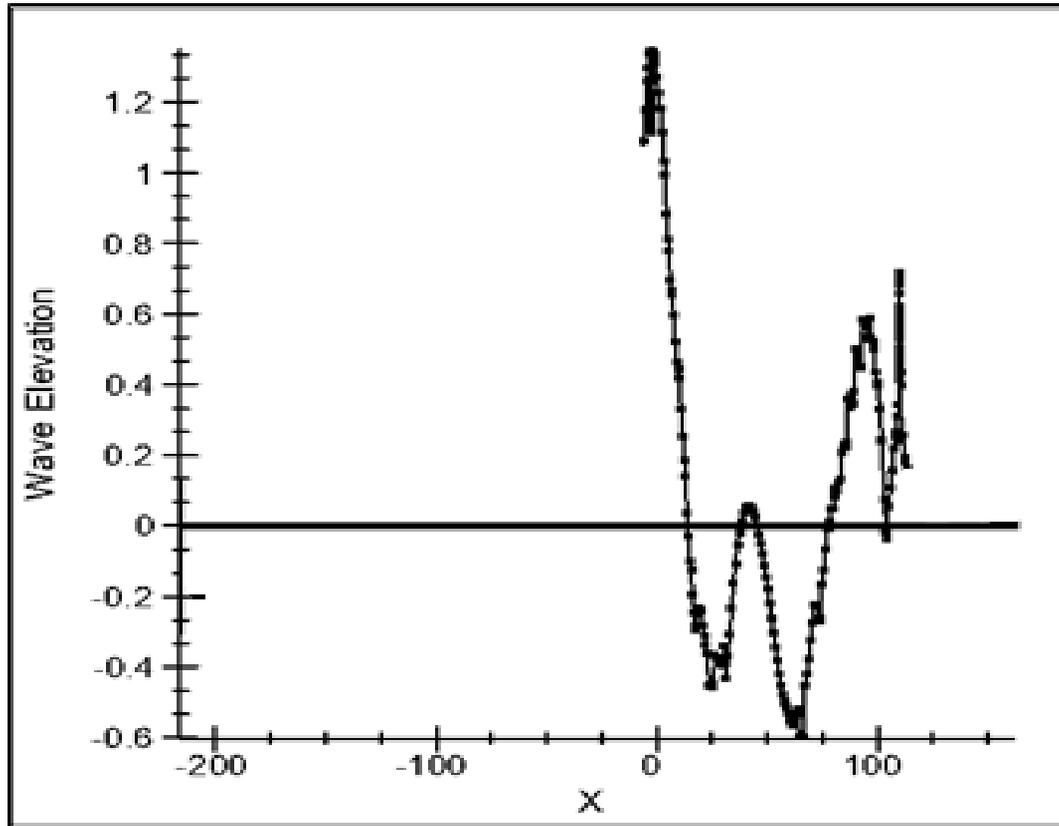
FREE SURFACE

Side View in Ship with Conventional Bulbous Bow at 16.5 Knots



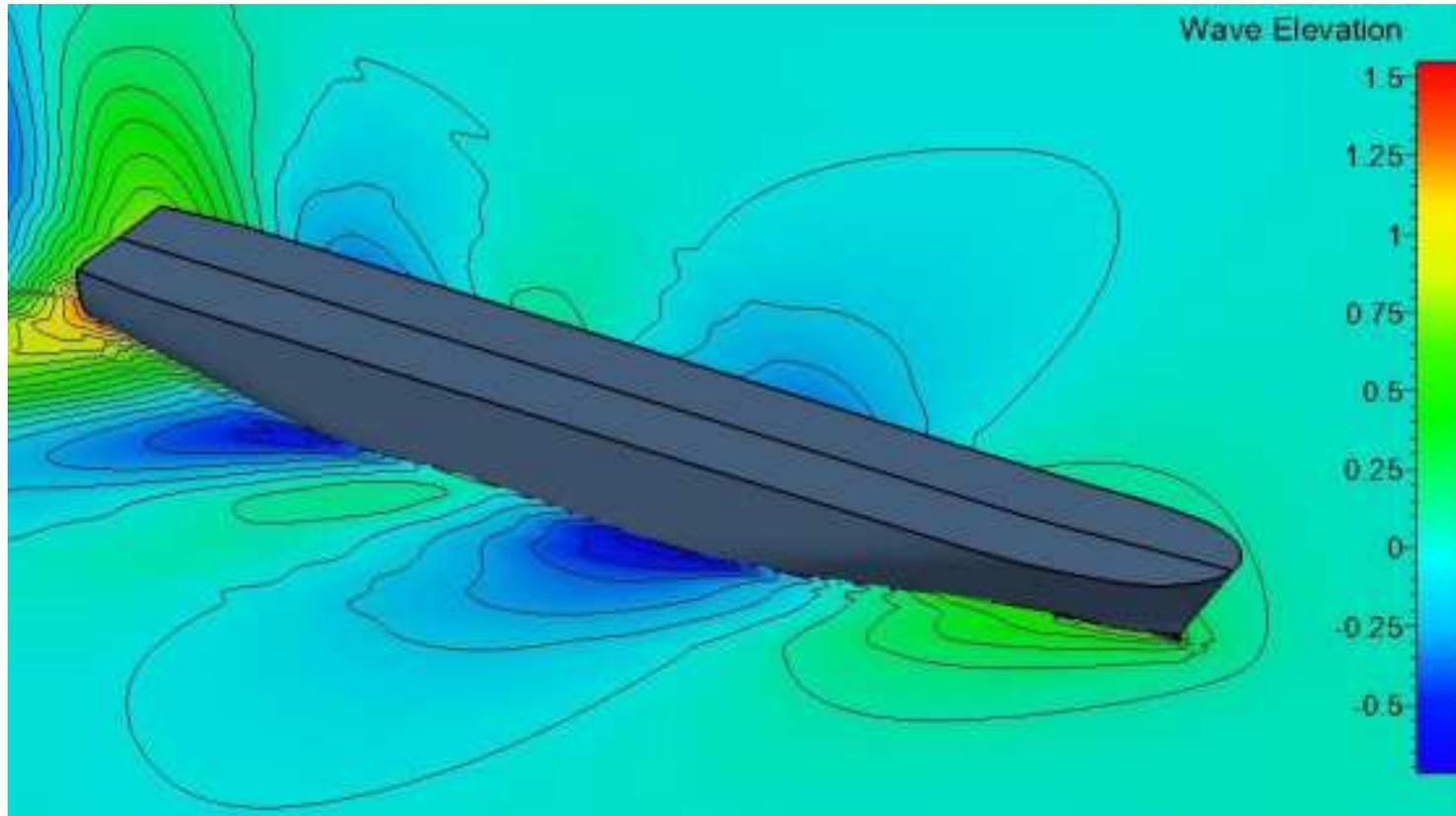
WAVE ELEVATION GRAPH

Ship with Conventional Bulbous Bow at 16.5 Knots



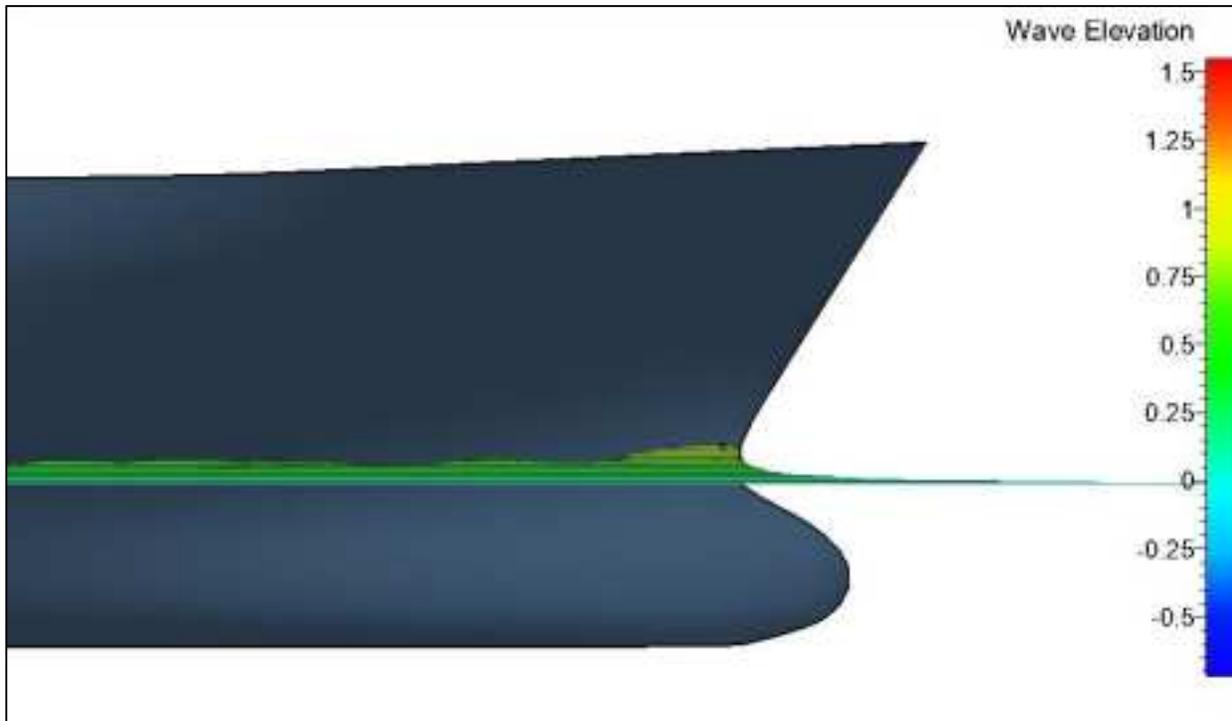
FREE SURFACE

Wave elevation in Ship with Conventional Bulbous Bow at 17.5 Knots



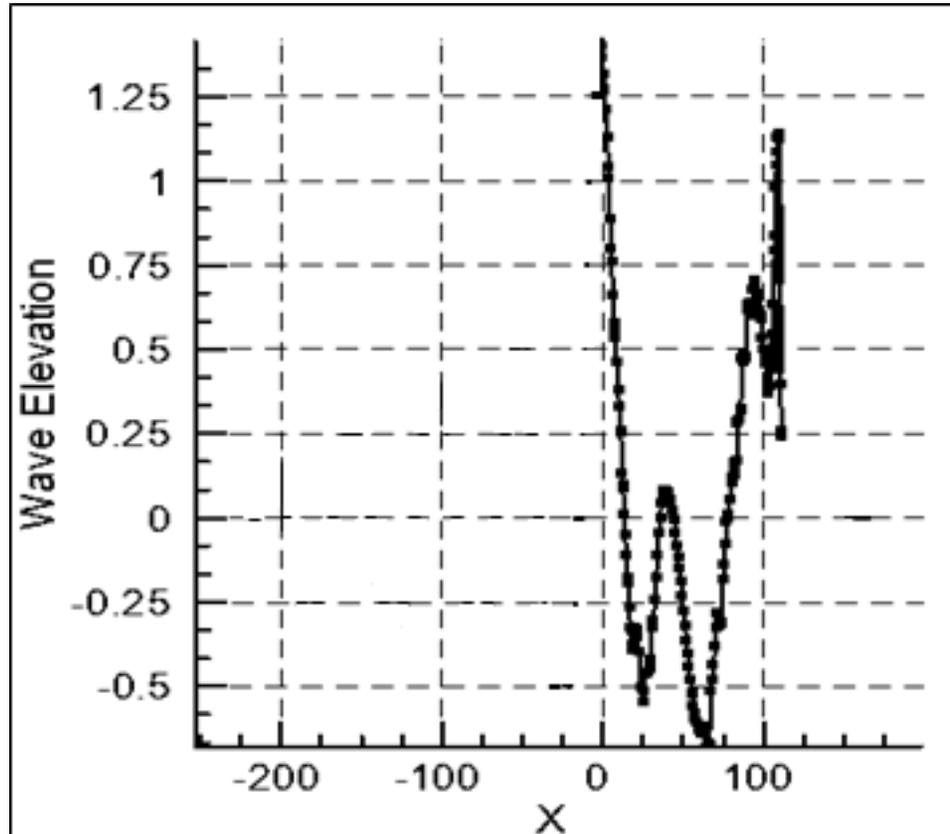
FREE SURFACE

Side View in Ship with Conventional Bulbous Bow at 17.5 Knots



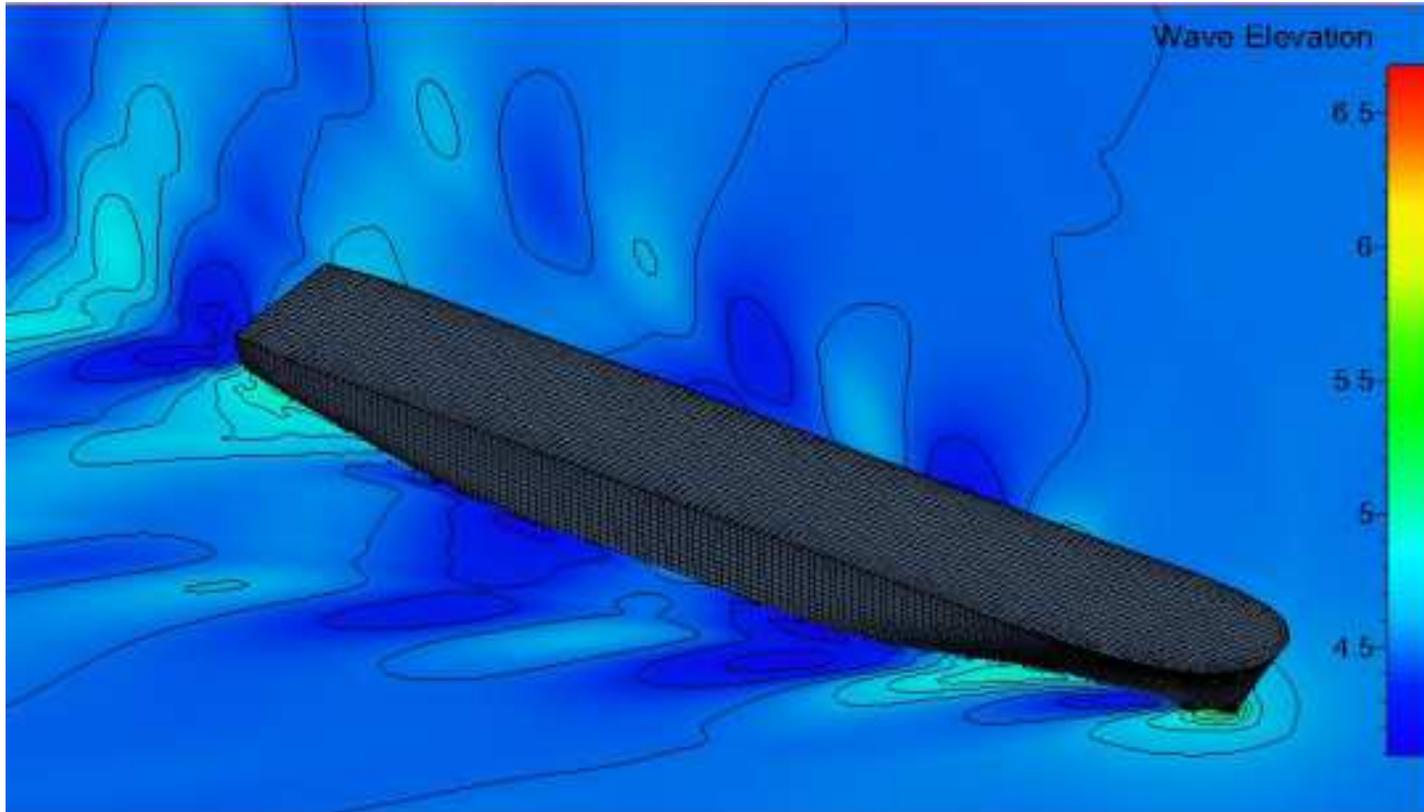
WAVE ELEVATION GRAPH

Ship with Conventional Bulbous Bow at 17.5 Knots



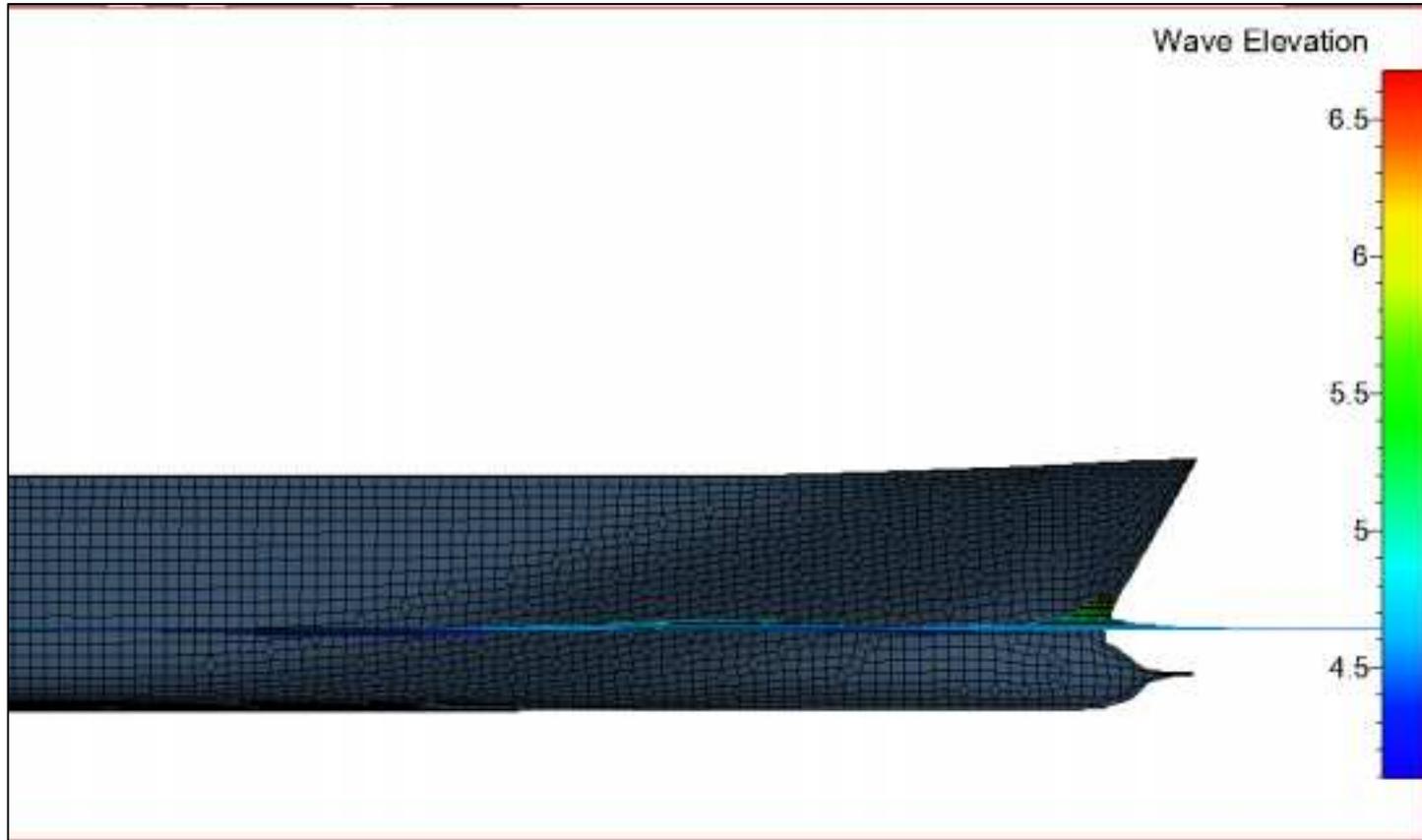
FREE SURFACE

Wave elevation in Ship with Sailfish Bulbous Bow at 13.5 Knots

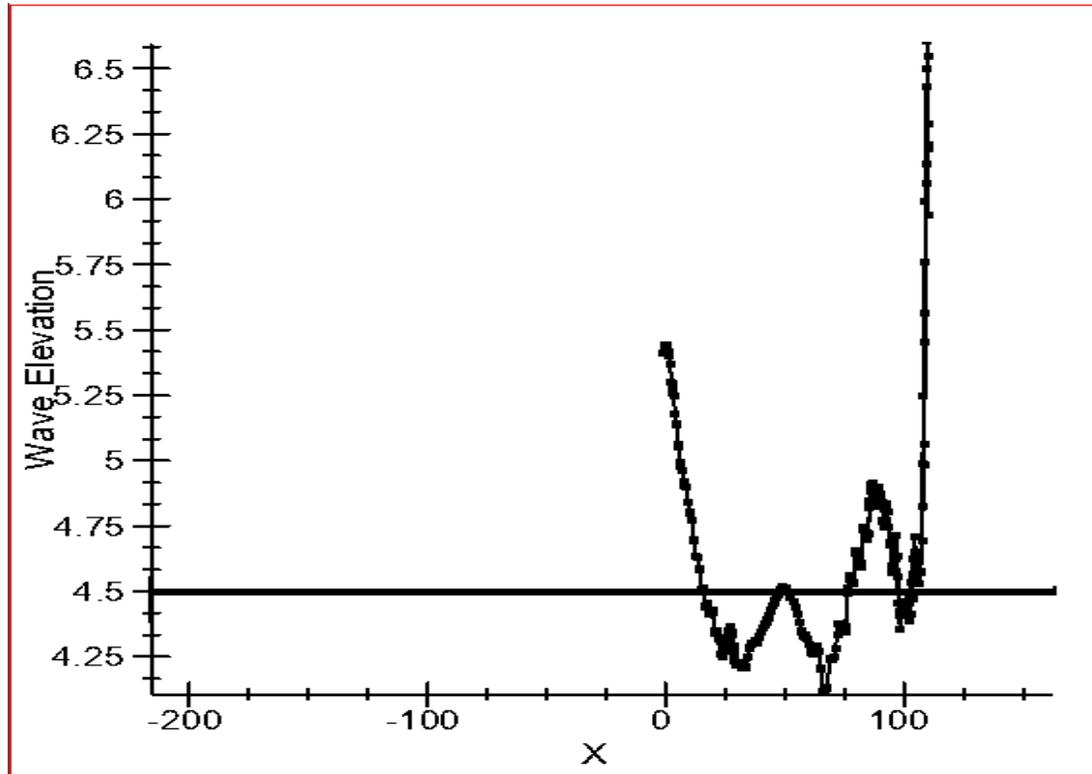


FREE SURFACE

Side View in Ship with Sailfish Bulbous Bow at 13.5 Knots

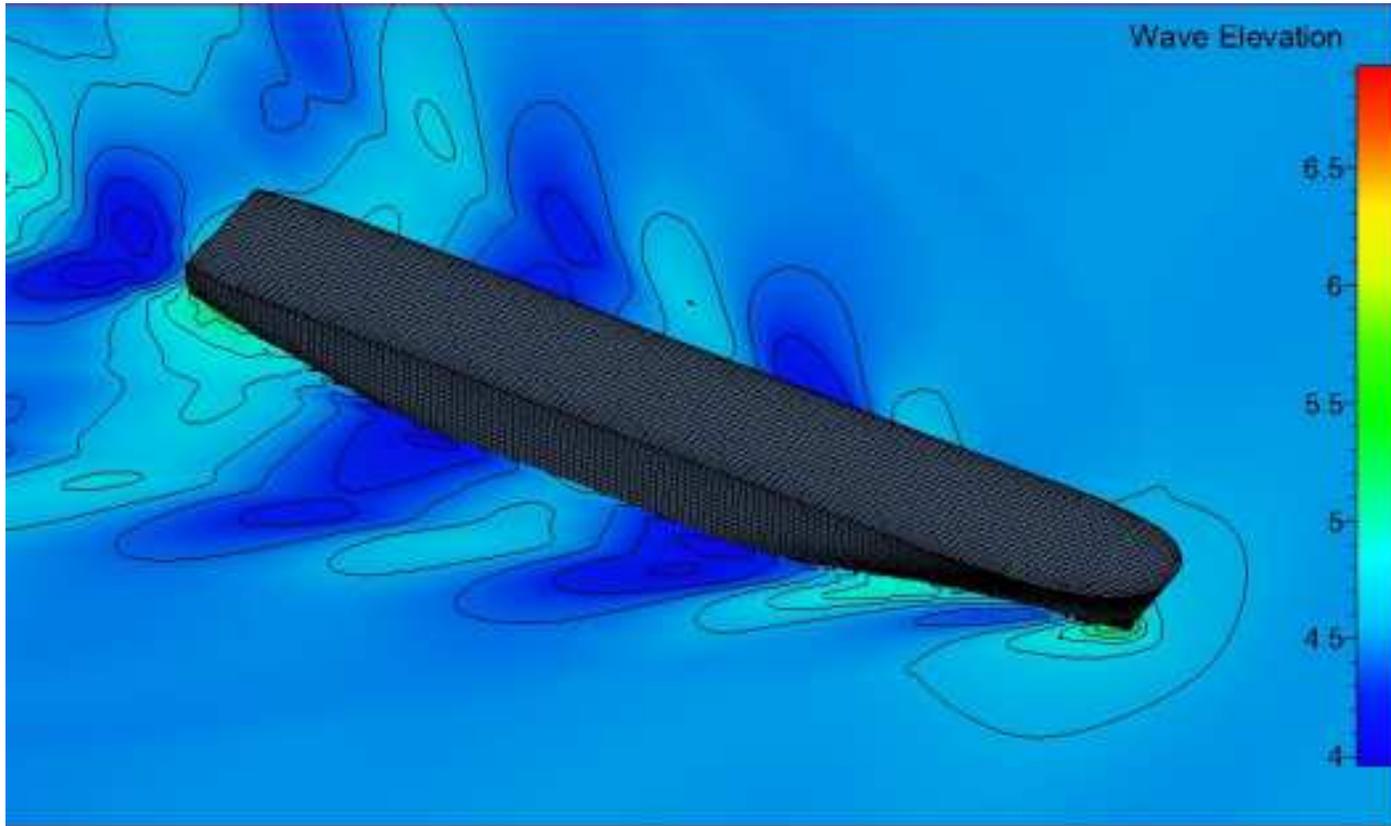


WAVE ELEVATION GRAPH
Ship with Sailfish Bulbous Bow at 13.5 Knots



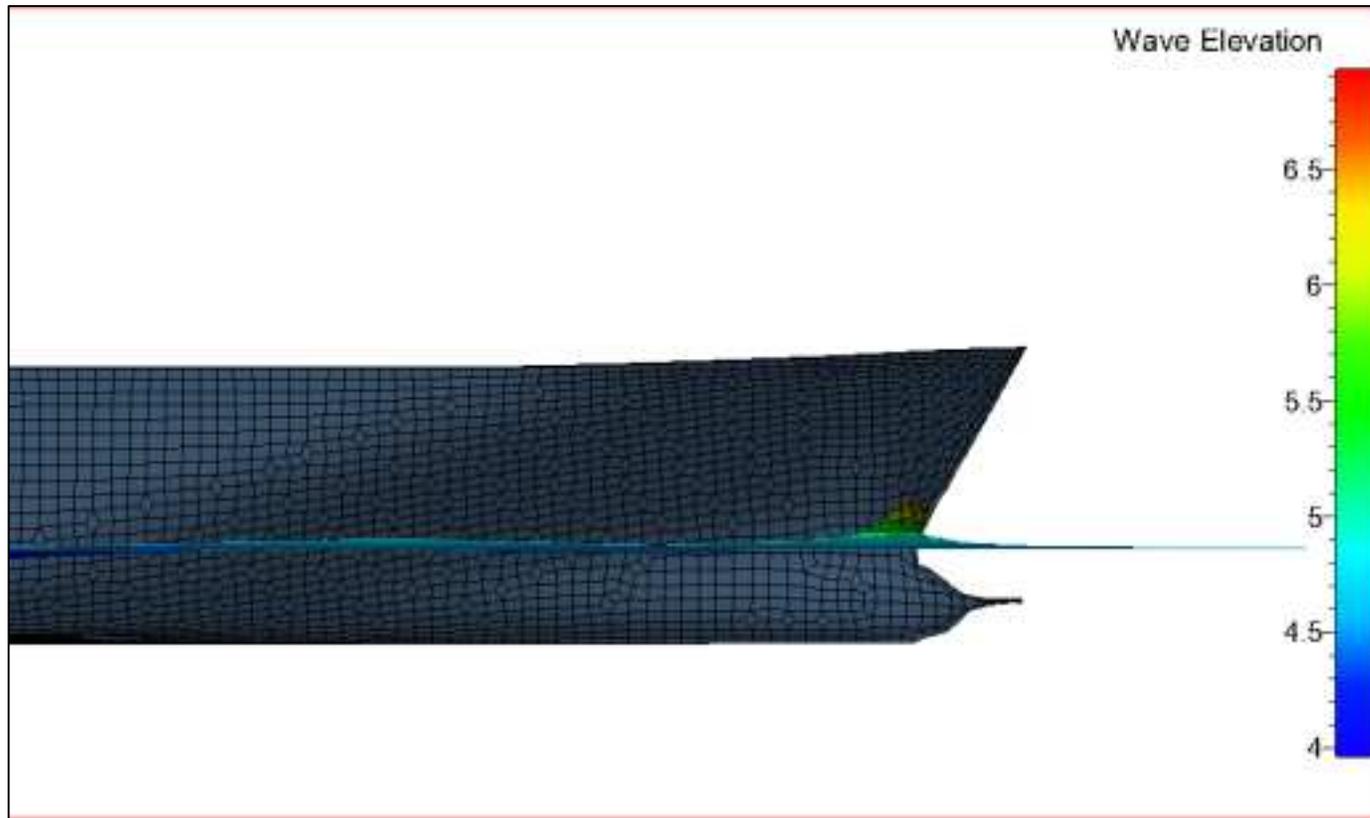
FREE SURFACE

Wave elevation in Ship with Sailfish Bulbous Bow at 14.5 Knots

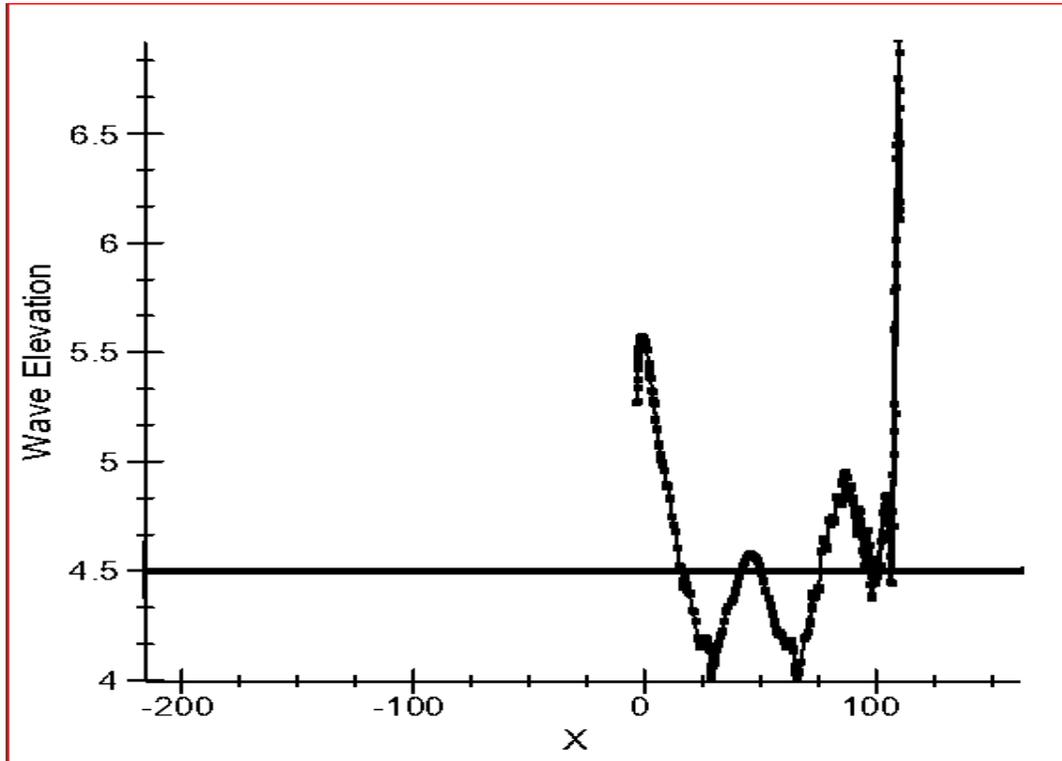


FREE SURFACE

Side View in Ship with Sailfish Bulbous Bow at 14.5 Knots

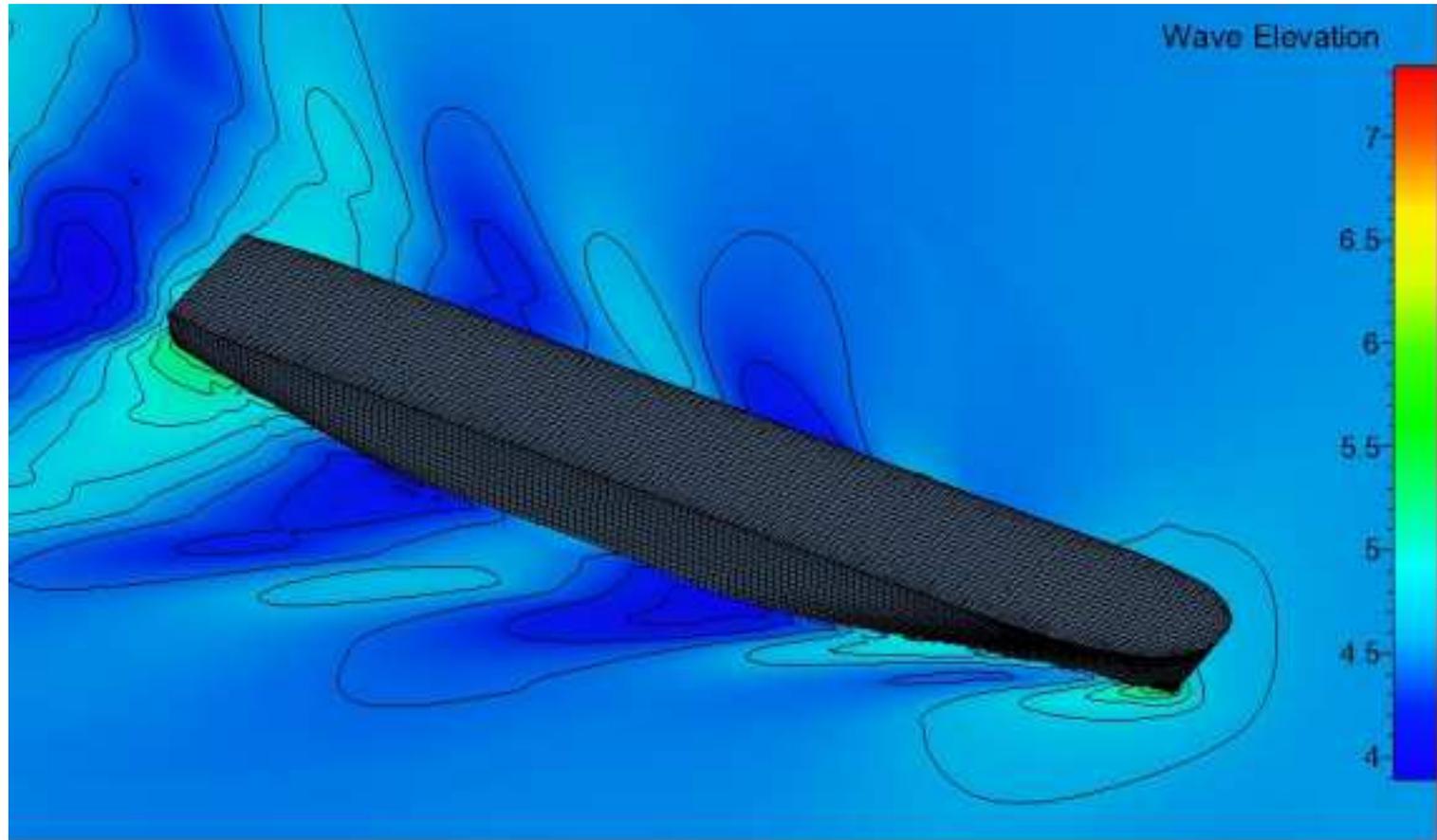


WAVE ELEVATION GRAPH
Ship with Sailfish Bulbous Bow at 14.5 Knots



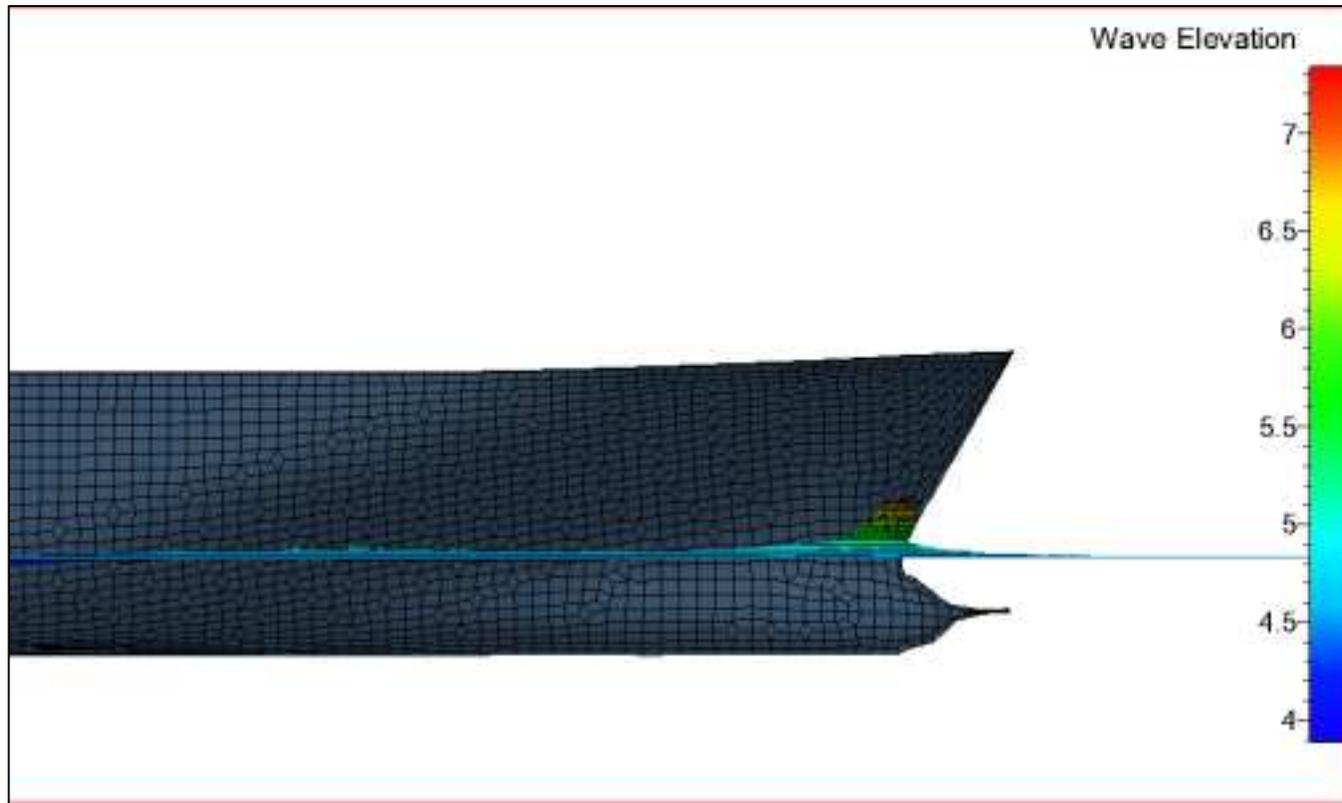
FREE SURFACE

Wave elevation in Ship with Sailfish Bulbous Bow at 15.5 Knots

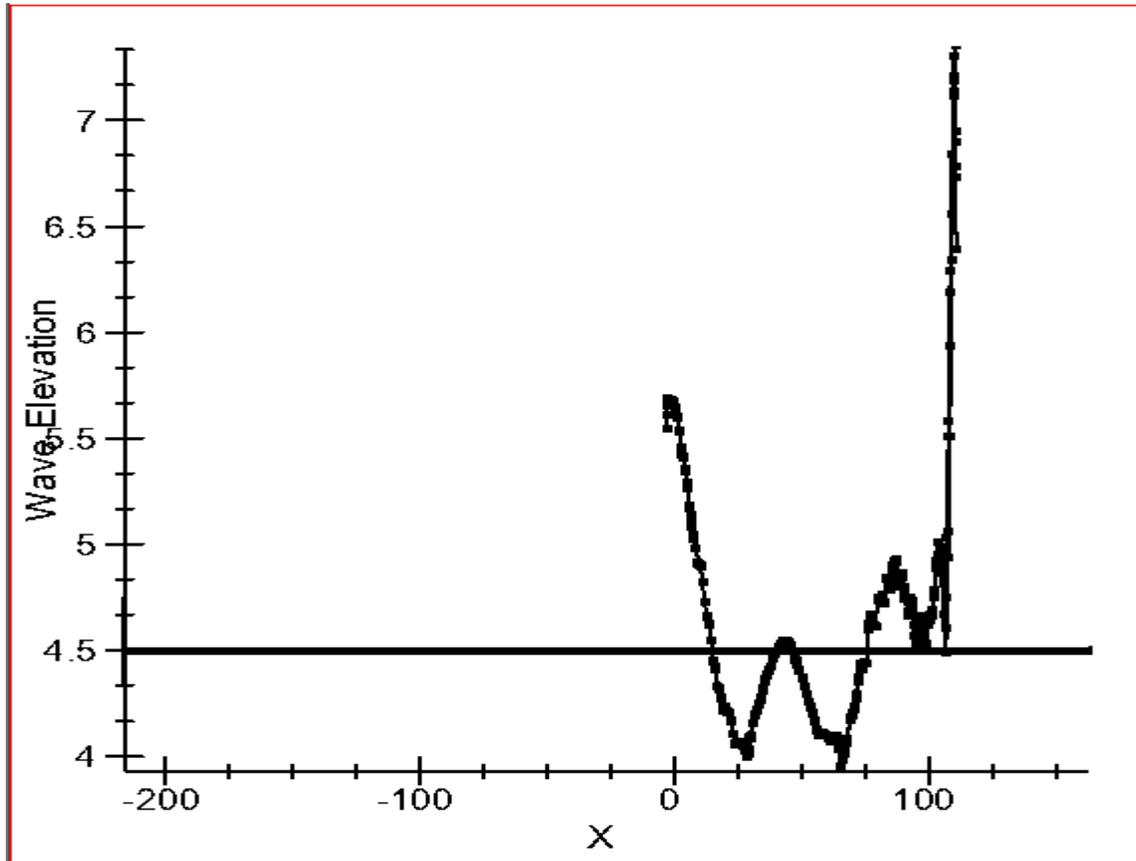


FREE SURFACE

Side View in Ship with Sailfish Bulbous Bow at 15.5 Knots

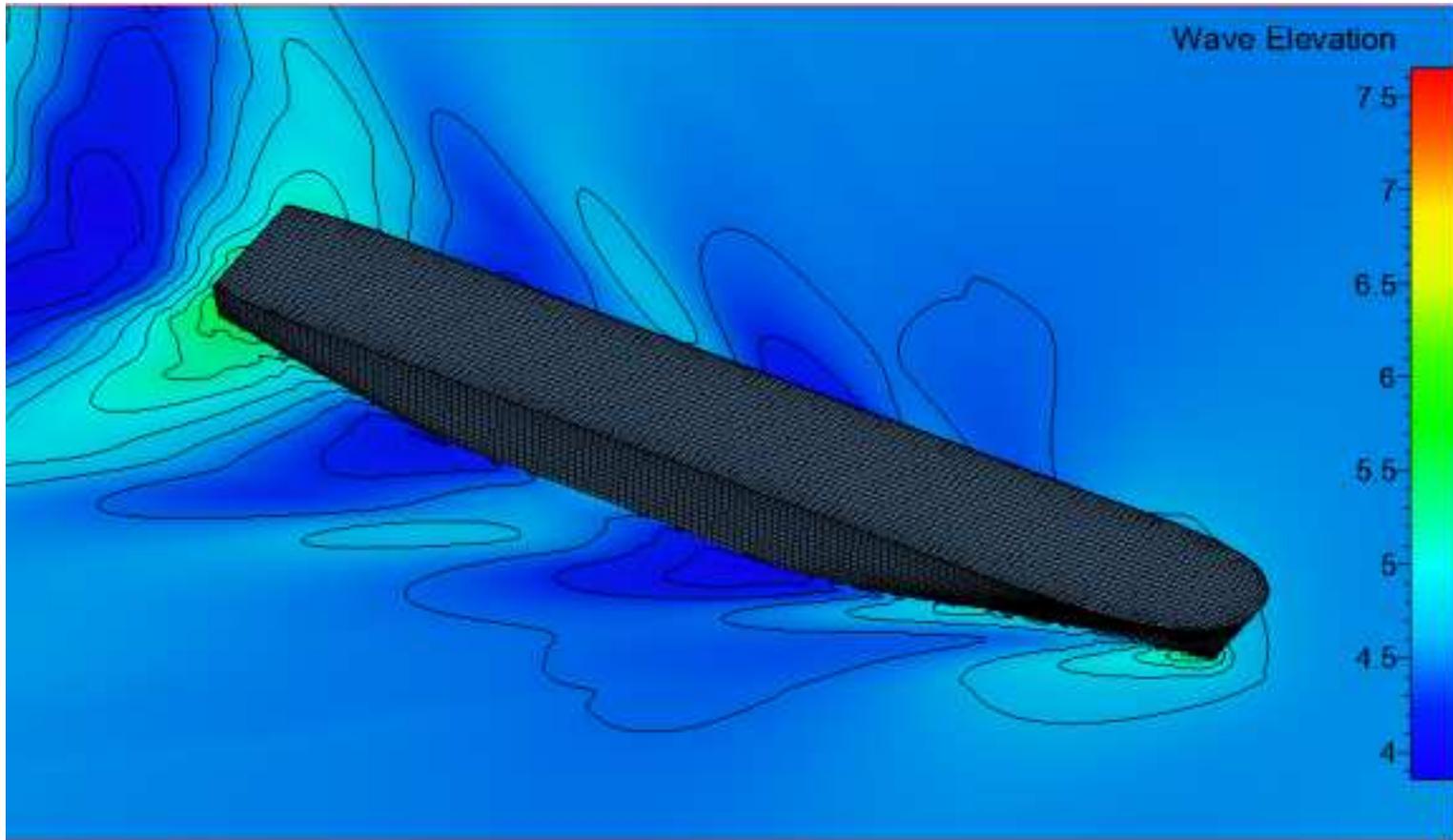


WAVE ELEVATION GRAPH
Ship with Sailfish Bulbous Bow at 15.5 Knots



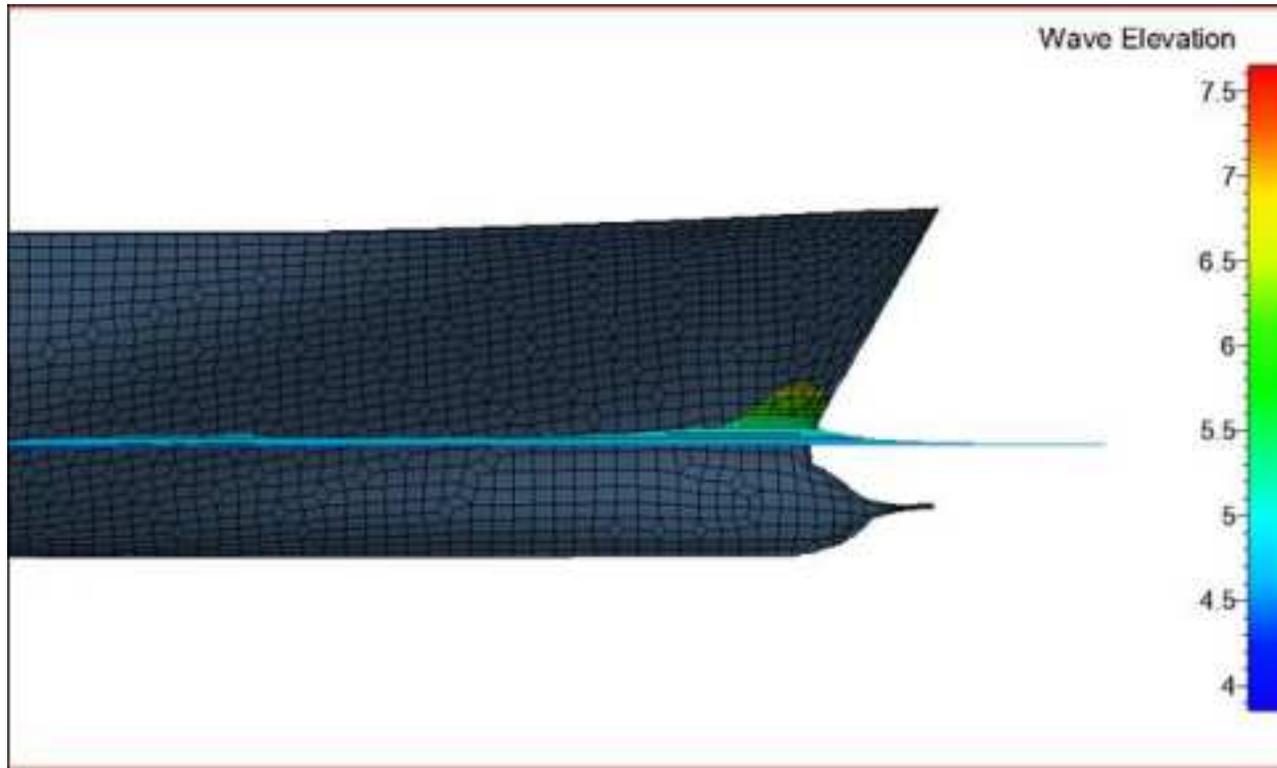
FREE SURFACE

Wave elevation in Ship with Sailfish Bulbous Bow at 16.5 Knots

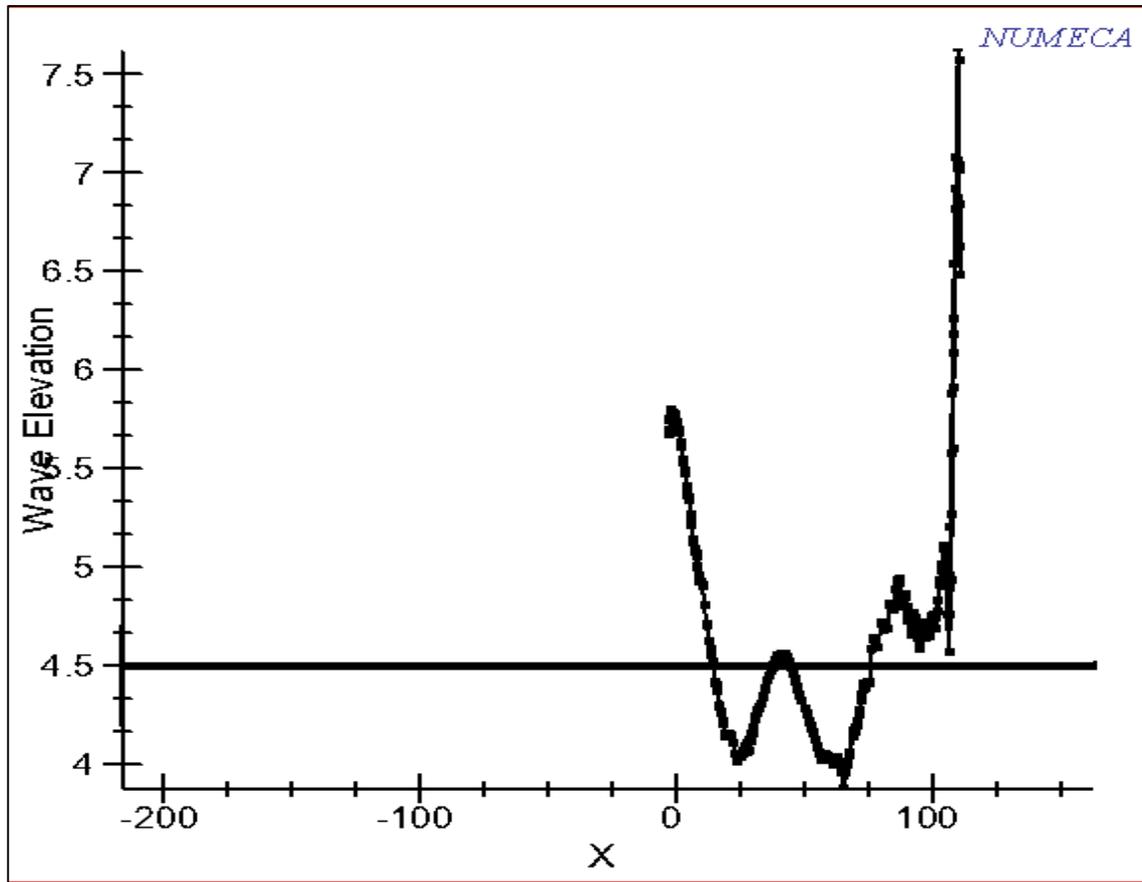


FREE SURFACE

Side View in Ship with Sailfish Bulbous Bow at 16.5 Knots

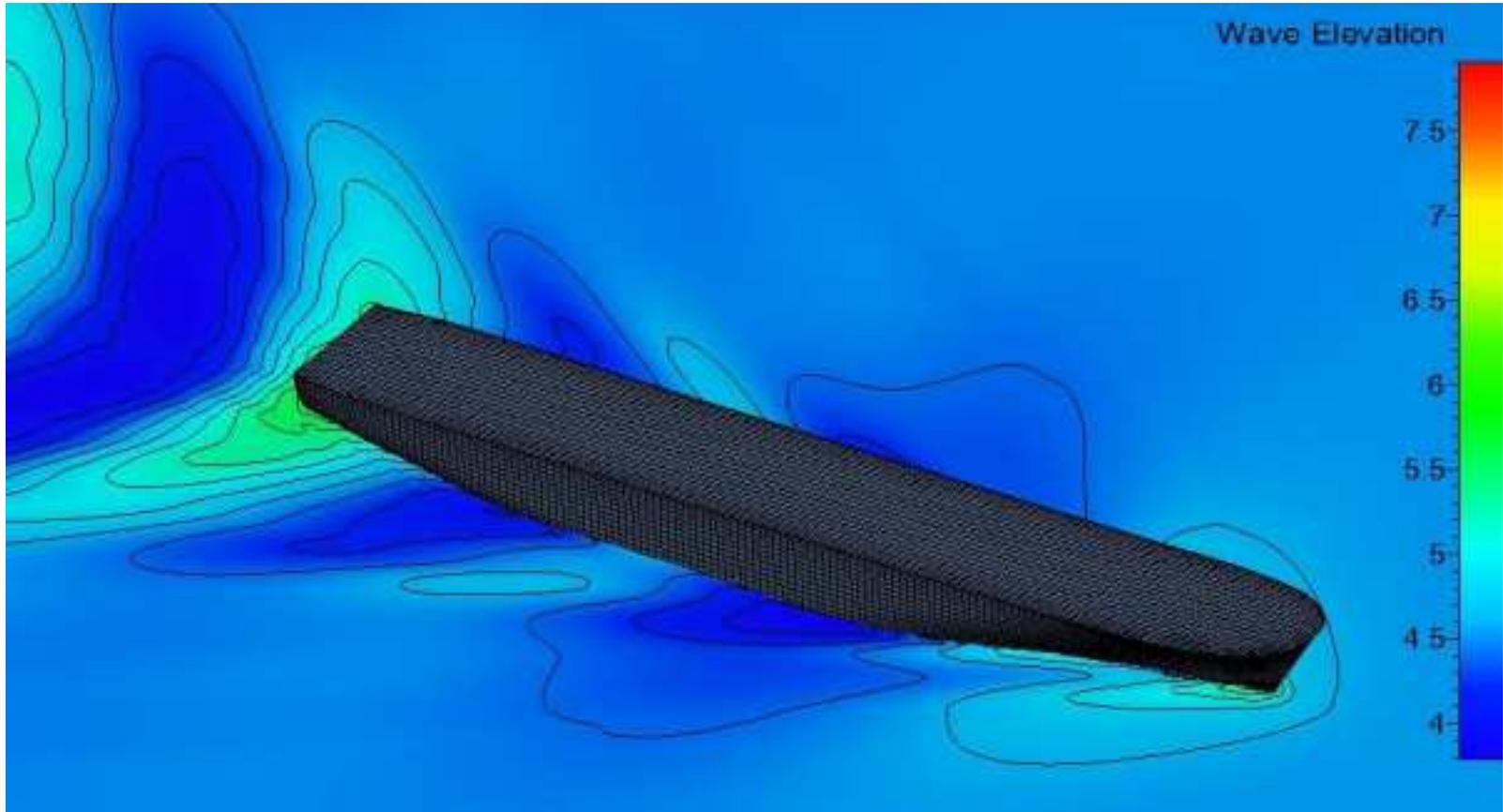


WAVE ELEVATION GRAPH
Ship with Sailfish Bulbous Bow at 16.5 Knots



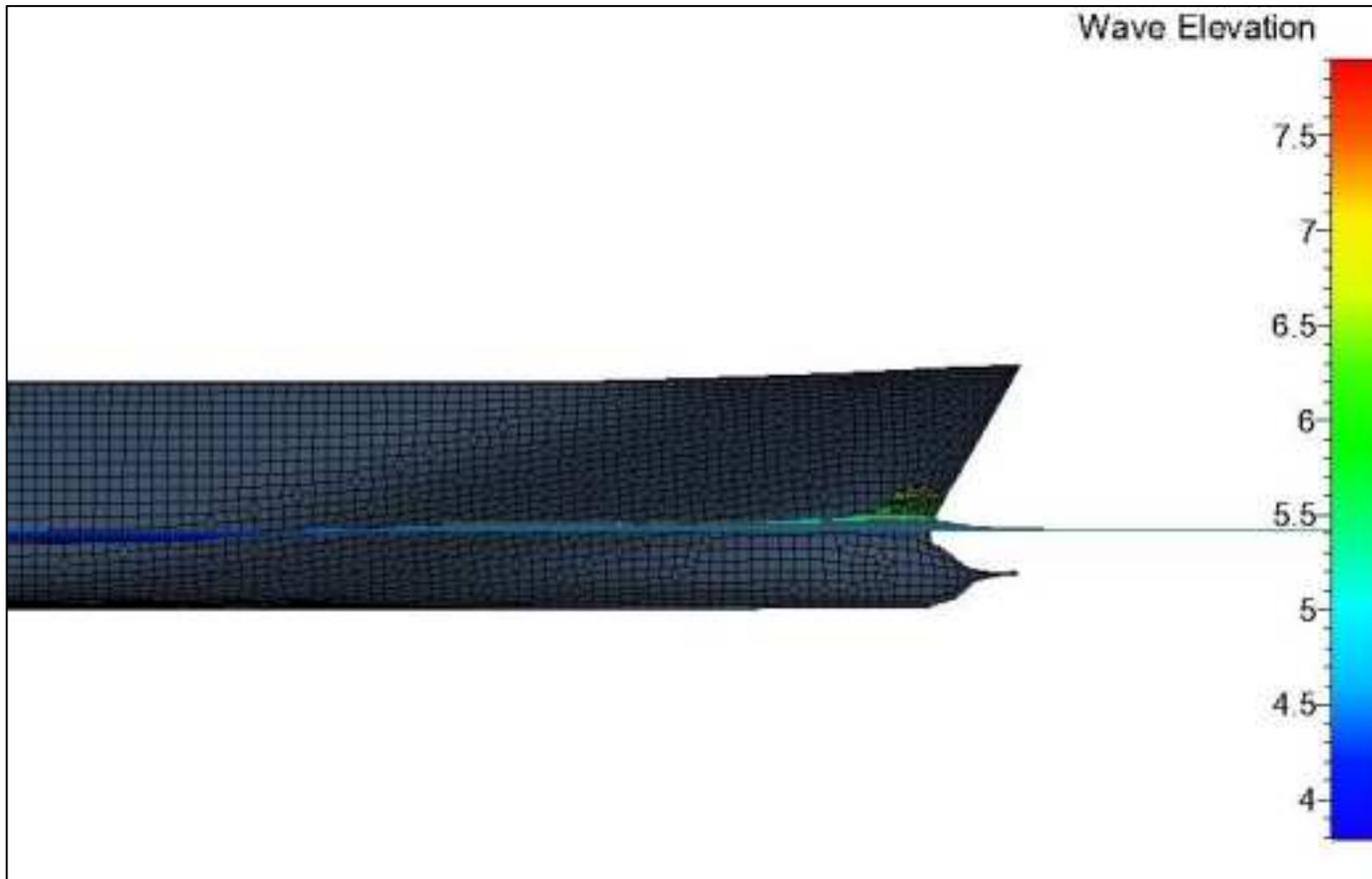
FREE SURFACE

Wave elevation in Ship with Sailfish Bulbous Bow at 17.5 Knots

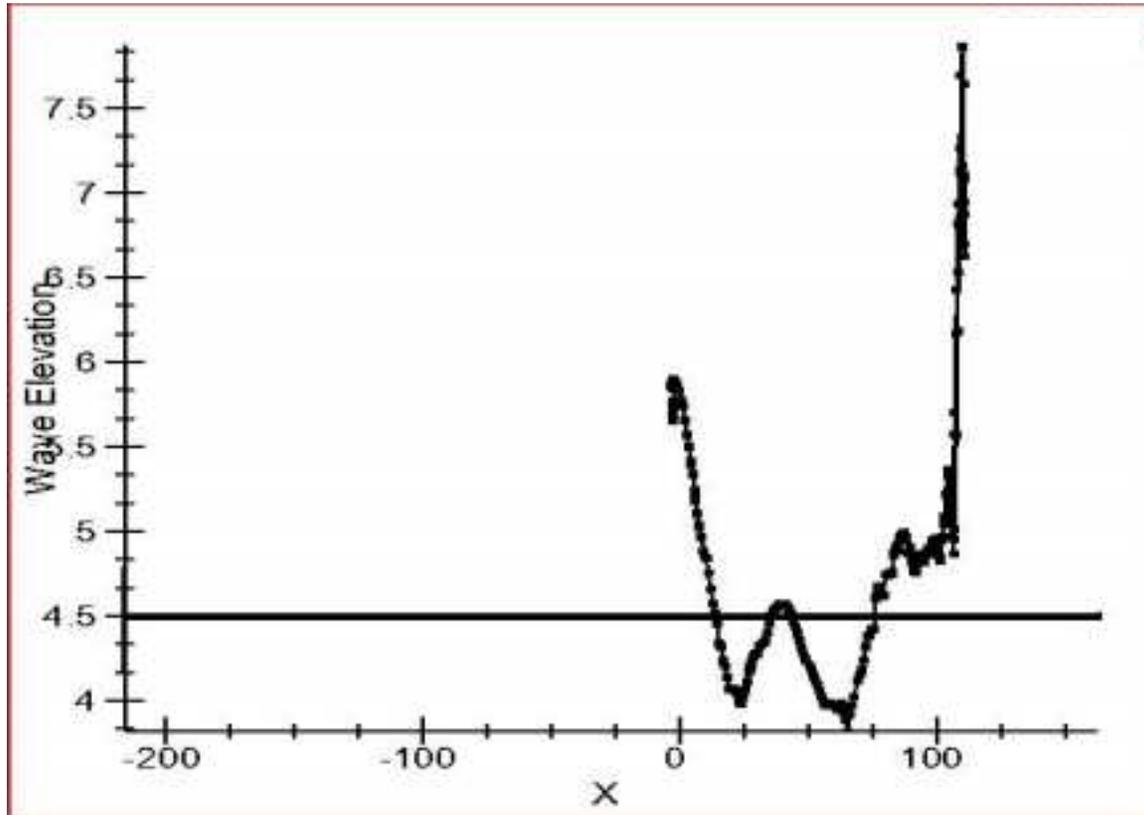


FREE SURFACE

Side View in Ship with Sailfish Bulbous Bow at 17.5 Knots



WAVE ELEVATION GRAPH
Ship with Sailfish Bulbous Bow at 17.5 Knots





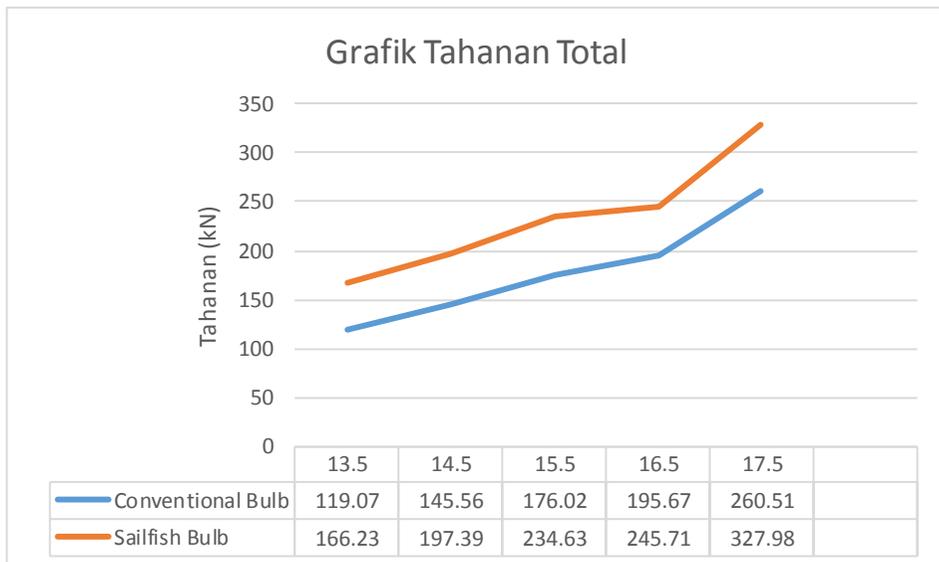
LAMPIRAN HASIL PENGUJIAN
TUGAS AKHIR
DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

A. TABEL PERBANDINGAN

Based on CFD Simulation

No	Velocity (kts)	Resistance Total (kN)	
		Conventional Bulb	Sailfish Bulb
1	13.5	119.07	166.23
2	14.5	145.56	197.39
3	15.5	176.02	234.63
4	16.5	195.67	245.71
5	17.5	260.51	327.98

B. GRAFIK PERBANDINGAN

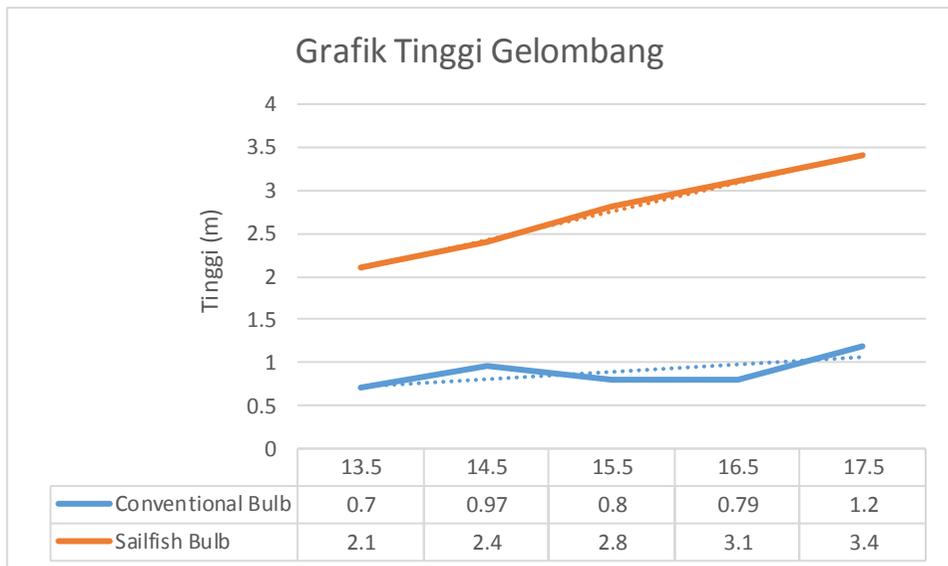




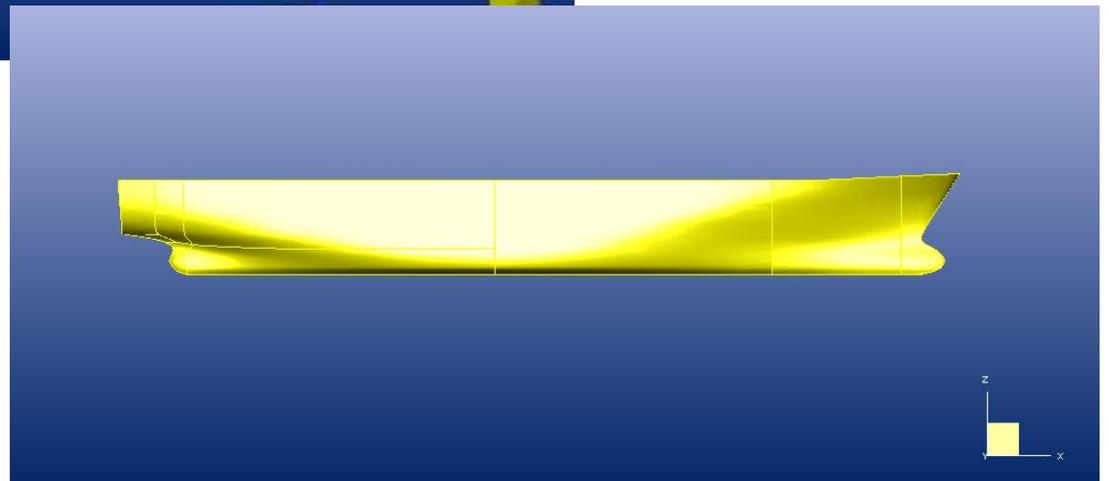
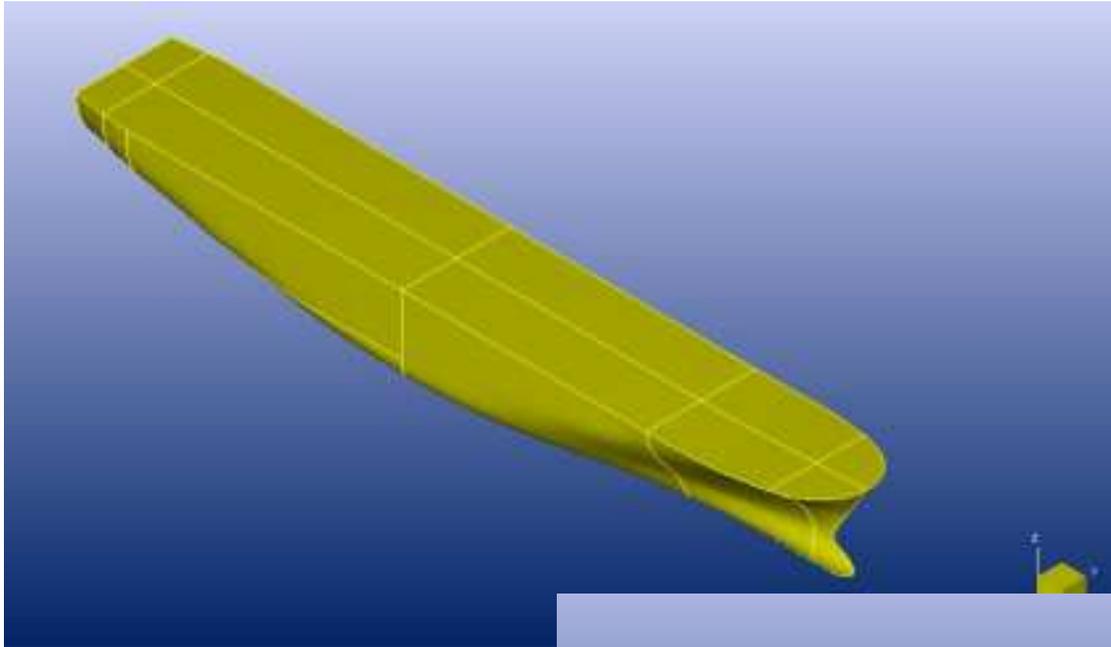
LAMPIRAN HASIL PENGUJIAN
TUGAS AKHIR
DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

C. TABEL TINGGI GELOMBANG DEPAN

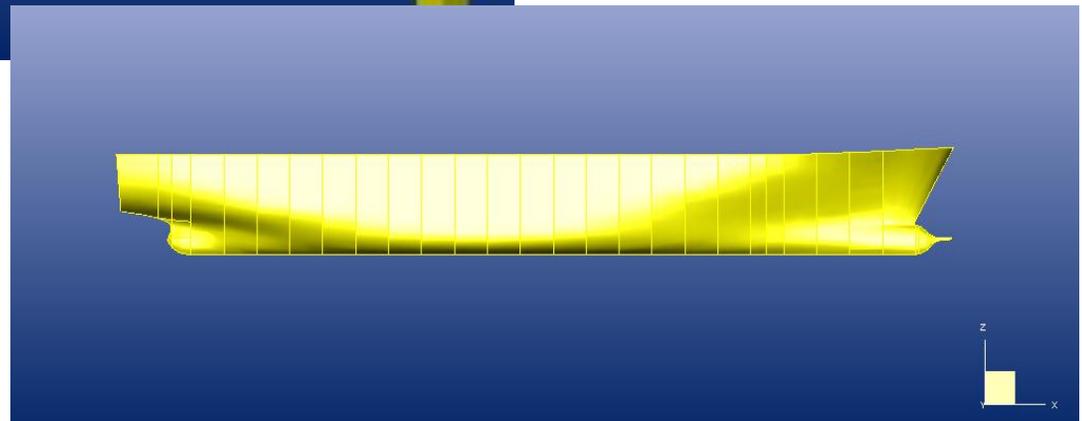
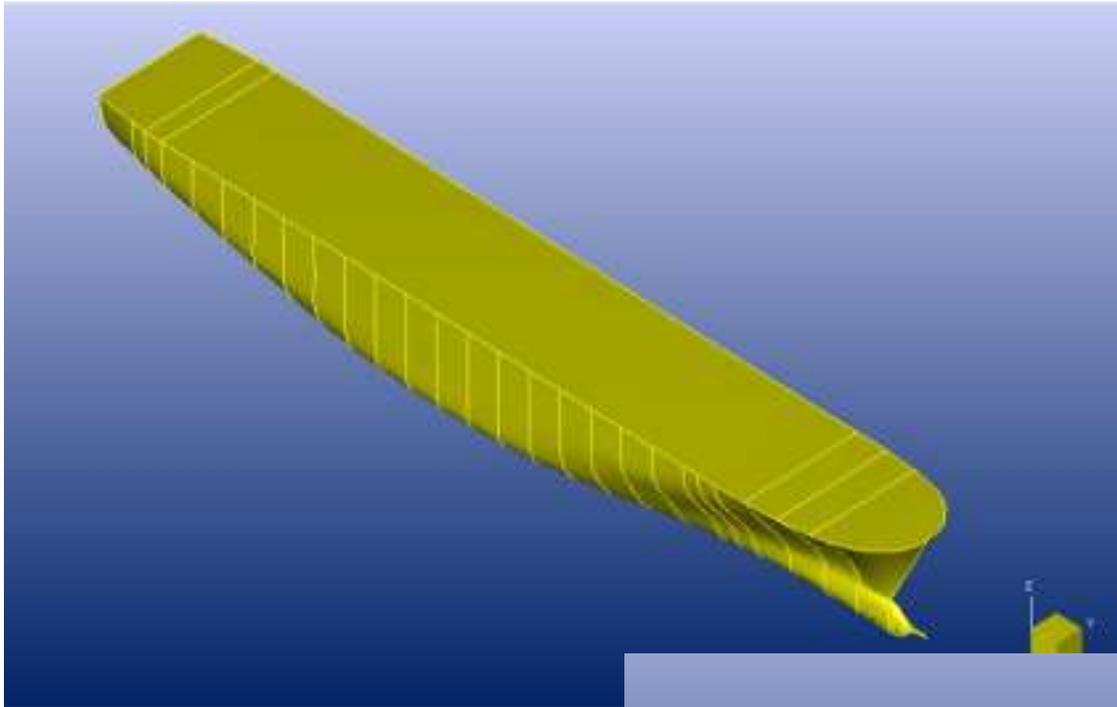
No	Velocity (kts)	Height of Wave	
		Conventional Bulb	Sailfish Bulb
1	13.5	0.7	2.1
2	14.5	0.97	2.4
3	15.5	0.8	2.8
4	16.5	0.79	3.1
5	17.5	1.2	3.4



3D of Ship with Conventional Bulbous Bow



3D of Ship with Sailfish Bulbous Bow



BIOGRAFI PENULIS



Penulis yang memiliki nama lengkap Yafi Dresta Adi Wiradikna atau biasa dipanggil dengan sebutan Yafi, dilahirkan di kota Surabaya pada tanggal 11 September 1996 dan merupakan anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan suami istri yang bernama bapak Sidik Adi Pramono dan ibu Erna Ratnawati. Sampai saat ini penulis telah menempuh pendidikan formal mulai dari TK Sempoa, Sidoarjo (2000-2002), SD Muhammadiyah 1 Sidoarjo (2002-2003), SDIT Gema Nurani, Bekasi (2003-2008), SMPIT Gema Nurani, Bekasi (2008 – 2011), SMA Islam PB Soedirman 2 Bekasi (2011-2013), dan D3 Teknik Perancangan dan Konstruksi Kapal di Politeknik Perkapalana Negeri Surabaya (2013-2016). Pada tahun 2016 penulis diterima sebagai mahasiswa Lintas Jalur di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) dengan NRP. 04211645000002. 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, dan karakter untuk menjadi lebih baik. Semoga penulisan Tugas Akhir ini mampu memberikan kontribusi positif kepada pembacanya.

Yafi Dresta Adi Wiradikna
yafi16@mhs.ne.its.ac.id