



**SKRIPSI – ME 141501**

**ANALISA POSISI STEP HULL PADA KAPAL PATROLI  
60M DENGAN METODE CFD**

**Bayu Rizal Bachri  
NRP 0421144600012**

**Dosen Pembimbing  
Ir. Agoes Santoso MSc., MPhil. FIMarEST., MRINA  
Achmad Baidowi ST., MT**

**JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2018**

*“ halaman sengaja di kosongkan “*



**SKRIPSI – ME 141501**

**THE ANALYSIS OF STEP HULL POSITION ON PATROL  
BOAT 60M USING CFD METHOD**

**Bayu Rizal Bachri  
NRP 04211446000012**

**Supervisor  
Ir. Agoes Santoso MSc., MPhil. FIMarEST., MRINA  
Achmad Baidowo ST., MT**

**MARINE ENGINEERING DEPARTMENT  
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2018**

*“ halaman sengaja di kosongkan “*

**LEMBAR PENGESAHAN**

**ANALISA POSISI STEP HULL PADA KAPAL PATROLI  
60M DENGAN METODE CFD**

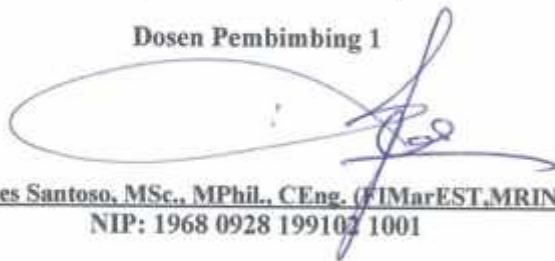
Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada  
Bidang Studi Marine Machinery and System (MMS)  
Program S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknik Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember



**Bayu Rizal Bachri**  
**NRP. 04211446000012**

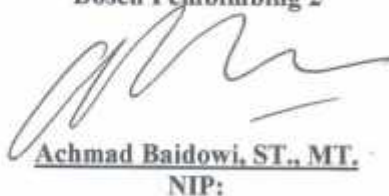
Surabaya,  
**Mengetahui dan Menyetujui,**

**Dosen Pembimbing 1**



**Ir. Agoes Santoso, MSc., MPhil., CEng. (FIMarEST,MRINA).**  
**NIP: 1968 0928 199102 1001**

**Dosen Pembimbing 2**



**Achmad Baidowi, ST., MT.**  
**NIP:**

*“ halaman sengaja di kosongkan “*

**LEMBAR PENGESAHAN**

**ANALISA POSISI STEP HULL PADA KAPAL PATROLI  
60M DENGAN METODE CFD**

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada  
Bidang Studi Marine Machinery and System (MMS)  
Program S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknik Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember



**Bavu Rizal Bachri**

**NRP. 0421144600012**

Surabaya,

**Mengetahui dan Menyetujui,**

**Kepala Departemen**

**Teknik Sistem Perkapalan**



*“ halaman sengaja di kosongkan “*



# **ANALISA POSISI STEP HULL PADA KAPAL PATROLI 60M DENGAN METODE CFD**

**Nama** : Bayu Rizal Bachri  
**NRP** : 04211446000012  
**Departemen** : Teknik Sistem Perkapalan  
**Dosen Pembimbing** : 1. Ir. Agoes Santoso, MSc., MPhil.,  
CEng. (FIMarEST, MRINA)  
2. Achmad Baidowi, ST., MT

## **ABSTRAK**

Saat ini kebutuhan kapal-kapal cepat mulai meningkat, yaitu kapal untuk pengamanan wilayah, seperti kapal - kapal perang, patroli dan kapal untuk pengejaran. Kapal cepat memiliki desain untuk mencapai kecepatan yang diinginkan. Dalam pembuatan sebuah kapal selalu memperhatikan sisi Tekno ekonomi, yaitu selain parameter- parameter desain desain yang direncanakan juga pertimbangan sisi ekenomis.

Berdasarkan pemikiran di atas, maka pada Tugas Akhir ini akan dilakukan pengujian efektifitas penggunaan Step Hull pada kapal patroli 60 m, yang mana akan didapatkan hasil yang lebih akurat pada desain kapal patroli melalui pendekatan analisis Computational Fluid Dynamics (CFD).

Dari pengujian yang sudah dilakukan, maka makadidapatkan posisi step hull yang paling tepat adalah pada variasi model 1. Hal ini dikarenakan nilai resistance pada variasi model 1 sebesar 199701.2 N pada kecepatan 28 knots, dan nilai lift sebesar 760836 N pada kecepatan 28 knots.

*Keyword : step hull, twin step hull, CFD, Patrol Boat, KCR*

*“ halaman sengaja di kosongkan “*

# **THE ANALYSIS OF STEP HULL POSITION ON PATROL BOAT 60M USING CFD METHOD**

**Name** : Bayu Rizal Bachri  
**NRP** : 04211446000012  
**Departmen** : Marine Engineering  
**Supervisor** : 1. Ir. Agoes Santoso, MSc., MPhil.,  
CEng. (FIMarEST, MRINA)  
2. Achmad Baidowi, ST., MT

## **ABSTRACT**

Currently the needs of fast ships are beginning to increase, such as ships for the securing a territory, such as warships, patrols and ships for pursuit. Fast ship has a design to achieve the desired speed. In making a ship always pay attention to techno economy side, that is besides design design parameters which is also planned consideration economic side.

Based on the above thinking, this final project will test the effectiveness of the use of Step Hull on patrol boat 60 m, which will get more accurate results on patrol boat design through Computational Fluid Dynamics (CFD) analysis approach.

From the tests that have been done, the step hull that has the most appropriate position is on the variation of model 1. This is because the resistance value in the variation of model 1 is 199701.2 N at 28 knots, and the value of the lift force is 760836 N at 28 knots.

*Keyword : step hull, twin step hull, CFD, Patrol Boat, KCR*

*“ halaman sengaja di kosongkan “*

## KATA PENGANTAR

Assalamua'alaikumWr.Wb.

Puji syukur kehadirat Allah SWT dan juga Shalawat serta salam selalu untuk junjungan kita Nabi Muhammad SAW .Atas berkat rahmat dan hidayah Allah SWT, Alhamdulillah saya dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul :“**ANALISA POSISI STEP HULL PADA KAPAL PATROLI 60M DENGAN METODE CFD**” ini dengan baik.

Laporan Tugas Akhir ini bertujuan guna memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana teknik pada bidang studi marine machinery and system program S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Selama pengerjaan Tugas Akhir ini tentunya penulis mendapatkan bantuan berupa saran dan dukungan dari berbagai pihak . Dalam kesempatan yang paling berharga ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar –besarnya kepada banyak pihak yang telah memberi motivasi, membimbing penyusunan Laporan Tugas Akhir ini khususnya kepada :

1. Allah SWT yang telah memberi kekuatan, kemudahan, keselamatan dan kesehatan sehingga pemulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Ninik Sulastri, Bapak Moh. Damami dan seluruh keluarga besarku yang telah memberikan dukungan, agar terselesaikannya Tugas Akhir ini.

3. Bapak Ir. Agoes Santoso, MSc., MPhil., CEng. (FIMarEST, MRINA) dan bapak Achmad Baidowi ST, MT. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang memberikan banyak nasehat serta saran dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Eng M Badrus Zaman, ST., MT. selaku ketua jurusan Teknik Sistem Perkapalan
5. Bapak dan ibu dosen, jurusan Teknik Sitem Perkapalan yang telah banyak membantu selama ini.
6. Keluargaku LJ Siskal angkatan 2014 Genap yang tiada henti – hentinya saling mensupport dan terimakasih untuk semua kenangan yang telah tercipta selama beberapa tahun ini.
7. Terimakasih untuk penghuni “Fany Kost” yang tidak henti-hentinya membuat senyum kecil setiap hari. Terima Kasih.

Akhirnya penulis senantiasa berharap bahwa apa yang ada dalam laporan ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis sendiri, dan bagi pembaca pada umumnya.

Wassalamu’alaikumWr.Wb.

Surabaya,

Penulis

## DAFTAR ISI

<i>COVER</i> .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	v
ABSTRAK .....	ix
<i>ABSTRACT</i> .....	xi
KATA PENGANTAR .....	xiii
DAFTAR ISI .....	xv
DAFTAR GAMBAR .....	xix
DAFTAR TABEL .....	xxi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	2
1.5 Manfaat Tugas Akhir .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Lambung Kapal .....	5
2.1.1 Planning Hull .....	5
2.1.2 Displacemenet Hull.....	6
2.2 Step Hull .....	6
2.3 Filosofi Desain .....	8

2.3.1 Mode Displasemen ( $0,0 < F_n < 0,6$ ).....	8
2.3.2 Mode Semiplaning ( $0,6 < F_n < 1,2$ ).....	9
2.3.3 Mode Planing Penuh ( $F_n > 1,2$ ).....	10
2.4 Perhitungan Tahanan Kapal.....	10
2.5 Computational Fluid Dynamics.....	13
2.6 Teori Dinamika Fluida CFD.....	13
2.6.1 Pre Processor (CFX Build).....	14
2.6.2 Solver (Penyelesaian Perhitungan).....	15
2.6.3 Post Processor.....	18
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>21</b>
3.1 Perumusan Masalah.....	21
3.2 Studi Literatur.....	21
3.3 Pemodelan.....	21
3.4 Analisa Data dan Penyelesaian.....	22
3.5 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir.....	23
<b>BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>25</b>
4.1 Umum.....	25
4.2 Data Model Kapal.....	25
4.3 Penggambaran Model.....	26
4.3.1 Penggambaran Model 3 Dimensi.....	26
4.3.2 CFD Re Desain.....	29



4.4 Validasi Model.....	31
4.5 Simulasi Model.....	32
4.6 Data Hasil Simulasi.....	33
4.7 Pembahasan.....	34
4.7.1 Perbandingan parameter tahanan kapal yang terjadi terhadap variasi kecepatan kapal.....	35
4.7.2 Perbandingan parameter total pressure yang terdistribusi diseluruh lambung kapal terhadap variasi kecepatan kapal.....	37
4.7.3 Perbandingan parameter gaya angkat lambung kapal terhadap variasi kecepatan kapal.....	38
4.7.4 Perbandingan parameter tahanan kapal terhadap gaya angkat kapal.....	39
4.7.5 Perbandingan parameter kecepatan fluida air terhadap variasi kecepatan kapal.....	40
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>43</b>
5.1 Kesimpulan.....	43
5.2 Saran.....	44
Daftar Pustaka .....	45
Lampiran	
Biodata Penulis	

*“ halaman sengaja di kosongkan “*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Contoh kapal yang menggunakan Planning Hull .....	5
Gambar 2.2	Contoh kapal yang menggunakan <i>Displacement Hull</i> .....	6
Gambar 2.3	Performance Factors for Racing Stepped Hulls. ....	7
Gambar 3.1	Flow Chart .....	24
Gambar 4.1	General Arangement .....	25
Gambar 4.2	Variasi model 1 .....	27
Gambar 4.3	Variasi model 2 .....	27
Gambar 4.4	Variasi model 3 .....	27
Gambar 4.5	Variasi model 4 .....	28
Gambar 4.6	Variasi model 5.....	28
Gambar 4.7	Model kapal yang telah di surface .....	30
Gambar 4.8	Model kapal yang telah di surface .....	30
Gambar 4.9	Model kapal yang telah di meshing .....	30
Gambar 4.10	Grafik speed vs resistance.....	35
Gambar 4.11	Grafik resistance setiap model .....	36
Gambar 4.12	Grafik speed vs total pressure .....	37
Gambar 4.13	Grafik total pressure setiap model .....	38
Gambar 4.14	Grafik kecepatan vs gaya angkat .....	38

Gambar 4.15 Grafik gaya angkat setiap model .....	39
Gambar 4.16 Grafik Tahanan kapal vs gaya angkat .....	40
Gambar 4.17 Grafik Kecepatan vs Kecepatan fluida air .....	41
Gambar 4.18 Grafik Kecepatan fluida air setiap model .....	41

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 4.1	Data Hasil dari Permodelan Maxsurf.....	31
Tabel 4.2	Data Data Hasil simulasi CFD .....	34

*“ halaman sengaja di kosongkan “*

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang.**

Saat ini kebutuhan kapal-kapal cepat mulai meningkat, yaitu kapal untuk pengamanan wilayah, seperti kapal - kapal perang, patroli dan kapal untuk pengejaran. Kapal cepat memiliki desain untuk mencapai kecepatan yang diinginkan. Dalam pembuatan sebuah kapal selalu memperhatikan sisi Tekno ekonomi, yaitu selain parameter- parameter desain desain yang direncanakan juga pertimbangan sisi ekenomis.

Untuk mengatasi permasalahan yang timbul dari pencapaian kecepatan kapal, banyak cara yang digunakan yaitu dengan melakukan perubahan atau modifikasi pada engine, hull dan propulsor. Salah satu cara pada modifikasi hull ialah desain Step Hull. Prinsip dari penggunaan Step Hull tersebut ialah mengurangi luasan permukaan basah (weted surface area) karena timbulnya turbulensi dibawah badan kapal, dan akan menambah daya tekan keatas kapal (lifting Force), sehingga dengan sendirinya akan mengurangi tahanan dan menaikkan efisiensi maka akan menghasilkan kecepatan yang lebih tinggi dengan daya mesin lebih kecil dan kebutuhan bahan bakar lebih sedikit.

Berdasarkan pemikiran di atas, maka pada Tugas Akhir ini akan dilakukan pengujian efektifitas penggunaan Step Hull pada kapal patroli 60 m, yang mana akan didapatkan hasil yang lebih akurat pada desain kapal patroli melalui pendekatan analisis Computational Fluid Dynamics (CFD).

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas maka rumusan masalah yang akan di bahas pada Tugas Akhir ini adalah

1. Bagaimana menghitung tahanan pada model kapal patroli 60 meter.
2. Seberapa besar efektifitas penggunaan step hull dapat menimbulkan gaya tekan ke atas (Lift) terhadap badan kapal.

## 1.3 Batasan Masalah

Untuk menyederhanakan pembahasan masalah yang terjadi dalam penulisan Tugas Akhir agar lebih terfokus dan terarah, maka dalam hal ini batasan masalah yang diambil adalah:

1. Kapal yang digunakan adalah Kapal patroli 60 meter
2. Analisa CFD digunakan untuk pendekatan/referensi awal terhadap model lambung kapal
3. Variasi laju kecepatan hanya sampai pada maximum speed data kapal yang telah ditentukan
4. Bahasan konstruksi dan permesinan kapal tidak dibahas secara mendalam
5. Kapal yang digunakan berbahan Alumunium

## 1.4 Tujuan Penulisan

Tujuan penulisan Tugas Akhir ini adalah :

1. Mendapatkan nilai *ship resistance* dari permodelan hulls
2. Memperoleh nilai gaya tekan ke atas (Lift) dari penggunaan step hulls
3. Memperoleh nilai Efektifitas dari penggunaan step hulls



### **1.5 Manfaat Tugas Akhir**

Tugas Akhir ini diharapkan bermanfaat bagi berbagai pihak yang membutuhkan. Adapun manfaat yang dapat diperoleh antara lain :

1. Memberikan rekomendasi tingkat efektifitas dari penggunaan metode step hulls
2. Memberikan kontribusi ilmiah untuk pengembangan konsep step hulls dari yang sudah ada
3. Untuk referensi penelitian selanjutnya yang berhubungan dengan permasalahan yang sama.

*“halaman sengaja dikosongkan”*

## BAB II

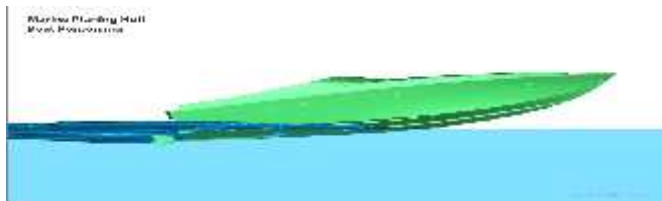
### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Lambung Kapal

Lambung kapal memiliki berbagai type sesuai dengan karakteristik dari bentuk lambung itu sendiri. Disini ada beberapa type dan karakteristik lambung kapal, yaitu ;

##### 2.1.1. *Planning Hulls*

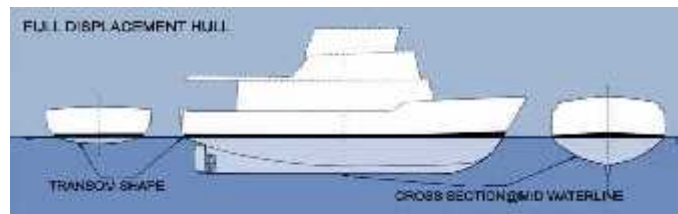
*Planning Hulls* adalah perancangan bentuk lambung yang bertujuan untuk menambah kecepatan, disini "*Planning Hull*" mempunyai bentuk "V" dengan menggunakan *step hull* untuk menambah gaya keatas sehingga mengurangi gesekan antara air dan lambung. Pada umumnya bentuk *Planning Hull* dioperasikan pada perairan yang tenang.



Gambar 2.1 : Contoh kapal yang menggunakan *Planning Hull*

### 2.1.2. Displacement Hulls

*Displacement Hull* adalah bentuk lambung kapal yang bulat, bentuk *Displacement Hull* banyak digunakan pada kapal secara umum karena sangat efisien. Kapal yang memiliki bentuk lambung seperti itu memiliki stabilitas yang tinggi dan jangkauan pelayarannya yang jauh. Tapi karena bentuk lambung *Displacement Hull* bulat, maka pada *Displacement Hull* memiliki kecepatan yang relative rendah. Dibawah ini adalah contoh kapal yang menggunakan bentuk *Displacement Hull* dan *bulbous bow*.

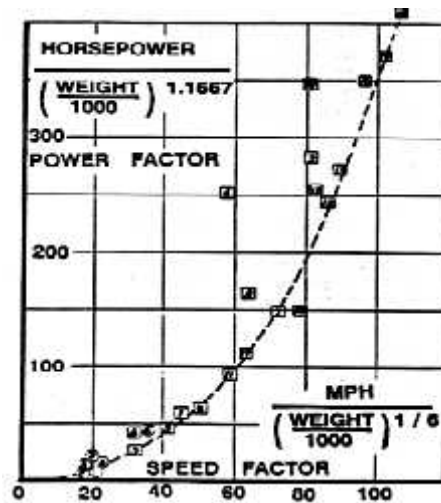


Gambar 2.2 : Contoh kapal yang menggunakan *Displacement Hull*

### 2.2. Step Hull

Desain lambung kapal sangat dipengaruhi oleh kondisi laut, kecepatan, dan radius pelayaran yang ditempuh. Lebih dari dua dekade ini, bentuk baru geometri lambung kapal telah dikembangkan dan memiliki karakteristik sea keeping yang lebih baik dibandingkan dengan desain kapal sebelumnya.

Variasi Step hull dari optimasi sudut luncur lebih dari kecepatan rata - rata. Tahanan hydrodynamic adalah hampir konstan. Tahanan dari propeller shaft, shaft strut dan rudder, dapat meningkatkan kecepatan.



Gambar 2.3: Performance Factors for Racing Stepped Hulls.

Grafik dari performance factor menunjukkan data actual speed dari racing stepped hulls. Data yang di dapat dan mengacu pada angka-angka di dalam grafik Gambar 3. Perahu dihitung berdasar urutan menurut tahun ketika kecepatan-kecepatan itu diperoleh. Peningkatan-peningkatan yang urutan dalam faktor power mencerminkan pengembangan mesin dan bukan pengembangan hull. kebanyakan perahu-perahu berada pada hampir di garis batas.

Bandingkan Limit Lines di grafik Performance Factor. Ada sejumlah pertimbangan mengapa stepped hull yang menjadi tidak populer populer untuk kapal pesiar dan sesuai dengan kapal high speed.

Tiga point dari hydroplanes dan konfigurasi dari modern hull seperti tunnel hull, menggunakan gaya aerodynamic lift untuk menaikan efisiensi kapal. Berat kapal menggunakan udara untuk menahan , tidak harus menggunakan air. Udara mempunyai tahanan jauh lebih kecil dibanding air. Untuk memperoleh aerodynamic lift, perlu mempunyai berat yang ringan dan untuk berjalan dengan kecepatan yang sangat tinggi.

### **2.3. Filosofi Desain**

Kapal cepat pada saat beroperasi, mulai dari kecepatan  $v = 0$  knot sampai dengan kecepatan tinggi dapat di lihat akan melampaui tiga tahapan (fase) kecepatan sebagai berikut:

#### **2.3.1. Mode Displasemen ( $0,0 < Fn < 0,6$ )**

Kapal-kapal komersial besar hamper selalu berlayar pada mode ini, dimana berat kapal seluruhnya disangga oleh gaya angkat (bouyancy). Kapal yang berlayar dengan kecepatan cukup rendah ( $Fn < 0,3$ ) tidak akan mengalami perubahan trim ataupun penurunan titik berat (VCG) yang berarti. Dengan naiknya kecepatan ( $Fn$ ) perubahan tersebut mulai timbul. Perubahan ini terjadi akibat naiknya aliran karena bertambah terbenamnya kapal, yang selanjutnya sesuai hukum Bernoulli, akan berakibat pada penurunan tekanan di bawah kapal bagian buritan dan kenaikan tekanan di bawah haluan kapal.

Dalam kondisi ini akan menarik juga jika diamati sistem gelombang yang terbentuk oleh gerakan kapal. Pada  $Fn < 0,4$

atau  $\frac{V}{\sqrt{L}} < 1,25$  akan terjadi lebih dari satu gelombang melewati sepanjang badan kapal. Pada kecepatan karakteristik kapal  $F_n = 0,43 - 0,5$  atau  $\frac{V}{\sqrt{L}} = 1,4 - 1,56$  tahanan gelombang relative akan mencapai maksimum. Diagram tahanan pada  $F_n$  ini akan terbentuk kurva melengkung ke atas, atau disebut hump. Sehingga kecepatan kapal disebut juga kecepatan hump. Pada kecepatan yang lebih tinggi ( $F_n > 0,5$ ), puncak gelombang kedua akan berada jauh di belakang buritan dan tahanan sedikit menurun.

### 2.3.2. Mode Semiplaning ( $0,6 < F_n < 1,2$ )

Pada fase semiplaning berat kapal akan disangga lebih banyak oleh gaya angkat hidrodinamik dari pada hidrostatik (yang bersamaan dengan ini akan menurun secara teratur). Gaya angkat hidrodinamik ini timbul karena adanya deviasi aliran di sekitar dasar kapal bagian buritan, sehingga mengakibatkan kapal trim. Dari berbagai pengukuran tes model didapat bahwa pada fase ini titik berat kapal akan naik. Pada sekitar  $F_n = 0,6$ , VCG mencapai ketinggian yang sama dengan pada saat  $V = 0$  knot dan selanjutnya VCG terus naik sampai kecepatan karakteristik  $F_n = 1,2$  dicapai. Dari kecepatan  $v = 0$  knot sampai dengan  $F_n = 0,9$  haluan kapal akan terus naik ke arah permukaan, sedangkan buritannya akan berangsur-angsur terbenam. Pada sekitar  $0,9 < F_n < 1,2$

buritan kapal akan mulai naik lagi, tetapi tidak begitu besar sampai dengan munculnya haluan. Dengan demikian trim akan tetap naik sampai dengan  $F_n = 1,2$  dicapai. Pada mode semiplaning gelombang haluan mengecil dan bergeser ke belakang serta dilengkapi oleh spray. Dibelakang transom (buritan rata) terjadi lembah gelombang, yang bentuk dan ukurannya sangat bergantung pada bentuk buritan kapal, trim dan terutama juga pada gaya angkat hidrodinamis.

### **2.3.3. Mode Planing Penuh ( $F_n > 1,2$ )**

Mode planing murni dapat ditandai dengan kondisi dimana hampir seluruh berat kapal disangga oleh gaya angkat hidrodinamik, dan hanya sebagian kecil berat kapal yang bertumpu pada gaya hidrostatis (yang juga kecil). Meskipun kapal hampir seluruhnya meluncur di permukaan air, dan permukaan basah menjadi sangat kecil demikian juga trim kapal mulai menurun dibandingkan dengan pada fase semiplaning, tetapi tekanan hidrodinamik menjadi sangat besar sebagai akibat kecepatan tinggi yang diperoleh dari gaya dorong propeller. Pada fase planing murni, bagian kapal yang terbenam sangat kecil, sehingga gelombang yang terbentuk hampir hilang sama sekali.

## **2.4. Perhitungan Tahanan Kapal.**

Untuk kapal-kapal cepat perhitungan tahanan dengan menggunakan metode Savitsky. Pada umumnya kapal cepat dengan bentuk lambung planing surface akan mempunyai sudut deadrise.



Kenyataan ini akan digunakan untuk menentukan rumus yang didasarkan pada badan kapal yang tercelup di dasar air akibat adanya sudut deadrise tersebut yang nantinya akan dapat ditentukan besarnya area yang tercelup ( $l \cdot b$ ) dan tinggi gelombang ( $\tau \cdot b$ ) juga rumus menentukan gaya angkat (lift coefficient) dan diagram untuk menentukan aliran yang terjadi pada bawah kapal akibat deadrise tersebut di atas.

Persamaan-persamaan yang digunakan untuk menghitung tahanan kapal dengan metode Savitsky adalah:

✓  $\tau^{1.1}$  (sudut trim pangkal 1.1) parameter ini dibutuhkan untuk menghitung  $C_{LO}$

✓  $C_{LO}$  (Koefisien gaya angkat)

$C_{LO}$  dapat dicari bila diketahui terlebih dahulu harga  $C_{LB}$  dan  $\beta$  diketahui, kemudian harga  $\lambda$  untuk tiap-tiap harga  $\tau$  dicari dengan menggunakan rumus :

$$\lambda = \frac{l}{b}$$

Dimana  $l$  adalah panjang bagian basah dan  $b$  adalah lebar rata-rata.

✓  $V_1$  yaitu kecepatan rata-rata aliran pada dasar permukaan planning, sebagai fungsi  $\tau$  dan  $\lambda$  dalam m/s.

$$\frac{V_1}{V} = \sqrt{1 - \frac{0,0100 \tau^{1.1}}{\lambda^{\sqrt{2}} \cos \tau} f(\beta)}$$

$$V_1 = V \left( 1 - \frac{0,0120 \tau^{1,1}}{\lambda^{\frac{1}{2}} \cos \tau} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Dimana V kecepatan horizontal pada permukaan planning.

✓ Reynold's Number

$$R_n = \frac{V_1 \lambda b}{\nu}$$

$\nu$  = Koefisien kekentalan =  $1,18 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sec}$

✓ Koefisien Gaya Gesek (C)

Dari formula Schoenherr,

$$\text{Log}(R_n C_f) = \frac{0,242}{\sqrt{C_f}}$$

$C_f$  = adalah tambahan koefisien gesekan karena kekasaran permukaan. Harga standart yang diberikan ATTC adalah  $C_f = 0,0004$

✓  $D_f$  yaitu komponen hambatan gesekan dari total hambatan,

$$D_f = \frac{(C_f + \Delta C_f) \rho V_1^2 \lambda b}{2 \cos \beta}$$

✓  $A \tan t$  Yaitu tahanan horizontal karena beratkapal.

✓ RT yaitu hambatan total pada kapal

$$RT = \Delta \tan \tau + \frac{D_f}{\cos \tau} ..$$

## 2.5. Computational Fluid Dynamics

Pada dasarnya semua jenis CFD menggunakan persamaan dasar (*governing equation*) dinamika fluida yaitu persamaan kontinuitas, momentum dan energi. Persamaan persamaan ini merupakan pernyataan matematis untuk tiga prinsip dasar fisika :

- a. Hukum Kekekalan Massa (*The Conservation of Mass*)
- b. Hukum Kedua Newton (*Newton's Second Law of Motion*)
- c. Hukum kekekalan Energi

Untuk mendapatkan persamaan dasar gerak fluida, filosofi berikut selalu diikuti :

- a. Memilih prinsip fisika dasar dari hukum–hukum fisika (Hukum Kekekalan Massa, Hukum Kedua Newton, Hukum Kekekalan Energi).
- b. Menerapkan prinsip-prinsip fisika di dalam model aliran.

Dari penerapan, diuraikan persamaan matematis yang meliputi prinsip-prinsip fisika dasar.

## 2.6. Teori Dinamika Fluida CFD

*Computational Fluid Dynamics* merupakan ilmu sains dalam penentuan penyelesaian numerik dinamika fluida. *Computational Fluid Dynamics* (CFD) adalah pendekatan ketiga dalam studi dan pengembangan bidang dinamika fluida selain pendekatan teori dan eksperimen murni. Adapun beberapa keuntungan yang diperoleh dengan menggunakan CFD antara lain :

- a) Meminimumkan waktu dan biaya dalam mendesain suatu produk, bila proses desain tersebut dilakukan dengan uji eksperimen dengan akurasi tinggi.

- b) Memiliki kemampuan sistem studi yang dapat mengendalikan percobaan yang sulit atau tidak mungkin dilakukan melalui eksperimen.
- c) Memiliki kemampuan untuk studi dibawah kondisi berbahaya pada saat atau sesudah melewati titik kritis (termasuk studi keselamatan dan skenario kecelakaan).
- d) Keakuratannya akan selalu dikontrol dalam proses desain.

Computational Fluid Dynamics (CFD) merupakan analisa sistem yang mencakup aliran fluida, perpindahan panas, dan fenomena yang terkait, seperti reaksi kimia dengan menggunakan simulasi berbasis computer (numeric). Tehnik ini sangat berguna dan dapat diaplikasikan pada bidang industri dan non industri. Kode CFD terstruktur atas logaritma numeric, sehingga dapat digunakan untuk menyelesaikan problem pada suatu aliran fluida. Code Computational Fluid Dynamics disini terdiri atas tiga element utama yaitu:

- a) Pre Processor
- b) Solver Manager
- c) Post Processor (Visualise)

### **2.6.1. Pre Processor (CFX Build)**

Pada tahap awal pemrograman ini terdiri dari input masalah aliran untuk CFD melalui *interface*, kemudian mengubahnya menjadi bentuk yang sesuai dengan format yang dikehendaki oleh bagian *solver*. Pada tahap ini perlu dilakukan input permasalahan sesuai dengan aturan pada *software*, meliputi:

- a. Membentuk geometri benda dan daerah sekeliling benda sebagai domain komputasi.
- b. Membentuk *Grid Generation* atau membagi domain yang telah ditentukan menjadi bagian yang lebih kecil (sub-domain).
- c. Penentuan fenomena fisika dan kimia dari model.
- d. Penentuan sifat-sifat fluida, seperti pendefinisian harga densitas, viskositas, temperatur fluida dan lainlain.
- e. Penentuan kondisi batas model geometri, lokasi pembuatan kondisi batas harus ditentukan baik pada daerah disekeliling benda maupun pada aliran yang diperhitungkan.
- f. Penentuan besar kecilnya atau kekasaran *grid (mesh)*.

Analisa masalah aliran yang berupa kecepatan, tekanan atau temperatur didefinisikan sebagai suatu daerah yang berupa simpul-simpul tiap *cell*. Jumlah *cell* dalam *grid (mesh)* menentukan akurasi penyelesaian CFD. Pada umumnya semakin banyak *cell* semakin akurat penyelesaiannya. Daerah yang memiliki perubahan bentuk yang sangat tajam, biasanya proses *meshing* dilakukan dengan sangat halus, sedang untuk daerah yang lain dilakukan agak kasar.

### **2.6.2. Solver (Penyelesaian Perhitungan)**

*Solver* dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu *finite difference*, *finite element* dan *finite volume*. Secara umum metode *numeric solver* tersebut terdiri dari langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Perkiraan variabel yang tidak diketahui dengan menggunakan fungsi sederhana.
- b. Diskretisasi dengan substitusi perkiraan perkiraan tersebut dengan persamaan persamaan aliran yang berlaku dan berbagai manipulasi matematik.
- c. Penyelesaian dari persamaan aljabar

*Boundary Condition Inlet* adalah input aliran fluida pada kondisi normal tanpa adanya fenomena yang terjadi.

➤ Massa dan Momentum

Momentum yang terjadi pada aliran fluida yang dipengaruhi oleh massa dan

kecepatan dengan vector kecepatan U, V dan W. arah yang diambil dalam perlakuan terhadap *boundary* adalah arah normal terhadap domain. Komponen kecepatan aliran (*Cartisien Velocity Vector*) adalah dengan resultan :

$$U_{\text{inlet}} = U_{\text{spec}}^j + V_{\text{spec}}^i + W_{\text{spec}}^k$$

➤ Tekanan Total

Tekanan total, P<sub>tot</sub>, untuk fluida didefinisikan sebagai

$$P_{\text{tot}} = P_{\text{stat}}$$

➤ Kecepatan Laju Aliran Massa

Batas laju aliran massa, ditentukan sepanjang arah komponen, dimana *influx* massa dihitung menggunakan rumus :

$$U = m / s dA$$

### *Boundary Condition Outlet*

#### ➤ Kecepatan Outlet

Komponen kecepatan *outlet boundary* adalah komponen *cartisien velocity*.

$$U_{\text{outlet}} = U_{\text{spec}}^i + V_{\text{spec}}^j + W_{\text{spec}}^k$$

#### ➤ Tekanan Outlet Fluida

Tekanan outlet fluida adalah tekanan static inlet ditambah perubahan tekanan yang terjadi

$$P_{\text{tot}} = P_{\text{stat}} + 1/2 \rho U^2$$

### *Boundary Condition Wall*

#### ➤ Tekanan Statis Rata-Rata

*Wall Relative Static Pressure* adalah :

$$P_{\text{av}} = P_{\text{dA}} - \rho U^2$$

#### ➤ Mass Flow Rate Out

Distribusi massa di daerah *wall* ditentukan oleh aliran berat massa.

#### ➤ Heat Transfer

Perpindahan panas ditentukan *adiabatic* pada *Wall boundary* kapal karena

pengaruh energi panas yang begitu kecil terhadap nilai *lift* sehingga :

$$Q_{\text{wall}} = 0$$

### 2.6.3. Post Processor

Pada step ini akan ditampilkan hasil perhitungan yang telah dilakukan pada tahap sebelumnya. Hasil perhitungan dapat dilihat berupa data numerik dan data visualisasi aliran fluida pada model. Data numerik yang diambil adalah data nilai variabel sifat fluida, data sifat fluida yang dapat di ambil adalah sebagai

berikut:

- a) Density
- b) Density Viscosity
- c) Eddy Viscosity
- d) Heat Transfer Coefficient
- e) Mach Number
- f) Pressure
- g) Pressure Gradient
- h) Shear Strain Rate
- i) Specific Capacity Heat Transfer Rate
- j) Static Entalpy
- k) Temperature
- l) Thermal Conductivity
- m) Total Entalpy
- n) Total Temperatur
- o) Total Pressure
- p) Turbulence Kinetic Energy
- q) Velocity
- r) Wall Heat flux



- s) Wall Shear
- t) Yplus
- u) Coordinate

Data numerik yang dapat di tampilkan oleh *post processor* adalah sebagai berikut:

- Data Export
- Quantitative Calculation

Dan data visualisasi model yang bisa ditampilkan oleh *post processor* adalah sebagai berikut:

- Gambar geometri model
- Gambar surface sifat fluida
- Animasi aliran fluida
- Tampilan vector kecepatan
- Gerakan rotasi, translasi dan penyekalaan
- Arah aliran fluida
- Hardcopy output

*“halaman sengaja dikosongkan”*

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab ini dijelaskan metode yang digunakan dalam penulisan Tugas Akhir agar proses pengerjaan dapat terstruktur dengan baik dan dapat mencapai tujuan yang ditetapkan sebelumnya. Proses pengerjaan terdiri dari perumusan masalah, studi literatur, pengumpulan data, perancangan model, pengujian model, analisa hasil dan penarikan kesimpulan.

#### **3.1 Perumusan Masalah**

Identifikasi, perumusan masalah dan tujuan penelitian dilakukan pertama kali agar penelitian terarah dan selalu terfokus. Permasalahan yang diangkat dari penelitian ini adalah bagaimana Bagaimana menghitung tahanan pada model kapal patroli 60 meter dan Seberapa besar efektifitas penggunaan step hull dapat menimbulkan gaya tekan ke atas (Lift) terhadap badan kapal.

#### **3.2 Studi Literatur**

Karena bentuk lambung kapal step hull ini merupakan bentuk kapal yang baru dan masih dalam pengembangan, maka langkah awal yang dilakukan adalah studi literature mengenai desain lambung kapal step hull dan planning hull

#### **3.3 Pemodelan**

Melalui studi literatur, dilanjutkan dengan langkah pemodelan. Dalam proses ini software-software yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Maxsurf Profesional

Software ini digunakan untuk memodelkan bentuk lambung kapal step hull yang akan di analisa lebih lanjut dengan pendekatan CFD.

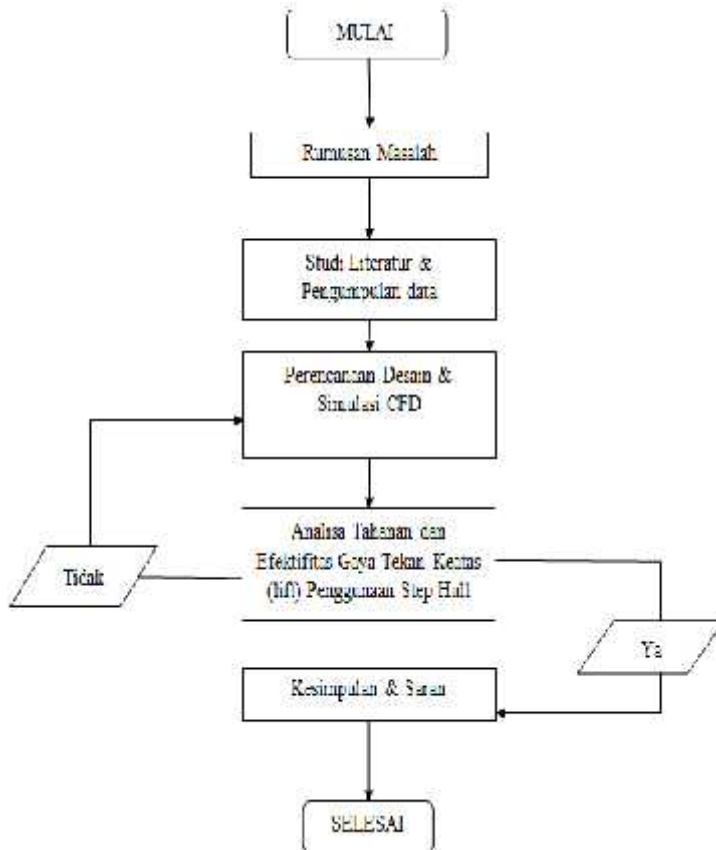
- Computational Fluid Dynamics (CFD)

Dari hasil pemodelan dengan menggunakan software Maxsurf profesional, dilanjutkan dengan penggambaran model dengan program CFD geometri design agar dapat diperoleh bentuk benda yang solid sehingga dapat dianalisa dalam program simulatornya.

### **3.4 Analisa Data dan Penyelesaian**

Data yang diperoleh dari hasil simulasi kemudian diolah kembali melalui perhitungan-perhitungan yang kemudian hasilnya ditabulasikan dan dibuat grafik *trend* hubungan antar variabel-variabel perancangan. Setelah analisa dilakukan, maka dari data hasil analisa dibuat kesimpulan untuk merangkum keseluruhan hasil penelitian. Langkah terakhir dari rangkaian penelitian (studi) ini adalah pendokumentasian laporan hasil penelitian yang telah dilakukan (dokumentasi Laporan Tugas Akhir).

### 3.5 Diagram Alur Pengerjaan Tugas Akhir



Gambar 3.1 *Flow Chart*

*“halaman sengaja dikosongkan”*

# BAB IV

## ANALISA DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Umum

Pada bab ini akan diuraikan langkah langkah pembuatan model dan dilanjutkan dengan langkah simulasi dengan menggunakan bantuan perangkat lunak *Computational Fluid Dinamic* (CFD). Perancangan model didasarkan pada batasan-batasan yang telah dijelaskan pada bab awal tulisan ini. Ada beberapa tahapan yang harus dilalui untuk bisa mendapatkan data-data hasil simulasi yang selanjutnya akan diolah untuk dianalisa lebih lanjut. Antara satu tahap dengan tahap yang lain saling terkait dan tidak bisa dipisahkan.

### 4.2 Data Model Kapal

Pada kapal yang digunakan sebagai obyek penelitian pada tugas akhir ini adalah kapal patroli 60 meter dengan penambahan Step Hull pada posisi tertentu. Dari berbagai variasi model yang akan disimulasikan, data utama kapal yang dijadikan sebagai acuan adalah sebagai berikut:



*Gambar 4.1 General Arrangement*

### PRINCIPLE DIMENTION

Displacement	: 457 Ton
LOA	: 60 Meter
LWL	: 55.19 Meter
LPP	: 53.67 Meter
B (moulded)	: 8.10 Meter
H (moulded)	: 4.74 Meter
Draught (T)	: 2.57 Meter
Speed Max	: 28 Knots
Engine Power	: 2 x 3900 Kw
Accomodation	: 55 Person

### 4.3 Penggambaran Model

Penggambaran model kapal dengan penambahan step hull pada bagian lambung secara tiga dimensi dilakukan dengan dua tahap. Tahap yang pertama adalah permodelan lambung kapal kapal patrol 60 meter dengan variasi posisi step hull menggunakan software ship building yaitu Maxsurf Pro. Tahap yang kedua adalah penggambaran model dengan software CFD (ICEM), yang kemudian disimulasikan dengan pendekatan CDF Solver.

#### 4.3.1 Penggambaran Model 3 Dimensi

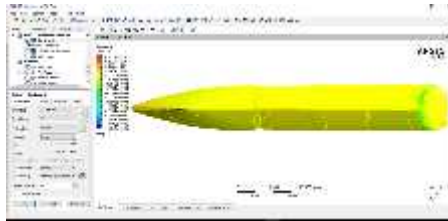
Proses permodelan ini menggunakan software ship building Maxsurf Pro, ini merupakan tahap pertama penggambaran bentuk



tiga dimensi lambung step hull. Dalam proses ini juga menggambarkan variasi dari posisi step hull pada lambung kapal.

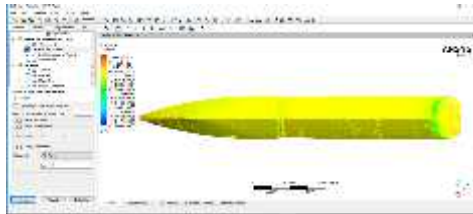
Sedangkan parameter dari posisi step hull model adalah sebagai berikut:

a). Variasi Model 1



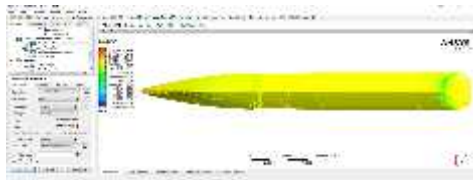
*Gambar 4.2 Variasi Model 1*

b). Variasi model 2



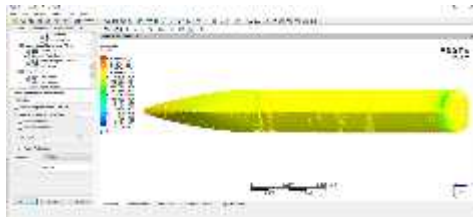
*Gambar 4.3 Variasi model 2*

c). Variasi model 3



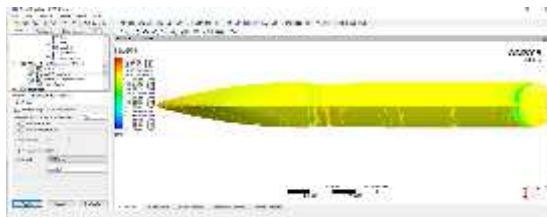
*Gambar 4.4 Variasi Model 3*

## d). Variasi model 4



Gambar 4.5 Variasi Model 4

## e). Variasi model 5



Gambar 4.6 Variasi Model 5

Dari parameter diatas terdapat 5 variasi posisi penempatan *step hull*. Jarak antara posisi *step hull* dengan variable A adalah jarak dengan jarak 2 meter. Variasi posisi *step hull* adalah :

## 1. Variasi Model 1

Pada variabel model 1, posisi *step hull* terletak pada posisi *frame 26* kapal. Dengan garis air (T) 2,57 meter.

## 2. Variasi Model 2

Pada variabel model 2, posisi *step hull* terletak pada posisi 2 meter dibelakang *frame 26* kapal. Dengan garis air (T) 2,57 meter.

## 3. Variasi Model 3

Pada variabel model 3, posisi *step hull* terletak pada posisi 2 meter didepan *frame 26* kapal. Dengan garis air (T) 2,57 meter.

#### 4. Variasi Model 4

Pada variabel model 4 menggunakan 2 *step hull* (*Twin step hull*), posisi *step hull* adalah gabungan Variasi model 1 dan 3 jarak antar *step hull* 2 meter. Dengan garis air (T) 2,57 meter.

#### 5. Variasi Model 5

Pada variabel model 5 menggunakan 2 *step hull* (*Twin step hull*), posisi *step hull* adalah gabungan Variasi model 1 dan 2 jarak antar *step hull* 2 meter. Dengan garis air (T) 2,57 meter.

Parameter desain *step hull* pada setiap variasi, dengan kenaikan *step hull* yaitu 20% dari sarat air sebesar 0.51 meter.

Setelah penggambaran 3 dimensi pada software Maxsurf Pro, langkah selanjutnya adalah penggambaran kembali atau Re-desain pada software CFD.

### 4.3.2 CFD Re-desain

Setelah penggambaran 3 dimensi pada software maxsurf, langkah selanjutnya adalah penggambaran kembali atau Re-desain dengan menggunakan software CFD.

Proses pengerjaan Re-desain denan langkah – langkah sebagai berikut :

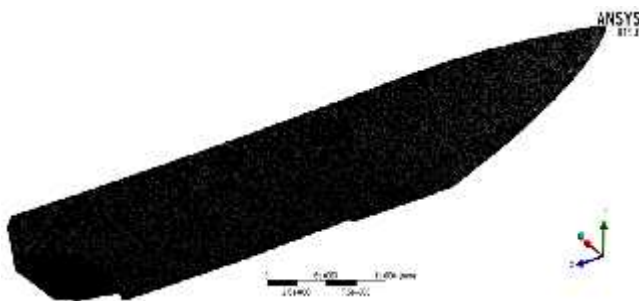
1. Mengkonversi file dari software maxsurf menjadi file berekstensi DXF
2. File yang sudah berekstensi DXF dilakukan proses Re-desain dengan pengaplikasian surface dan meshing model
3. Meshing dilakukan menggunakan Ansys mesh, mesh dibuat cukup padat pada sekitar kapal sehingga gambar menjadi kurang jelas



*Gambar 4.7 Model kapal yang telah di surface*



*Gambar 4.8 Model kapal yang telah di surface*



*Gambar 4.9 Model kapal yang telah di meshing*

#### 4.4 Validasi Model

Validasi model dilakukan untuk membandingkan nilai yang terdapat pada software Maxsurf dengan perhitungan manual yang metode perhitungan dengan menggunakan metode Holtrop. Disini validasi model digunakan untuk menjamin keakuratan dan ketepatan proses simulasi. Setelah dilakukannya proses validasi maka dilanjutkan pada variasi setiap model dan dari setiap variasi model akan disimulasikan. Untuk hasil validasi dari software Maxsurf adalah sebagai berikut :

NO	SPEED	HOLTROP	
	(KNOTS)	RESISTANCE (kN)	POWER (kW)
1	7.3	56.2	210.94
2	9.6	42.5	209.93
3	10.75	46.3	255.94
4	11.9	51.5	315.25
5	13.05	58	389.53
6	14.2	64.8	473.22
7	15.35	71.4	563.99
8	16.5	79.1	671.35
9	17.65	88.8	806.27
10	18.8	101	976.44
11	19.95	113.6	1165.58
12	21.1	126.1	1368.53
13	22.25	138.4	1584.48
14	23.4	150.6	1812.47
15	24.55	162.4	2051.43
16	25.7	172.3	2278.48
17	26.85	182.3	2517.65
18	28	203.1	2789.72

*Tabel 4.1 Data Hasil dari Permodelan Maxsurf*

#### 4.5 Simulasi Model

Setelah model kapal selesai di meshing maka proses simulasi dapat dilakukan dengan CFD Solver. Pada pemograman ini parameter simulasinya berbasis Free Surface. Sehingga perlu dilakukan input parameter sesuai dengan aturan. Pada software CFD ini input parameter meliputi:

- a) Pembentukan geometri benda dan daerah sekeliling benda sebagai domain komputasi.
- b) Pembentukan Grid Generation atau membagi domain yang telah ditentukan menjadi bagian yang lebih kecil (subdomain).
- c) Penentuan fluida yang akan di alirkan, pada simulasi ini menggunakan dua fluida yaitu air dan udara.
- d) Penentuan sifat-sifat fluida, seperti penentuan harga densitas, viskositas, temperatur fluida dan lain-lain.
- e) Penentuan kondisi batas model, lokasi pembuatan kondisi batas model harus ditentukan baik pada daerah sekeliling benda maupun pada aliran yang diperhitungkan.
- f) Diskretisasi dengan substitusi perkiraan – perkiraan tersebut dengan persamaan – persamaan aliran yang berlaku dan berbagai manipulasi matematik.

Simulasi CFD solver juga dilakukan dengan parameter tiga kecepatan yang berbeda, yaitu: 20, 24 dan 28 knot, agar didapatkan hasil berupa trend line yang akan dianalisa.

#### 4.6 Data Hasil Simulasi

Dari tiga variasi model yang telah dibuat, simulasi CFD solver dilakukan dengan input parameter empat kecepatan, yaitu: 20, 24, dan 28 knots. Dari hasil simulasi yang dilakukan, data-data yang diambil dan dianalisa yaitu:

a) Ships Resistance

Hasil data ini merupakan nilai gaya “force (x axis)” pada function calculator CFD solver. Sehingga hasilnya merepresentasikan tahanan kapal.

b) Lift Force

Hasil data ini merupakan nilai gaya “force (y axis)” pada function calculator CFD solver. Sehingga hasilnya merepresentasikan besar gaya angkat kapal.

c) Average Total Pressure

Merupakan nilai tekanan rata-rata yang terdistribusi pada seluruh permukaan lambung kapal.

d) Average Water Velocity

Merupakan kecepatan rata-rata fluida air yang mengalir pada permukaan lambung.

Dengan parameter pendataan yang telah ditentukan, didapatkan data-data hasil simulasi sebagai berikut:

Model	Speed	Resistance	Lift	(Ave) tot press	(Ave) Water Vel
	(knots)	(N)	(N)	(Pa)	(m/s)
1	20	103453	1491710	2948.23	9.43
	24	148142.2	1096692	4249.9	11.91
	28	199701.2	760836	5781.94	13.40
2	20	104406.8	1491710	2959.75	9.43
	24	148616	1100302	4259.81	11.91
	28	200994	764334	5798.66	13.40
3	20	105289.8	1474670	2934.79	9.42
	24	148224.2	1081486	4214.75	11.90
	28	201462	752682	5747.07	13.39
4	20	107256	1479446	2940.14	9.42
	24	151875.6	1087398	4249.99	11.91
	28	204892	686340	5782.85	13.40
5	20	108723	1504746	2986.76	9.44
	24	155715.8	1107508	4301.72	11.93
	28	210042	769022	5848.18	13.42

*Tabel 4.2 Data data hasil simulasi CFD*

#### **4.7 Pembahasan**

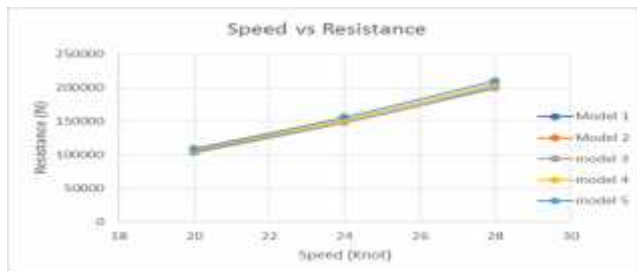
Sesuai dengan tujuan dari skripsi ini, dimana dengan analisa yang dilakukan akan didapatkan posisi step hull pada kapal patroli 60 meter yang paling optimal dengan tinjauan tahanan kapal, gaya angkat (lift) lambung dan aliran fluida (Velocity). Maka dari hasil simulasi, parameter perbandingan yang akan dianalisa adalah sebagai berikut:



- a) Perbandingan parameter tahanan kapal yang terjadi terhadap variasi kecepatan kapal.
- b) Perbandingan parameter tekanan yang terdistribusi diseluruh lambung kapal terhadap variasi kecepatan kapal.
- c) Perbandingan parameter gaya angkat (lift) lambung kapal terhadap variasi kecepatan kapal.
- d) Perbandingan parameter tahanan kapal terhadap gaya angkat (lift) lambung kapal.
- e) Perbandingan parameter kecepatan fluida air (water velocity) terhadap variasi kecepatan kapal.

#### 4.7.1. Perbandingan parameter tahanan kapal yang terjadi terhadap variasi kecepatan kapal.

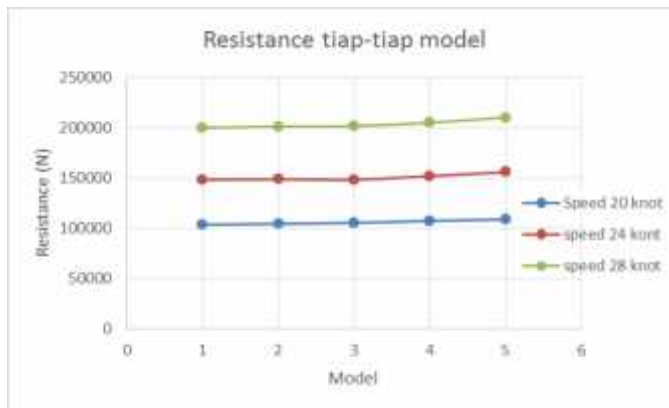
Analisa parameter ini dilakukan untuk menunjukkan variasi model yang paling optimal dari segi tahanan kapal yang terjadi. Dari data yang ada, hasil perbandingan tahanan yang terjadi terhadap variasi kecepatan pada setiap model sebagai berikut:



Gambar 4.10 Grafik speed vs resistance

Pada gambar 4.10 dapat diamati korelasi antara Resistance terhadap Speed yang menunjukkan kenaikan resistance pada tiap kenaikan kecepatan kapal. Kenaikan resistance tersebut terjadi pada model 1, 2, 3, 4 dan 5.

Berikut ini adalah grafik resistance pada tiap-tiap model:



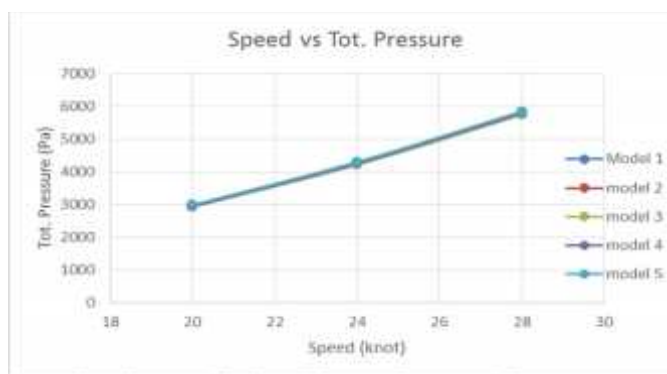
*Gambar 4.11 Grafik resistance setiap model*

Pada gambar 4.11 dapat diamati perubahan resistance pada kecepatan yang sama. Pada model 1 ke 2 mengalami kenaikan resistance pada tiap-tiap kecepatan yang berbeda. Dari model 2 ke 3 terjadi kenaikan resistance pada tiap-tiap kecepatan. Pada model 3 ke 4 dan 4 ke 5 juga mengalami kenaikan resistance pada tiap kecepatan

Dari data dan analisa di atas model 1 yaitu posisi step hull yang terletak pada midship kapal, memiliki nilai resistance yang paling kecil.

#### 4.7.2 Perbandingan parameter total pressure yang terdistribusi diseluruh lambung kapal terhadap variasi kecepatan kapal

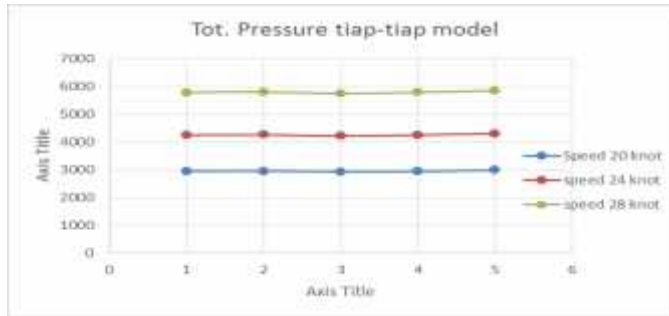
Analisa parameter ini dilakukan untuk menunjukkan tekanan total yang terdistribusi ke seluruh lambung kapal terhadap variasi kecepatan. Dari data yang ada, hasil perbandingan total pressure yang terdistribusi di seluruh lambung kapal terhadap variasi kecepatan kapal pada setiap model sebagai berikut:



Gambar 4.12 Grafik speed vs total pressure

Pada gambar 4.12. dapat diamati korelasi antara speed terhadap total pressure yang terdistribusi ke seluruh lambung kapal. Dari grafik dapat dilihat terjadi trend kenaikan total pressure di setiap bertambahnya kecepatan kapal pada tiap-tiap variasi model. Dari grafik juga dapat dilihat terjadi perbedaan nilai total pressure pada setiap model kapal. Pada model 2 memiliki nilai total pressure yang lebih tinggi di banding model 1, dan pada model 3 memiliki nilai yang lebih rendah dibanding model 1,2,4, dan 5.

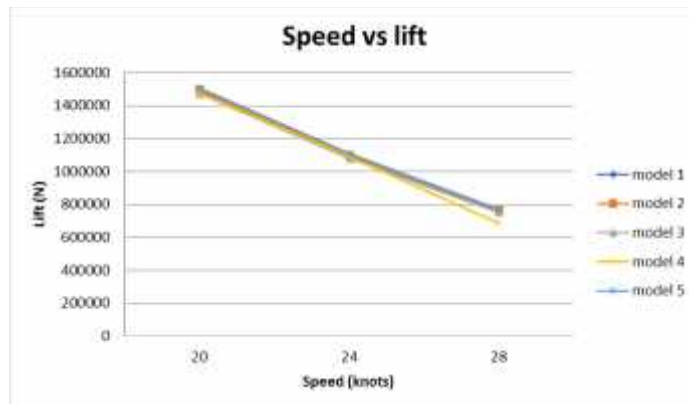
Di bawah ini merupakan grafik perubahan total pressure tiap-tiap model pada tiap kenaikan kecepatan kapal:



Gambar 4.13 Grafik total pressure setiap model

#### 4.7.3 Perbandingan parameter gaya angkat lambung kapal terhadap variasi kecepatan kapal

Analisa parameter ini dilakukan untuk menunjukkan gaya angkat (lift) kapal terhadap variasi kecepatan. Dari data yang ada, hasil perbandingan lift kapal terhadap variasi kecepatan kapal pada setiap model sebagai berikut:

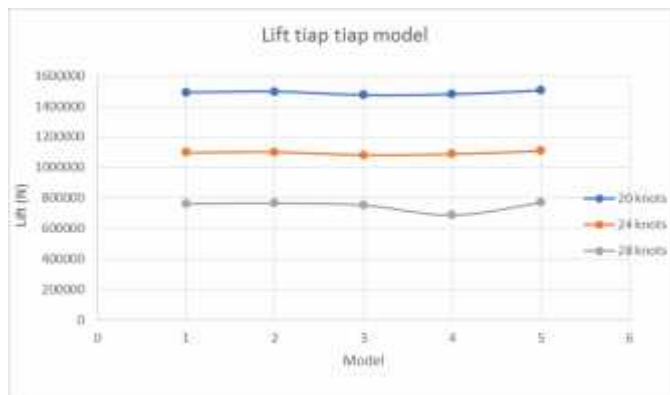


Gambar 4.14 Grafik kecepatan vs gaya angkat

Pada gambar 4.14. dapat diamati korelasi antara speed terhadap gaya angkat (lift) kapal. Dari grafik dapat dilihat terjadi trend penurunan lift di setiap kenaikan kecepatan kapal pada tiap-tiap variasi model. Dari grafik juga dapat dilihat terjadi perbedaan

nilai lift pada setiap model kapal. Pada model 3 memiliki nilai lift yang lebih rendah di banding model 1,2,4 dan 5 pada kecepatan 20 dan 24 knot, sedangkan pada kecepatan 28 knot model 4 memiliki nilai yang lebih rendah.

Di bawah ini merupakan grafik perubahan Lift tiap-tiap model pada tiap kenaikan kecepatan kapal:



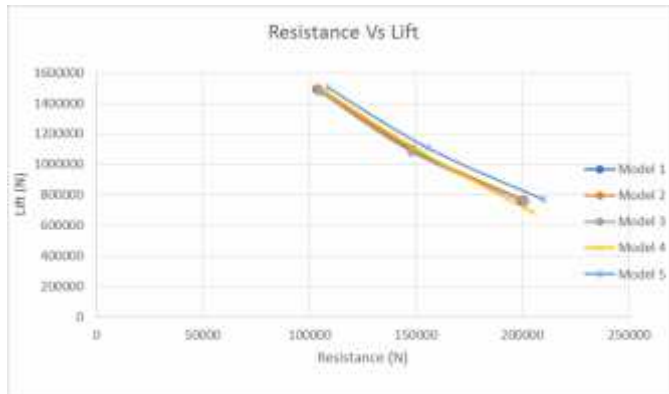
*Gambar 4.15 Grafik gaya angkat setiap model*

Pada gambar 4.15 terlihat jelas perubahan lift pada tiap-tiap modelnya. Terjadi kenaikan dari model 1 ke 2, kemudian dari 2 ke 3 terjadi penurunan nilai lift. Pada posisi model 5 atau posisi twin step hull terletak di midship dan 2 meter dibelakang midship kapal, memiliki nilai lift paling tinggi dibandingkan model lainnya.

#### **4.7.4 Perbandingan parameter tahanan kapal terhadap gaya angkat kapal**

Analisa parameter ini dilakukan untuk menunjukkan korelasi antara nilai tahanan (resistance) kapal terhadap gaya angkat (lift)

kapal. Dari data yang ada, hasil perbandingan tahanan kapal terhadap gaya angkat kapal pada setiap model sebagai berikut:

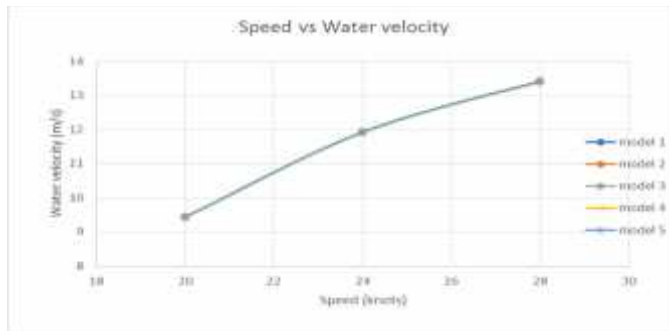


*Gambar 4.16 Grafik Tahanan kapal vs gaya angkat*

Pada gambar 4.16. dapat diamati korelasi antara resistance terhadap gaya angkat (lift) kapal. Dari grafik dapat dilihat terjadi trend penurunan lift di setiap kenaikan tahanan kapal. Dari grafik juga dapat dilihat terjadi perbedaan nilai lift pada setiap model kapal. Pada model 1 memiliki nilai resistance yang lebih rendah di banding model 2,3,4, dan 5.

#### **4.7.5 Perbandingan parameter kecepatan fluida air terhadap variasi kecepatan kapal**

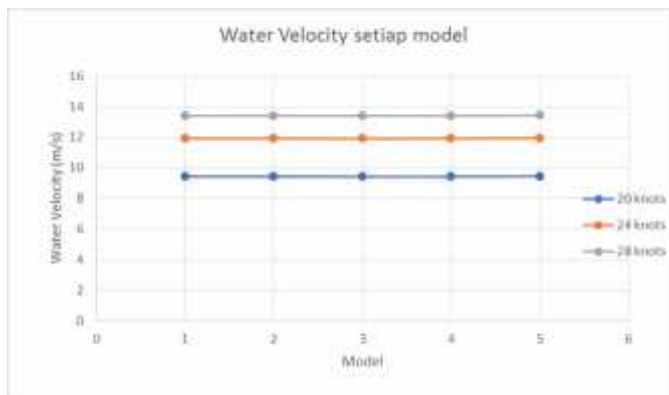
Analisa parameter ini dilakukan untuk menunjukkan korelasi antara nilai tahanan (resistance) kapal terhadap gaya angkat (lift) kapal. Dari data yang ada, hasil perbandingan tahanan kapal terhadap gaya angkat kapal pada setiap model sebagai berikut:



*Gambar 4.17 Grafik Kecepatan vs Kecepatan fluida air*

Pada gambar 4.17 dapat diamati korelasi antara kecepatan (speed) terhadap kecepatan aliran air (water velocity) kapal. Dari grafik dapat dilihat terjadi trend kenaikan kecepatan aliran air di setiap kenaikan kecepatan kapal.

Pada tiap-tiap model memiliki kecepatan aliran air (water velocity) yang berbeda-beda. Untuk melihat perbedaan kecepatan aliran tiap-tiap model bisa dilihat pada grafik dibawah ini:



*Gambar 4.18 Grafik Kecepatan fluida air setiap model*

Pada gambar 4.18. dapat dilihat pada tiap-tiap kecepatan memiliki trend grafik yang sama. Dari model 1 ke 2 terjadi kenaikan nilai kecepatan aliran (water velocity) dan dari model 2 ke

3 mengalami penurunan kecepatan aliran, lalu mengalami kenaikan kembali pada model 3 ke 4, dan 4 ke 5. Kecepatan fluida paling optimum terdapat pada variasi model 5 dengan posisi twin step hull terletak pada midship dan 2 meter di belakang midship kapal



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 KESIMPULAN**

Dari hasil simulasi pada setiap variasi model posisi step hull pada kapal patroli ukuran 60 meter, dapat ditarik beberapa kesimpulan dari setiap variasi model antara lain sebagai berikut:

1. Pada variasi model 1 memiliki nilai tahanan yang paling kecil dibandingkan dengan variasi model 2,3,4, dan 5 sebesar 199701.2 N. Dan juga nilai lift paling tinggi terletak pada variasi model 5 sebesar 769022 N terpaut sedikit dengan variasi model 1 yaitu sebesar 760836 N pada kecepatan 28 knots.
2. Pada variasi model 5 memiliki nilai total pressure yang terdistribusi pada lambung kapal paling besar yaitu sebesar 2986.76 (Pa) pada kecepatan 20 knots, 4301.72 (Pa) pada kecepatan 24 knots, dan 5848.18 pada kecepatan 28 knots.
3. Pada variasi model 5 memiliki nilai water velocity yang terdistribusi pada lambung kapal paling tinggi pada kecepatan 20, 24 dan 28 knot. Nilai tertinggi pada water velocity yang terdistribusi pada lambung kapal adalah sebesar 9.44 m/s pada kecepatan 20 knots, 11.93 m/s pada kecepatan 24 knots dan 13.41 m/s pada kecepatan 28 knots.
4. Dari analisa tersebut, maka ditarik suatu kesimpulan bahwa posisi step hull yang paling tepat adalah pada variasi model 1. Hal ini dikarenakan nilai resistance pada variasi model 1 memiliki nilai resistance yang paling rendah daripada variasi model 2,3,4, dan 5 sebesar 199701.2 N pada kecepatan 28 knots, dan nilai lift juga tidak terpaut terlalu jauh dengan variasi model 5 yaitu sebesar 760836 N pada kecepatan 28 knots. Walaupun nilai water velocity paling tinggi terletak pada variasi model 5 pada kecepatan 20, 24 dan 28 knots, namun selisih antara nilai water velocity terhadap nilai terendah tidak terlalu signifikan.

## 5.2 SARAN

Pada pengerjaan Tugas Akhir ini masih terdapat kekukurangan-kekurangan, diantaranya adalah terbatasnya *source* dan durasi waktu pengerjaan, sehingga ada beberapa variasi dari posisi step hull tidak tersimulasikan dan mungkin memiliki nilai yang lebih optimal.

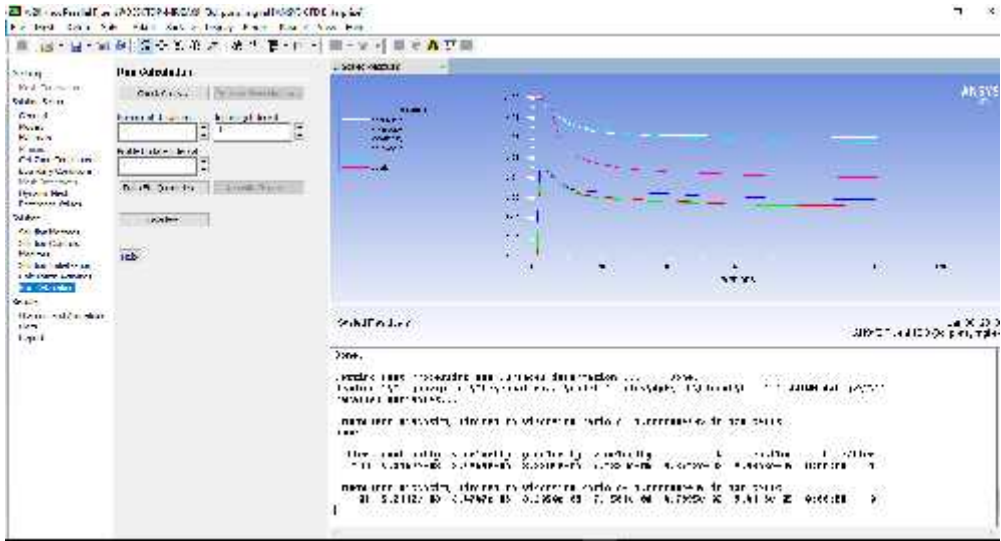
Berdasarkan dari kondisi tersebut, penulis menyarankan pada penelitian-penelitian selanjutnya untuk dilakukan pengujian ulang pada variasi-variasi posisi step hull dengan menggunakan lebih banyak parameter lain untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal.

Selain itu perlu juga disiapkan juga pengetahuan yang cukup tentang metode CFD terutama yang berbasis *Free Surface* agar waktu pengerjaan lebih optimal.

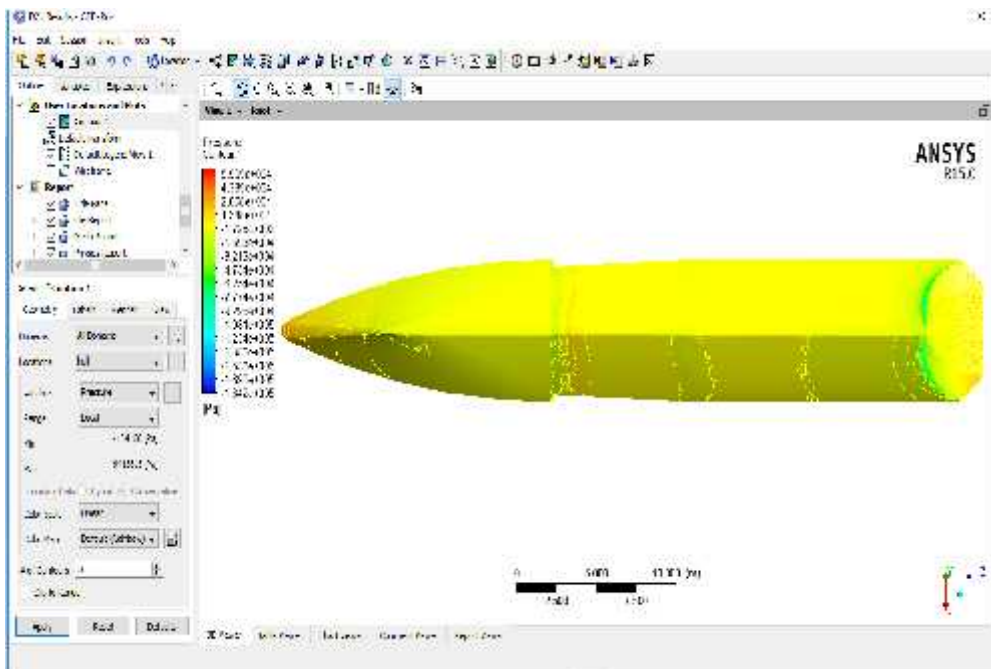
## DAFTAR PUSTAKA

- Harvald, Sv Pa. 1983, "tahanan dan propulsi kapal".  
Airlangga university press, Surabaya
- Adji S.W, 2001, "propulsion of ship". Diktat mata kuliah  
tahanan kapal. Departemen Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan – Institu Teknologi  
Sepuluh November, Surabaya
- Marleys. Smith, 2001. "Speed Boat Development from The Past  
Into The Future"
- Harrington, Roy L. 1992. Marine Engineering. The  
Society Of Naval Architects And Marine Engineers 601.  
Pavonia Avenue, Jersey City.
- Holtrop, J. and Mennen, G.G.J., 'An approximate  
power prediction method', International Shipbuilding  
Progress, Vol. 29, July 1982.
- Kobus Potieter. " Understanding design and  
performance stepped hulls".
- Watson, D.G.M, "practical ship Desain ", Elsevier,  
1998.

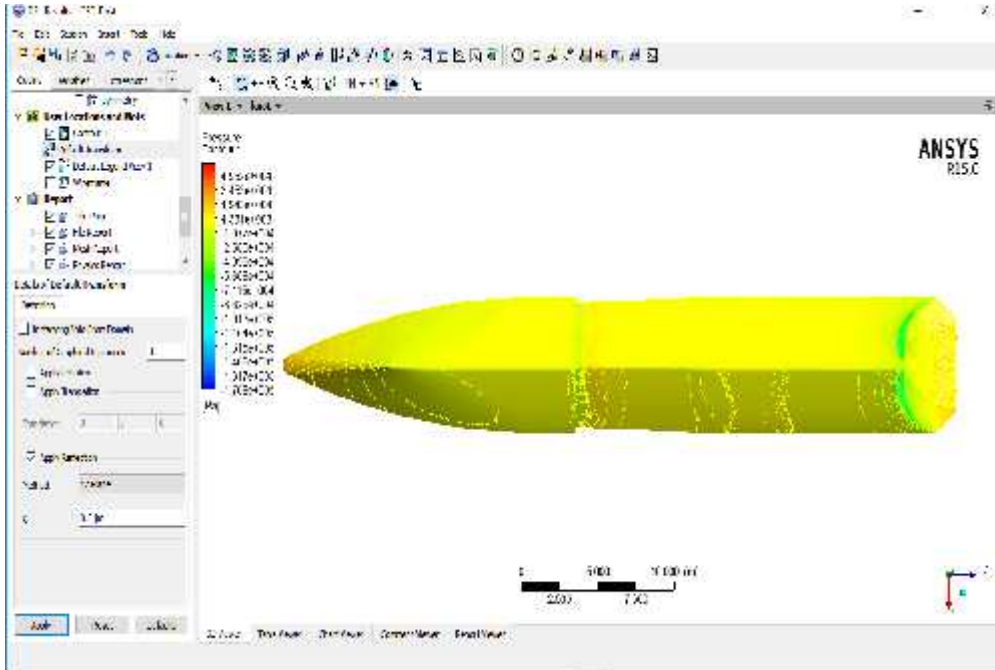
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



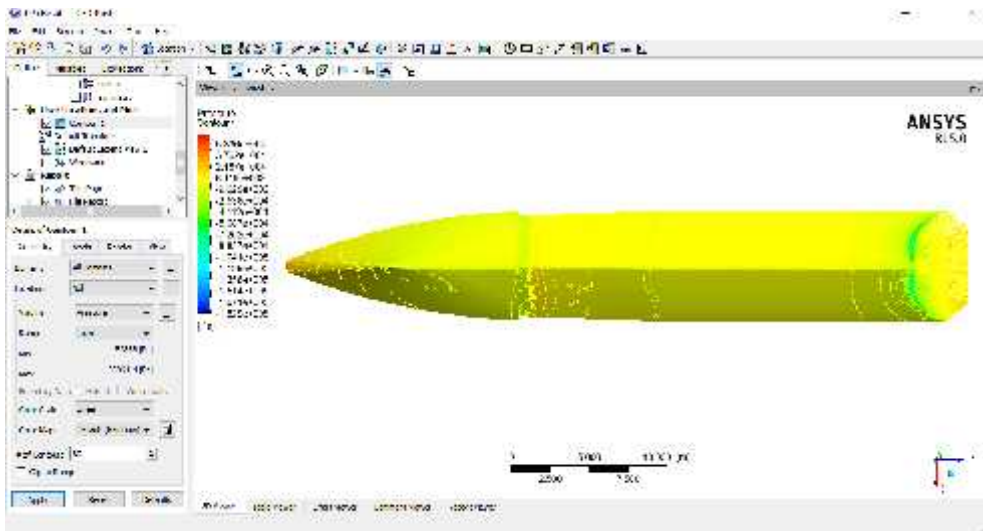
Plot konvergensi pengujian/simulasi



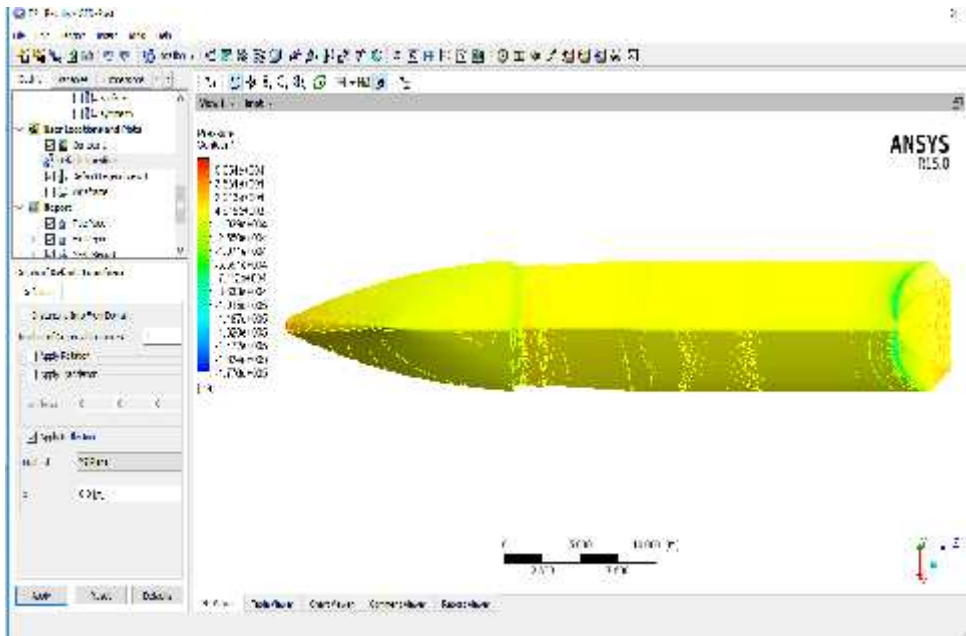
Model 1



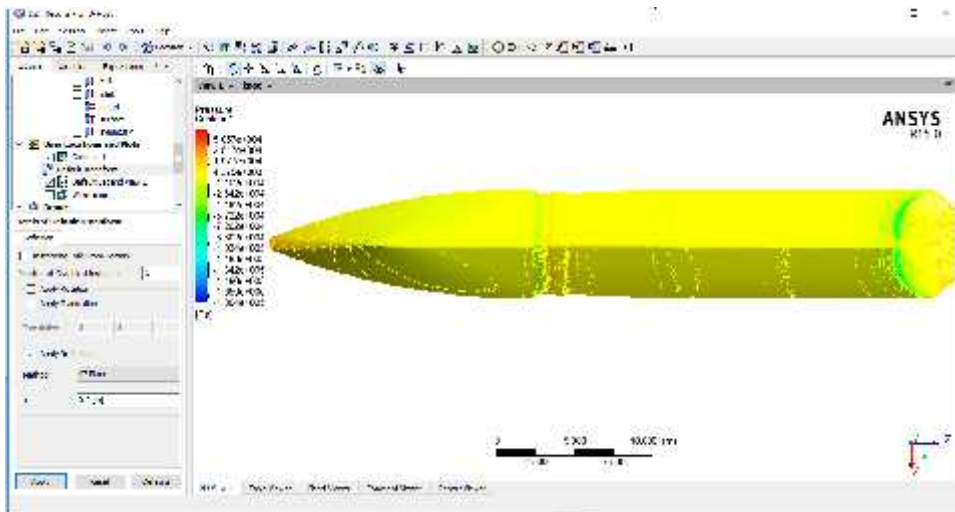
Model 2



Model 3



Model 4



Model 5

Maxsurf-3

File Edit View Analysis Setup Tools Windows Help

Maxsurf-3

File Edit View Analysis Setup Tools Windows Help

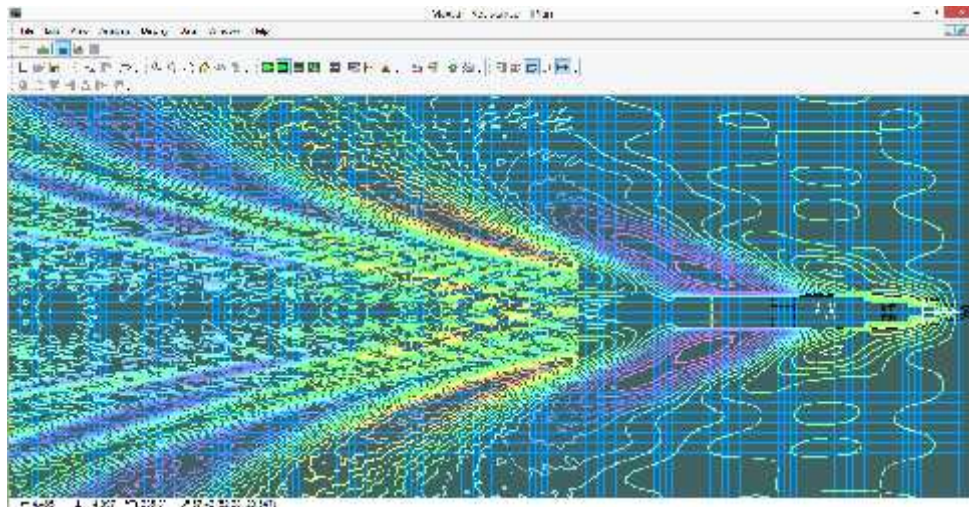
Menu icons: [File] [Edit] [View] [Analysis] [Setup] [Tools] [Windows] [Help]

0 0 7 4 2 7 7

Order	Item Code	Item Name	Volume	Weight	Center of Gravity	Moment about X	Moment about Y	Moment about Z	Product of Inertia	Product of Inertia	Product of Inertia	Product of Inertia	Product of Inertia	Product of Inertia	Product of Inertia	Product of Inertia	Product of Inertia
1	001	001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	002	002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	003	003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	004	004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	005	005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	006	006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	007	007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	008	008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9	009	009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	010	010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

F6

### Data Pemodelan maxsurf



### Validasi Maxsurf



## BIODATA PENULIS



Penulis mempunyai nama lengkap Bayu Rizal Bachri, Penulis lahir di Lamongan, pada tanggal 31 Januari 1994, penulis merupakan anak ke 2 dari 4 bersaudara. Penulis juga telah menempuh pendidikan formal sekolah antara lain yaitu SDN 1 Sukorame, SMP N 1 Sukorame, SMA N 1 Bluluk. Setelah lulus dari SMA pada tahun 2011, penulis melanjutkan ke jenjang kuliah D-3 Jurusan Teknik Bangunan Kapal di Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya dan lulus pada tahun 2014. Penulis melanjutkan

kuliah ke jenjang S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember melalui jalur Lintas Jalur (LJ) pada semester genap tahun 2014. Dengan NRP 4214106012. Penulis mengambil bidang studi Marine Machinery & System (MMS) di Departemen Teknik Sistem Perkapalan.

Bayu Rizal Bachri

4214106012

[rizalbayu31@gmail.com](mailto:rizalbayu31@gmail.com)