

**STUDI TAHANAN KAPAL CEPAT AKIBAT PENGARUH
BENTUK STEPPED V DAN DEADRISE ANGLE 15
DERAJAT MENGGUNAKAN AUTODESK CFD**

SKRIPSI

*Diajukan guna memenuhi persyaratan untuk meraih gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas
Hasanuddin*



IRNANTO EKO HANDAYANI DAMPANG

D31115002

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN GOWA**

2021

**STUDI TAHANAN KAPAL CEPAT AKIBAT PENGARUH
BENTUK STEPPED V DAN DEADRISE ANGLE 15
DERAJAT MENGGUNAKAN AUTODESK CFD**

SKRIPSI

*Diajukan guna memenuhi persyaratan untuk meraih gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas
Hasanuddin*



IRNANTO EKO HANDAYANI DAMPANG

D31115002

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN GOWA**

2021

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam mengikuti Seminar dan Ujian Akhir guna memperoleh gelar Sarjana Teknik Perkapalan Program Studi Strata Satu (S1) pada Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar

Judul Skripsi

STUDI TAHANAN KAPAL CEPAT AKIBAT PENGARUH BENTUK STEPPED V DAN DEADRISE ANGLE 15 DERAJAT MENGGUNAKAN AUTODESK CFD

Disusun Oleh :

Irnanto E.H. Dampang
D31115002

Gowa, 21 Oktober 2021

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing I

Ir. Lukman Bochari, MT.
Nip. 19581127 198803 1 001

Pembimbing II

Ir. Rosmani, MT.
Nip. 19600620 198802 2 001

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Dr. Eng. Suandar Baso, ST., MT.
Nip. 19730206 200012 1 002



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Imanto Eko Handayani Dampang

NIM : D311 15 002

Program Studi : Teknik Perkapalan

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Studi Tahanan Kapal Cepat Akibat Pengaruh Bentuk *Stepped V* Dan *Deadrise Angle*
15 Derajat Menggunakan *Autodesk CFD*

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar – benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 21 Oktober 2021

Yang menyatakan


Imanto Eko Handayani Dampang

ABSTRAK

Irnanto Eko Handayani Dampang/D311 15 002. "STUDI TAHANAN KAPAL CEPAT AKIBAT PENGARUH BENTUK STEPPED DAN DEADRISE ANGLE 15 DERAJAT MENGGUNAKAN AUTODESK CFD". (Dibimbing oleh Ir. Lukman Bochari, MT. dan Ir. Rosmani, MT.)

Trend desain kapal cepat mengalami perubahan atau modifikasi guna mendapatkan desain kapal yang menjamin performa dan keselamatan saat berlayar di lautan, salah satunya pada modifikasi *hull*. Salah satu cara modifikasi *hull* ialah penambahan bentuk *stepped hull*. Prinsip dari penggunaan *stepped hull* adalah mengurangi permukaan basah (*wetted surface area*) karena timbulnya turbulensi dibawah badan kapal. Desain bentuk *stepped* yang diteliti yaitu model *stepped V* dengan luas penampang yaitu sekitar 4,1899 m². Jumlah dari *stepped* yang dimodelkan dikategorikan satu, dua dan tiga *stepped hull*. Tiga kondisi lambung diasumsikan menjadi 3 tingkatan kemiringan yaitu kondisi trim buritan 1°, trim buritan 2°, dan 3° trim buritan. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode numerik dengan bantuan *software Maxsurf Modeller* dan *Rhinocero 6* untuk melakukan pemodelan kapal serta *Autodesk CFD* untuk melakukan proses analisa nilai tahanan kapal. Kenaikan nilai tahanan yang terbesar terjadi pada model 1 *stepped V* pada nilai FnV 2,26 sampai 3,27 yaitu sebesar 0,71 % dan mengalami penurunan 1,32 % pada nilai FnV 4,12 sampai 4,97. Pada kondisi trim 1° kapal mengalami penurunan tahanan pada penambahan jumlah *stepped* dari model tanpa *stepped* ke model 1 *stepped V* sebesar 6,73% yaitu dari 1973 N ke 1848 N. Dan pada penambahan jumlah 1 *stepped V* ke jumlah 2 *stepped V* sebesar 35% yaitu dari 1846 N ke 1198 N. Dan pada penambahan jumlah *stepped* dari 2 *stepped V* ke 3 *stepped V* sebesar 25% yaitu sebesar 1198 N ke 727 N. Tahanan total kapal cenderung mengecil seiring dengan penambahan *stepped* dari bentuk lambung 1 *stepped* sampai bentuk lambung 3 *stepped* serta semakin tinggi derajat trim maka nilai dari tahanan kapal akan berkurang disebabkan luas permukaan basah berkurang walaupun pada kecepatan yang sama.

Kata Kunci : Semi Planing Hull, Stepped, Trim Kapal, Tahanan Kapal, Metode Numerik

ABSTRACT

Irianto Eko Handayani Dampang/D311 15 002. “**THE STUDY OF FAST SHIP RESISTANCE DUE TO STEPPED AND DEADRISE ANGLE 15 DEGREES INFLUENCE USING CFD AUTODESK**”. (Supervised by Ir. Lukman Bochari, MT. and Ir. Rosmani, MT.)

Fast ship design trend undergo changes or modifications to get a ship design that ensures performance and safety when sailing in the ocean, one of it is hull modification. One way to modificate the hull is by reducing the wetted surface area due to the onset of turbulence under the ship's body. The stepped shape design that studied is the stepped V model with a cross-sectional area of about 4.1899 m². The number of stepped modeled is categorized as one, two and three stepped hulls. Three hulls conditions are assumed to be 3 degrees of tilt, namely the condition of stern trim 1⁰, stern trim 2⁰ and stern trim 3⁰. The method used in this study was numerical methods with the help of Maxsurf Modeller and Rhinocero 6 software to perform ship modeling and Autodesk CFD to conduct the process of analyzing the value of ship resistance. The largest increase in the resistance value occurred in the model 1 stepped V at FnV value 2.26 to 3.27 which was 0.71% and decreased by 1.32% in FnV value of 4.12 to 4.97. In the condition of trim 1⁰, it resistance decreased on the addition of the number of stepped from the model without stepped to model 1 stepped V 6.73% that is from 1973 N to 1848 N. Meanwhile in the addition of the number of stepped V to 3 stepped V by 25% which is 1198 N to 727 N. The total of ship resistance tends to shrink along with addition of stepped from the shape of the hull 1 stepped to the shape of the hull 3 stepped and the higher the degree of trim then the value of the ship's resistance will be reduced because the wet surface area decreases even at the same speed.

Key words: Semi Hull Planning, Stepped, Ship's Trim, Ship Resistance, Numerical Method

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Yang Maha Kuasa, atas limpahan berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul

STUDI TAHANAN KAPAL CEPAT AKIBAT PENGARUH BENTUK STEPPED V DAN DEADRISE ANGLE 15 DERAJAT MENGGUNAKAN AUTODESK CFD

Pengerjaan tugas akhir ini merupakan persyaratan bagi setiap mahasiswa untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada program Studi Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penyusun menyadari bahwa penyelesaian tugas akhir ini adalah suatu kebanggaan tersendiri bagi penyusun karena tantangan dan hambatan yang menghadang selama mengerjakan tugas akhir ini dapat terlewati dengan usaha dan upaya yang sungguh-sungguh dari penulis.

Didalam pengerjaan skripsi ini telah melibatkan banyak pihak yang sangat membantu dalam banyak hal. Oleh sebab itu, disini penulis sampaikan rasa terima kasih sedalam – dalamnya kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, Ayahanda David dan Ibunda Lince Salikunna atas kesabaran, pengorbanan, nasehat dan yang terutama doa yang tak putus – putusnya selama ini sehingga penulis dapat menyelesaikan studi dengan baik dan untuk saudara tercinta yang telah memberikan support dan semangat tiada henti: Fidel Dampang, Marchal Marquino P. Dampang dan Marcvel Marviano P. Dampang adik-adik tercinta serta, keluarga angkat saya Akbar Untung yang tercinta atas dukungannya.
2. Bapak Ir. Lukman Bochary, MT. selaku dosen pembimbing I dan Ibu Ir. Hj. Rosmani, M.T selaku pembimbing II yang telah banyak memberikan kesabaran dalam membimbing dan mendidik penulis dalam pengerjaan skripsi ini.
3. Ibu Ir. Hj. Rosmani, M.T dan Ibu Dian Eka ST., MT selaku dosen laboratorium hidrodinamika.

4. Bapak Dr. Eng. Suandar Baso, ST., MT. Selaku Ketua Departemen Teknik Perkapalan Universitas Hasanuddin.
5. Bapak Dr. Ir. Ganding Sitepu, Dipl.-Ing selaku Penasehat Akademik yang selalu membimbing dan mendidik penulis selama masa perkuliahan ini.
6. Seluruh Dosen Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala kebaikan dan kemurahan hatinya.
7. Seluruh staff Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala kebaikan dan kesabarannya selama penulis mengurus segala persuratan di kampus.
8. Kepada teman-teman Program Studi Teknik Perkapalan Angkatan 2015 terima kasih atas segala suka dan duka yang kita alami bersama yang menjadikan penulis bisa tumbuh dewasa dalam pikiran dan perbuatan.
9. Kepada teman-teman dan adik adik 2017 seperjuangan skripsi (Izarman Sutarya, dan Fadel dkk angkatan 2017), untuk memperoleh gelar sarjana memang tidak mudah kawan tapi kita dapat melewatinya.
10. Kepada kanda-kanda senior dan adik-adik junior yang penulis tak bisa sebutkan satu persatu.
11. Kepada teman teman KKN Posko Sugiale yang telah mewarnai hari-hari saya selama ber-KKN di Kabupaten Bone.
12. Yang terakhir penulis ucapkan terima kasih untuk seluruh pihak baik secara langsung maupun tidak langsung yang memiliki peranan dan kontribusi di dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penyusun menyadari dengan sepenuh hati bahwa didalam tugas akhir ini masih banyak terdapat kesalahan maupun kekurangan. Untuk itu peneliti memohon maaf dan meminta kritikan yang bersifat membangun demi kesempurnaan penelitian ini. Akhir kata penulis berharap semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi peneliti sendiri maupun bagi semua pihak yang berkenan untuk membaca dan mempelajarinya.

Makassar, Oktober 2021

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	
KATA PENGANTAR.....	I
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR NOTASI.....	v
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Kapal	6
2.2 Kapal Cepat (<i>High Speed Craft</i>).....	7
2.3 Karakteristik Kapal Cepat	10
2.4 <i>Stepped Hull</i>	12
2.5 Trim Kapal	15
2.6 Tahanan Kapal.....	17
2.7 <i>Maxsurf Pro</i>	20
2.7.1 <i>Maxsurf Modeller</i>	21
2.7.2 <i>Maxsurf Resistance</i>	24
2.8 Aliran Fluida.....	27

2.9 Autodesk CFD.....	28
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	30
3.1 Lokasi dan waktu Penelitian.....	30
3.2 Jenis Penelitian.....	30
3.3 Metode Pengumpulan Data.....	30
3.4 Metode Pengolahan Data.....	30
3.4.1 Data Kapal.....	31
3.4.2 Pemodelan Kapal Cepat dengan <i>Stepped</i>	32
3.4.3 Pemodelan Ulang dengan <i>Rhinocero 6</i>	37
3.4.4 Simulasi CFD.....	40
3.4.5 Verifikasi.....	45
3.4.6 Analisis Data.....	46
3.4.7 Kesimpulan	47
3.5 Kerangka Pikir.....	48
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	49
4.1 Visualisasi <i>velocity magnitude</i> dan <i>static preasure</i>	49
4.2 Nilai <i>Residual in</i> dan <i>Residual out</i>	63
4.3 Prediksi Tahanan Model Kapal.....	64
4.4 Prediksi Tahanan Kapal.....	68
BAB V PENUTUP.....	73
5.1 Kesimpulan.....	73
5.2 Saran.....	74
DAFTAR PUSTAKA	75
LAMPIRAN.....	76

DAFTAR NOTASI

Loa	= Panjang keseluruhan kapal (m)
Lwl	= Panjang garis air kapal (m)
v	= Kecepatan kapal (knot)
g	= percepatan gravitasi bumi (m/s^2)
Rn	= Angka Reynold
Fn	= Angka Froude
FnV	= Froud Number Volume
Cw	= Koefisien waterline
Cb	= Koefisien blok
Slr	= Rasio kecepatan dan panjang kapal
Pc	= Koefisien propulsif
SHP	= Shaft Horse Power (HP)
DHP	= Delivery Horse Power (HP)
EHP	= Efficiency Horse Power (HP)
Rt	= Tahanan total (Kn)
L _r	= Skala model
L _m	= Panjang model (m)
L _p	= Panjang Kapal (m)
V _m	= Kecepatan model (m/s)
V _p	= Kecepatan Kapal (m/s)

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Ukuran utama kapal penumpang cepat	31
Tabel 3.2	Ukuran model kapal skala 1/15	41
Tabel 3.3	Ukuran <i>boundary</i> layer tangki pengujian skala 1/15.....	41
Tabel 3.4	Statistik <i>mesh</i> model kapal satu <i>stepped V</i>	43
Tabel 3.5	Statistik <i>mesh</i> model kapal dua <i>stepped V</i>	43
Tabel 3.6	Statistik <i>mesh</i> model kapal tiga <i>stepped V</i>	43
Tabel 4.2.1	Nilai <i>Residual in</i> dan <i>Residual out</i> model kapal tanpa <i>stepped</i>	63
Tabel 4.2.2	Nilai <i>Residual in</i> dan <i>Residual out</i> model kapal 1 <i>stepped</i>	63
Tabel 4.2.3	Nilai <i>Residual in</i> dan <i>Residual out</i> model kapal 2 <i>stepped</i>	63
Tabel 4.2.4	Nilai <i>Residual in</i> dan <i>Residual out</i> model kapal 3 <i>stepped</i>	63
Tabel 4.3.1	Nilai tahanan dan koefisien tahanan model V15 tanpa <i>stepped</i>	65
Tabel 4.3.2	Nilai tahanan dan koefisien tahanan model V15 satu <i>stepped</i>	65
Tabel 4.3.3	Nilai tahanan dan koefisien tahanan model V15 dua <i>stepped</i>	65
Tabel 4.3.4	Nilai tahanan dan koefisien tahanan model V15 tiga <i>stepped</i>	66
Tabel 4.3.5	Nilai FnV dan tahanan model kapal <i>stepped V15</i>	67
Tabel 4.4.1	Nilai FnV dan tahanan kapal V15 tanpa <i>stepped</i>	69
Tabel 4.4.2	Nilai FnV dan tahanan kapal V15 satu <i>stepped</i>	69
Tabel 4.4.3	Nilai FnV dan tahanan model V15 dua <i>stepped</i>	70
Tabel 4.4.4	Nilai FnV dan tahanan model V15 tiga <i>stepped</i>	70
Tabel 4.4.5	Nilai FnV dan tahanan kapal <i>stepped V15</i>	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kapal penumpang cepat	8
Gambar 2.2. Bentuk-bentuk lambung kapal untuk kategori <i>displacement hull</i> ...	10
Gambar 2.3 Visualisasi <i>Stephull</i>	14
Gambar 2.4 Kapal dengan Step melintang	14
Gambar 2.5 Perhitungan antara sudut trim Rt/Δ , dan Kecepatan	15
Gambar 2.6 Posisi <i>Stephull</i> di midship lebih optimal disbanding dengan posisi yang lebih ke haluan.....	15
Gambar 2.7 Kapal Kondisi <i>Even Keel</i>	16
Gambar 2.8 Kapal Kondisi Trim <i>by Stern</i>	16
Gambar 2.9 Kapal Kondisi Trim <i>by Head</i>	16
Gambar 2.10. Sistem koordinat 3D model <i>maxsurf</i>	22
Gambar 2.11 Tampilan <i>Workspace</i> pada <i>Maxsurf Modeller</i>	24
Gambar 2.12 Tampilan <i>Workspace</i> pada <i>Maxsurf Resistance</i>	27
Gambar 3.1 Linesplan Kapal pada <i>software autocad</i>	31
Gambar 3.2 Body plan kapal dengan variasi <i>Deadrise Angle</i> 15°	32
Gambar 3.3 Sketsa peletakan <i>stepped</i> kapal	33
Gambar 3.4 Tampilan awal model kapal tanpa <i>stepped</i> pada <i>Maxsurf Modeller</i> ..	34
Gambar3.5 Tampilan awal penambahan <i>stepped</i> pada kapal berbentuk <i>Deadrise Angle</i>	34
Gambar 3.6 Tampak bawah penampang 1 <i>stepped</i> pada kapal berbentuk <i>Deadrise Angle</i>	35
Gambar 3.7 Tampak samping kapal berbentuk <i>Deadrise Angle</i> dengan penampang 1 <i>stepped</i>	35
Gambar 3.8 Proses <i>Trimming</i> pada <i>surface</i> yang saling berpotongan	36
Gambar 3.9 Tampak kapal berbentuk lambung <i>Deadrise Angle</i> dengan 1 <i>stepped bentuk V</i>	37
Gambar 3.10 Hasil import ke dalam aplikasi <i>Rhinoceros 6</i>	37
Gambar 3.11 Hasil model <i>closed solid</i>	38
Gambar 3.12 Hasil pemotongan <i>freeboard</i> dan <i>boundary layer</i>	38

Gambar 3.13 Kondisi kapal tanpa <i>stepped</i> saat trim buritan	39
Gambar 3.14 Kondisi kapal satu <i>steppe</i> saat trim buritan	39
Gambar 3.15 Kondisi kapal dua <i>stepped</i> saat trim buritan	39
Gambar 3.16 Kondisi kapal tiga <i>stepped</i> saat trim buritan	39
Gambar 3.17 Visualisasi tahap <i>geometry</i> model kapal dan <i>boundary layer</i>	40
Gambar 3.18 Visualisasi input material model kapal dan <i>boundary layer</i>	41
Gambar 3.19 Visualisasi <i>input boundary condition</i> model kapal dan <i>boundary layer</i>	42
Gambar 3.20 Visualisasi <i>mesh sizing</i> model kapal dan <i>boundary layer</i>	43
Gambar 3.21 Visualisasi tahap <i>clone</i> model kapal dan <i>boundary layer</i>	44
Gambar 3.22 Visualisasi tahap <i>solve</i> model kapal dan <i>boundary layer</i>	45
Gambar 3.23 Kerangka pikir penelitian	48
Gambar 4.1 <i>Linesplan</i> kapal pada <i>autocad</i> hasil <i>import</i> ke <i>dxg</i>	49
Gambar 4.2 Pemodelan 3 dimensi kapal penumpang cepat SS 44.....	50
Gambar 4.3 <i>Linesplan</i> desain kapal dengan lambung <i>Deadrise Angle 15°</i>	50
Gambar 4.4 Desain kapal dengan Lambung <i>Deadrise Angle 15°</i>	50
Gambar 4.5 Desain model kapal 1 <i>stepped</i> dengan sudut <i>Deadrise 15°</i>	51
Gambar 4.6 Desain model kapal 2 <i>stepped</i> dengan sudut <i>Deadrise 15°</i>	52
Gambar 4.7 Desain model kapal 3 <i>stepped</i> dengan sudut <i>Deadrise 15°</i>	52
Gambar 4.8 Tahap <i>velocity magnitude</i>	53
Gambar 4.9 Tahap <i>velocity magnitude traces</i> model kapal	53
Gambar 4.10 Visualisasi <i>velocity magnitude</i> model kapal V tanpa <i>stepped</i>	54
Gambar 4.11 Visualisasi <i>velocity magnitude</i> model kapal V satu <i>stepped</i>	55
Gambar 4.12 Visualisasi <i>velocity magnitude</i> model kapal V dua <i>stepped</i>	56
Gambar 4.13 Visualisasi <i>velocity magnitude</i> model kapal V tiga <i>stepped</i>	57
Gambar 4.14 Tahap <i>velocity magnitude</i> model kapal	58
Gambar 4.15 Visualisasi <i>static preassure</i> model kapal V tanpa <i>stepped</i>	59
Gambar 4.16 Visualisasi <i>static preassure</i> model kapal V satu <i>stepped</i>	60
Gambar 4.17 Visualisasi <i>static preassure</i> model kapal V dua <i>stepped</i>	61
Gambar 4.18 Visualisasi <i>static preassure</i> model kapal V tiga <i>stepped</i>	62
Gambar 4.2.1 Nilai <i>Residual in</i> dan <i>Residual out</i> model kapal tanpa <i>stepped</i> V...63	

Gambar 4.2.2 Nilai <i>Residual in</i> dan <i>Residual out</i> model kapal 1 <i>stepped V</i>	63
Gambar 4.2.3 Nilai <i>Residual in</i> dan <i>Residual out</i> model kapal 2 <i>stepped V</i>	63
Gambar 4.2.4 Nilai <i>Residual in</i> dan <i>Residual out</i> model kapal 3 <i>stepped V</i>	63
Gambar 4.3.1 Grafik <i>froud number volume</i> (Fnv) dan tahanan model kapal V tanpa <i>stepped</i>	65
Gambar 4.3.2 Grafik <i>froud number volume</i> (Fnv) dan tahanan model kapal V satu <i>stepped</i>	65
Gambar 4.3.3 Grafik <i>froud number volume</i> (Fnv) dan tahanan model kapal V dua <i>stepped</i>	66
Gambar 4.3.4 Grafik <i>froud number volume</i> (FnV) dan tahanan model kapal V tiga <i>stepped</i>	67
Gambar 4.3.5 Grafik hubungan antara <i>froud number volume</i> (FnV) dan tahanan model kapal <i>stepped V 15°</i>	68
Gambar 4.4.1 Grafik hubungan antara FnV dan tahanan kapal V tanpa <i>stepped</i>	69
Gambar 4.4.2 Grafik hubungan antara FnV dan tahanan kapal V satu <i>stepped</i>	69
Gambar 4.4.3 Grafik hubungan antara FnV dan tahanan kapal V dua <i>stepped</i>	70
Gambar 4.4.4 Grafik hubungan antara FnV dan tahanan kapal V tiga <i>stepped</i>	70
Gambar 4.4.5 Grafik hubungan antara <i>froud number volume</i> (FnV) dan tahanan kapal <i>stepped V 15°</i>	71

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Tabel <i>Offset Lines Plan</i> Kapal Penumpang Cepat SS 44	73
Lampiran 2: Ukuran utama Model Kapal	74
Lampiran 3: Hasil Perhitungan <i>wall calculator</i> tahanan model kapal	75
Lampiran 4: Penentuan skala model	90

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kapal merupakan sebuah bangunan sistemik yang digunakan manusia sebagai sarana untuk melakukan segala aktifitas di wilayah perairan. Aktifitas tersebut diantaranya eksplorasi, pelayaran, penelitian ekosistem laut, penyebrangan, penangkapan ikan dan tentunya pengangkutan barang dan manusia yang dijadikan sebagai muatan kapal. Adanya beragam fungsi dari aktifitas kapal tersebut membuat para ahli perancang kapal membuat kapal dengan ukuran dan bentuk yang sesuai dengan operasinya.

Salah satu fungsi utama dari sebuah kapal adalah sebagai moda transportasi laut. Wilayah Negara Indonesia sebagai negara kepulauan terbesar di dunia membutuhkan jaringan pergerakan antar pulau untuk pemenuhan kebutuhan barang dan jasa. Jaringan transportasi laut diperlukan untuk menghubungkan pelabuhan yang satu dengan pelabuhan yang lainnya. Sehingga sistem transportasi yang efisien dan efektif sangat berperan penting untuk peningkatan ekonomi nasional.

Salah satu trend moda transportasi untuk penyebrangan antar pulau dan daerah adalah kapal penyebrangan kapal *ferry roll on roll off* atau yang biasa dikenal dengan kapal ro-ro atau feri ro-ro. Kapal feri ro-ro ini berfungsi untuk mengangkut penumpang dan kendaraan beserta muatannya.

Selain kapal feri ro-ro terdapat pula kapal penumpang cepat (*high speed ferry*) yang hadir sebagai alternatif pilihan untuk penyebrangan antar daerah bagi calon penumpang. Kapal penumpang cepat dalam perencanaan lambung kapal dikenal tiga jenis rancangan bentuk kapal, yaitu planing hullship, semi planing hull dan displacement hull.

Desain kapal cepat mengalami perubahan dan modifikasi untuk mendapatkan desain kapal yang menjamin performa dan keselamatan saat berlayar di laut, salah

satunya pada modifikasi *hull*. Salah satu cara pada modifikasi *hull* ini ialah penambahan bentuk *stepped hull*. Prinsip dari penggunaan *stepped hull* adalah mengurangi permukaan basah (*wetted surface area*) karena timbulnya turbulensi di bawah badan kapal dan akan menambah gaya tekan ke atas yang akan mengurangi tahanan kapal serta menghasilkan kecepatan yang lebih tinggi. (Garland, W. R., (2010) melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui besar hambatan pada kapal tipe lambung v yang menggunakan desain *stepped* bertangga.

Tahanan (*resistance*) model kapal yaitu tahanan yang diperoleh dari analisis pada *software* Autodesk CFD. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, mengatakan bahwa perubahan nilai tahanan sebuah kapal dipengaruhi oleh luas permukaan kapal yang terendam air. Hal ini dibuktikan dengan semakin tinggi derajat trim maka nilai dari tahanan akan berkurang disebabkan oleh panjang garis air berkurang walaupun pada kecepatan yang sama.

Berdasarkan penelitian tersebut, penulis tertarik untuk mengkaji tentang tahanan kapal, akibat pengaruh bentuk *stepped* dengan judul:

**“STUDI TAHANAN KAPAL CEPAT AKIBAT PENGARUH BENTUK
STEPPED V DAN DEADRISE ANGLE 15 DERAJAT
MENGUNAKAN AUTODESK CFD”**

1.2 Rumusan Masalah

Adapun permasalahan yang terkait penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berapa besar nilai tahanan pada model kapal berbentuk lambung *deadrise angle* 15° dengan variasi jumlah *stepped*, dengan menggunakan *Software Autodesk CFD*.
2. Berapa besar perubahan nilai tahanan pada model kapal berbentuk lambung *deadrise angel* 15° dengan variasi berbentuk lambung bertangga pada beberapa kondisi trim buritan menggunakan *Software Autodesk CFD*.
3. Bagaimana pengaruh penggunaan *stepped* terhadap nilai tahanan kapal.

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan diatas, maka perlu adanya batasan masalah untuk membatasi ruang lingkup dan mempermudah batasan. Adapun batasan masalah penelitian adalah sebagai berikut:

1. Model kapal yang diteliti adalah kapal feri penumpang cepat SS 44 semi *Planning hull*.
2. Perhitungan model tahanan dilakukan pada kondisi air tenang (*still-water*).
3. Perhitungan nilai tahanan tidak mempertimbangkan komponen nilai tambahan (*Appendages*).
4. Perhitungan nilai tahanan yaitu pada berbagai kondisi yang digunakan yaitu kondisi satu derajat, dua derajat, dan tiga derajat kemiringan.
5. Perhitungan nilai tahanan dengan tiga variasi kecepatan yaitu 10 knot, 20 knot, dan 25 knot.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengetahui besar nilai tahanan pada model kapal berbentuk lambung *deadrise angle* 15° dengan variasi jumlah *stepped*, dengan menggunakan *Software Autodesk CFD*.
2. Mengetahui besar perubahan nilai tahanan model kapal menggunakan berbentuk lambung *deadrise angle* 15° dengan variasi berbentuk lambung bertangga pada beberapa kondisi trim buritan menggunakan *Software Autodesk CFD*.
3. Mengetahui Pengaruh penggunaan *stepped* terhadap nilai tahanan kapal.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah:

1. Sebagai tambahan informasi mengenai pengaruh penggunaan *stepped* dan hubungannya dengan tahanan kapal cepat.
2. Sebagai bahan pertimbangan bagi perancang kapal dalam merancang kapal cepat yang efisien saat beroperasi.
3. Sebagai tambahan referensi bagi pembaca mengenai pengaruh kenaikan trim dan hubungannya dengan tahanan kapal cepat.

1.6 Sistematika Penulisan

Gambaran secara terperinci keseluruhan isi dari tulisan ini dapat dilihat dari sistematika penulisan berikut ini:

BAB 1: PENDAHULUAN

Dalam bab ini dijelaskan latar belakang penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini dijelaskan teori-teori gambaran wilayah penelitian, berbagai literatur yang menunjang pembahasan dan digunakan sebagai dasar pemikiran dalam penelitian ini.

BAB III: METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini diuraikan lokasi penelitian, waktu penelitian, jenis penelitian, jenis data, teknik dalam pengambilan data, metode analisis dan kerangka pikir.

BAB IV: HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini berisi penyajian data yang telah diperoleh, proses pengolahan, hasil pengolahan data serta pembahasan.

BAB V: PENUTUP

Dalam bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian serta saran saran yang direkomendasikan penulis terkait penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kapal

Kapal adalah kendaraan pengangkut penumpang dan barang di laut (sungai dsb) seperti halnya sampan atau perahu yang lebih kecil. Kapal biasanya cukup besar untuk membawa perahu kecil seperti sekoci. Sedangkan dalam istilah Inggris, dipisahkan antara *ship* yang lebih besar dan *boat* yang lebih kecil. Secara kebiasaannya kapal dapat membawa perahu tetapi perahu tidak dapat membawa kapal. Ukuran sebenarnya di mana sebuah perahu disebut kapal selalu ditetapkan oleh undang-undang dan peraturan atau kebiasaan setempat.

Berabad-abad kapal digunakan oleh manusia untuk mengarungi sungai atau lautan yang diawali oleh penemuan perahu. Biasanya manusia pada masa lampau menggunakan kano, rakit ataupun perahu, semakin besar kebutuhan akan daya muat maka dibuatlah perahu atau rakit yang berukuran lebih besar yang dinamakan kapal. Bahan-bahan yang digunakan untuk pembuatan kapal pada masa lampau menggunakan kayu, bambu ataupun batang-batang papyrus seperti yang digunakan bangsa mesir kuno kemudian digunakan bahan bahan logam seperti besi/baja karena kebutuhan manusia akan kapal yang kuat. Untuk penggeraknya manusia pada awalnya menggunakan dayung kemudian angin dengan bantuan layar, mesin uap setelah muncul revolusi Industri dan mesin diesel serta Nuklir. Beberapa penelitian memunculkan kapal bermesin yang berjalan mengambang di atas air seperti *Hovercraft* dan *Eakroplane*. Serta kapal yang digunakan di dasar lautan yakni kapal selam (Wikipedia.org).

Jaringan transportasi laut diperlukan untuk dapat menghubungkan pelabuhan- pelabuhan dari satu pulau dengan pulau lainnya. Sehingga sistem transportasi yang efisien dan efektif sangat berperan penting untuk wilayah negara kepulauan Indonesia. Dengan adanya lautan yang memisahkan antar

daerah maka di perlukan transportasi laut sebagai penghubung antar daerah antar daerah/pulau diantaranya menggunakan kapal penyeberangan berupa *feri roll on roll off (roro)*. Kapal Feri adalah salah satu angkutan penyeberangan yang merupakan angkutan yang berfungsi sebagai jembatan yang menghubungkan jaringan jalan yang dipisahkan oleh perairan untuk mengangkut penumpang dan kendaraan beserta muatannya. Kapal Feri RoRo sekarang utamanya berfungsi untuk pengangkutan kendaraan dengan berbagai tipe dan jumlah penumpang yang banyak untuk menghubungkan dua tempat pada satu jalur pelayaran tertentu yang berjauhan jaraknya. Kapal Feri merupakan angkutan perairan antar pulau di Indonesia yang populer. (Rosmani, 2013)

Banyak feri melayani selat-selat antara pulau yang berdekatan, terutama antara pulau Sumatra dan Jawa, dan juga antara pulau Jawa dan pulau-pulau di Kepulauan Sunda Kecil. Di pelabuhan penyeberangan kapal-kapal sibuk melayani antara Sumatra, Jawa, dan Bali, feri yang mengangkut kapal dioperasikan 24 jam per hari. Ada juga beberapa feri internasional yang melayani Selat Malaka antara Sumatra dan Malaysia, dan juga Singapura, dan pulau-pulau kecil Indonesia seperti Batam.

Tak hanya kapal feri yang di gunakan sebagai moda transportasi penyeberangan antar pulau, tetapi ada juga kapal penumpang cepat (*high speed ferry*) yang hadir secara langsung dan memberikan alternatif pilihan moda transportasi kapal laut kepada calon penumpang transportasi laut. Kapal cepat sering digunakan sebagai transportasi penyeberangan antara pulau-pulau kecil yang tidak terjangkau oleh kapal feri di Indonesia.

2.2 Kapal Cepat (*High Speed Craft*)

Kapal cepat atau dalam bahasa inggrisnya disebut *high speed craft* merupakan kapal yang dirancang untuk memiliki kecepatan tinggi untuk tujuan komersil. Kapal cepat pertama yang dibangun adalah jenis *hydrofoils* atau *hovercraft*, tetapi pada tahun 1990-an jenis kapal cepat katamaran dan *monohull* menjadi lebih populer. Kebanyakan kapal berkecepatan tinggi berfungsi

sebagai kapal feri penumpang tetapi untuk jenis katamaran dan *monohull* yang terbesar juga membawa mobil, bus, truk besar, dan lain lain (Wikipedia.org)



Gambar 2.1 Kapal penumpang cepat

Sumber (<https://id.wikipedia.org/wiki/Hidrofoil>)

Adapun bentuk bentuk lambung kapal cepat dapat dikelompokkan menjadi tiga yaitu:

a. *Planing Hull*

Planing Hull merupakan tipe kapal yang cocok digunakan untuk pelayaran dengan kecepatan tinggi. *Planing Hull* adalah jenis kapal yang dapat mengangkat kapal dengan meningkatkan komponen *hydrostatic lift* yang berarti pada kecepatan lebih rendah kapal bekerja seperti kapal displacement dan secara bertahap mulai '*ploughing water*' dengan meningkatkan kecepatan dan kekuatan.

Kapal dengan *Planing Hull* meluncur di sepanjang permukaan air dengan kecepatan tinggi, dan akan naik di atas permukaan air dan akan menghempas permukaan air (seperti halnya dengan kapal berkecepatan sangat tinggi). Lambung kapal tipe ini disesuaikan dengan sudut lambung pada saat pelayaran dengan kecepatan tinggi dan secara efektif lambung bagian bawah kapal mendukung tekanan air dinamis (*dynamic water*

pressure), bentuk lambung, lebar permukaan pada lambung bagian bawah, bentuk transom vertikal di bagian bagian belakang kapal. Luas penampang melintang pada lambung bagian bawah air dijaga secara tetap sepanjang setengah lambung kapal

Lambung berbentuk datar dan V adalah contoh dari *Planing Hull* Di-Indonesia, kapal tipe *planing hull* umumnya difungsikan sebagai kapal patroli perairan dan penjagaan pantai. Lambung dengan alas rata serta garis muat (sarat) yang rendah sangat mendukung kapal tipe *planing hull* dapat berkecepatan tinggi serta memiliki stabilitas yang baik.

b. Semi-Planing Hull

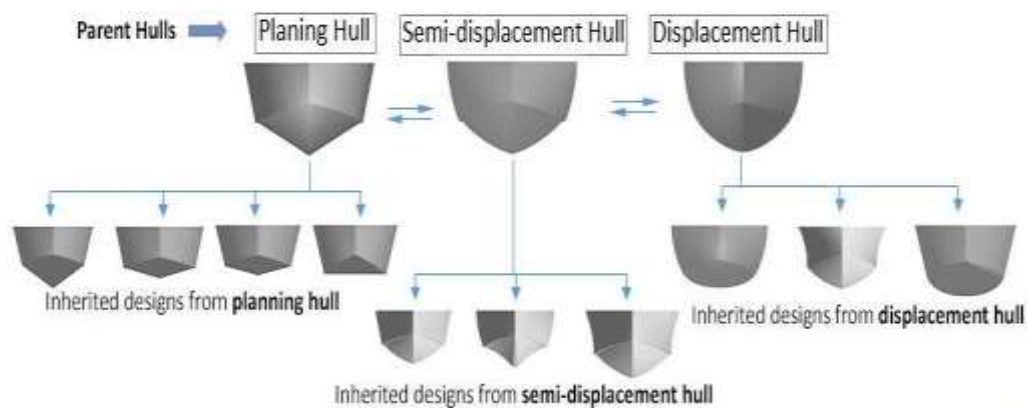
Semi-Planing Hull adalah lambung kapal yang mampu mencapai kecepatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan lambung kapal displacement namun lebih rendah kecepatannya dibandingkan dengan lambung kapal planning hull. Artinya, kapal semi planing hull memiliki kecepatan berkisar antara tipe lambung planing hull dan displacement hull. Kapal-kapal ini menggunakan gaya apung (yang juga disebut *hydrostatic lift*) hampir sama dengan mode- angkat hidrodinamik. Tipe *Semi-planing Hull* memberikan tumpangan yang nyaman dengan kecepatan yang tinggi. Kelebihan dari tipe lambung ini adalah sifat *seakeeping* mereka dan kemampuan untuk melampaui rasio panjang dengan kecepatan yang mungkin ingin anda pertimbangkan dari sudut pandang komersial.

Bentuk lambung *Semi-planing* digunakan pada *trawler* dan *yacht*. Lambung kapal ini menawarkan jarak tempuh yang unggul, memiliki jangkauan stabilitas positif dan tingkat bertahan tertinggi dalam kondisi laut yang sangat sulit.

c. Displacement Hull

Tipe lambung dengan *Displacement Hull* sering digunakan untuk pelayaran dengan kecepatan relatif rendah. Ketika sebuah kapal diturunkan ke air akan ada volume air yang akan digeser oleh lambung kapal. Jika

ditimbang air yang digeser oleh lambung kapal yang sedang berada di air akan menentukan berat kapal yang sedang kita bahas. Berat itu adalah prinsip Displacement- Archimedes dari kapal seperti yang kita semua ketahui. Ini adalah prinsip umum dari beberapa kapal yang secara harfiah menjadi tulang punggung perekonomian saat ini *Displacement Hull* yang terlihat di kapal, yang bergerak di air dengan propulsi yang sangat kecil *Displacement Hull* ini membatasi kapal untuk menurunkan kecepatan. Kecepatan perpindahan maksimum ditentukan sebagai fungsi garis air. Pada umumnya dikenal sebagai rasio kecepatan dengan panjang. Sederhananya, panjang kapal menentukan kecepatan maksimum yang dapat dicapai. Bentuk *round-bottomed* adalah contoh dari *displacement hull* yang banyak digunakan pada kapal.



Gambar 2.2. Bentuk-bentuk lambung kapal untuk kategori *displacement hull, planing hull, semi-planing hull*

2.3 Karakteristik Kapal Cepat

Menurut *J. Lawrence* (1985), dalam jurnal Rosmani (2013), mengatakan karakteristik *high speed craft* dipengaruhi *Froude number*nya. *Froude number* yang besar menyebabkan kapal dapat mencapai kecepatan tinggi. Untuk *laning craft*, luas bidang basah efektif berkurang seiring dengan meningkatnya kecepatan kapal. Oleh karena itu, bilangan *Froude number* (F_n) sering

digunakan sebagai parameter-nya. (Fn) didefinisikan sebagai berikut:

$$Fn = \frac{v}{\sqrt{g \times l}} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

- Fn = Froude Number
- V = Kecepatan (m/s)
- g = Percepatan Gravitasi (m/s²)
- L = Panjang Kapal

FnV didefinisikan sebagai berikut:

$$FnV = \frac{v}{\sqrt{g \times \sqrt[3]{V}}} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

- v : kecepatan kapal (m/s)
- g : percepatan gaya gravitasi (9,81 m/s²)
- V : volume kapal (m³)

Secara umum, *high speed craft* membutuhkan daya yang besar. Hal ini karena resistance kapal merupakan suatu fungsi yang sangat berpengaruh dengan kecepatan kapal. Sehingga daya dorong yang dibutuhkan adalah:

$$P = R \cdot V$$

$$P = k \cdot V^3$$

Dengan mengandakan daya yang terpassang, menghasilkan peningkatan kecepatan hingga 26%. Kesulitan kedua ialah dengan mencoba meningkatkan kecepatan pada kondisi rough water.

Dimana Bilangan *Froude* merupakan bilangan yang menunjukkan penggolongan sebuah kapal apakah tergolong kapal cepat, sedang atau kapal lambat. Penggolongan kapal menurut bilangan Froude:

- a. Kapal lambat : kapal berlayar dengan $Fn \leq 0,20$

$$\text{Hambatan gelombang (Rw)} = 0$$

- b. Kapal sedang : jika $0,20 < F_n < 0,35$
Hambatan gesek (R_f) = 70-75% R_t
Hambatan gelombang (R_w) = 25-30% R_t
- c. Kapal cepat : $F_n \geq 0,35$
Hambatan gelombang = 50% R_t

2.4 Stepped Hull

Stepped Hull adalah bidang pada lambung kapal yang bertujuan untuk mengurangi jumlah permukaan lambung yang tercelup air, atau biasa juga berbentuk “V”. *Steps* memiliki bukaan yang besar pada sisi *outboard* pada lambung untuk memberikan udara yang bertujuan untuk menyedot kebawa. Pada umumnya, *stepped hull* dapat meningkatkan kecepatan sekitar 10-15% yang diinginkan antara memakai *stepped hull* dengan tidak memakai *stepped hull* dengan *power* pada mesin yang sama.

Suatu alasan mengapa *Stepped Hull* lebih efektif adalah area/bagian yang tercelup air bisa dibagi beberapa beam dibandingkan dengan panjang kapal, lebar (*high-aspect*) permukaan lebih efisien, rendah (*low-aspect*) pada saat kondisi gesekan terhadap air. Jadi, dibalik sebuah ide tentang *Stepped hull* adalah untuk mengurangi permukaan yang tercelup air seperti teori pada pesawat terbang. Banyak yang mengira bahwa *Stepped Hull* mengurangi lapisan/permukaan lambung yang terkena air, tetapi sesungguhnya pada konsep *step hull* ini adalah untuk meminimalkan bagian lambung. (Budiarto,2011).

Stepped Hull adalah sebuah alternatif untuk lambung kapal *planning* atau bentuk kapal berkecepatan tinggi. Lambung *stepped* memiliki diskontinuitas melintang yang terletak di beberapa titik di belakang pusat gravitasi dan titik tekan kapal. Lokasi longitudinal dari diskontinuitas melintang ini sangat penting. Untuk mengetahui alasan dalam mendesain bentuk *stepped* ini, kita harus mengetahui prinsip-prinsip hidrodinamika dari bentuk lambung planing ini.

Ketika kapal mulai terangkat, dasar lambung awalnya akan memotong permukaan air pada titik yang disebut titik stagnasi. Untuk kapal dengan *deadrise*, garis stagnasi akan disapu kembali sampai memotong *chine* keras di

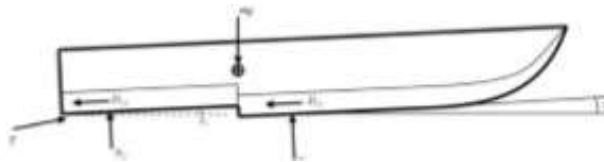
kedua sisi, pada titik dimana aliran akan terpisah. Wilayah di belakang garis stagnasi ini adalah bagian dari lambung bawah yang memberikan presentase yang sangat besar dari pengangkatan yang diperlukan karena tekanan dinamis besar sedang dikembangkan.

Clement dan Koelbel (1992) telah menghitung presentase kenaikan lambung ini sekitar 90%. Permukaan pengangkatan primer biasanya terletak di dekat pusat gravitasi kapal, biasanya tepat di depannya. Ketika kapal didesain, tekanan air pada bagian belakang lambung sangat rendah, yang memberikan kontribusi yang sangat kecil untuk pengangkatan lift. Namun, hal itu justru memberikan kontribusi yang signifikan terhadap tahanan gesek, yang menguntungkan karena alasan yang jelas termasuk ekonomi bahan bakar yang buruk dan peningkatan kebutuhan daya.

Jika diskontinuitas melintang, atau *stepped*, dari kedalaman yang memadai diletakkan di dasar lambung pada lokasi yang tepat dengan kondisi kecepatan yang tinggi, air yang mengalir disepanjang lambung kapal akan terpisah dari *forebody* pada *stepped*. Ini akan meninggalkan beberapa jumlah *afterbody* (bagian lambung belakang *stepped*) tidak tersetel asalkan dapat berventilasi memadai (akan dijelaskan kemudian). Air yang telah terpisah oleh *stepped* akan mengikuti profil permukaan bebas dan dapat menempel kembali ke *afterbody*. Kombinasi dari lift pada *forebody* harus dapat mendukung perpindahan kapal. Seperti yang telah dibahas, *forebody lift*, atau lift yang diselesaikan di pusat tekanan kapal, terhitung kasar 90 % dari lift yang dibutuhkan. Oleh karena itu, *afterbody* harus dapat memberikan 10% sisa lift agar kapal menjadi stabil secara vertikal dan sekitar sumbu longitudinal melalui pusat gravitasi kapal. (Garland, 2010).

Seiring dengan meningkatnya modifikasi kapal cepat, meningkat pula resistensi yang disebabkan oleh gelombang yang signifikan, sehingga pembuatan kapal membutuhkan kritisasi efektifitas yang tinggi. Desain dan analisis prosedur diperlukan untuk kapal berkecepatan tinggi dikarenakan kinerja dan karakter kecepatan tinggi menjadi sangat penting di beberapa kebutuhan. Oleh karena itu, diperlukan untuk membuat strategi perancangan

bentuk lambung dalam rangka mengurangi hambatan kapal. *Stephull* merupakan modifikasi bentuk lambung berupa step melintang yang ditempatkan pada bawah lambung bagian *midship* kapal. *Stephull* atau *transvers step* atau *step planing hull* atau *planing stepped hull* merupakan modifikasi pada bagian bawah lambung kapal berupa step melintang atau jika dilihat bangunan kapal dari samping, bentuk kapal seperti terpotong bagian bawahnya. (Jurnal Teknik Perkapalan - Vol. 6, No. 1 Januari 2018)

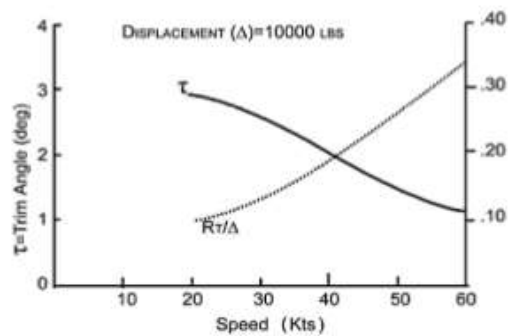


Gambar 2.3 Visualisasi *Stephull*



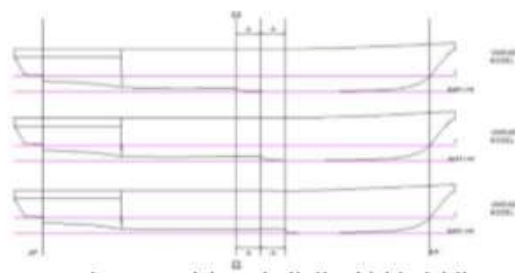
Gambar 2.4 Kapal dengan *Step* Melintang

Pada kapal cepat dengan modifikasi *stephull*, sudut trim dari kapal *monohull planing* akan berkurang seiring dengan meningkatnya kecepatan dan rasio hambatan / displasemen akan bertambah seiring dengan meningkatnya kecepatan. (Jurnal Teknik Perkapalan - Vol. 6, No. 1 Januari 2018)



Gambar 2.5. Perhitungan antara sudut trim, R_t/Δ , dan Kecepatan

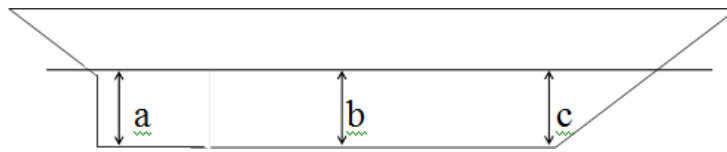
Dari hasil jurnal tentang analisa posisi *stephull*, posisi yang paling optimal adalah terletak pada bagian *midship* kapal karena memiliki nilai hambatan yang lebih rendah dibandingkan dengan posisi *stephull* yang berada 2-4 *frame* di depan *midship* kapal atau yang lebih kearah haluan. (Jurnal Teknik Perkapalan - Vol. 6, No. 1 Januari 2018)



Gambar 2.6. Posisi *Stephull* di *midship* lebih optimal disbanding dengan posisi yang lebih ke haluan

2.5 Trim Kapal

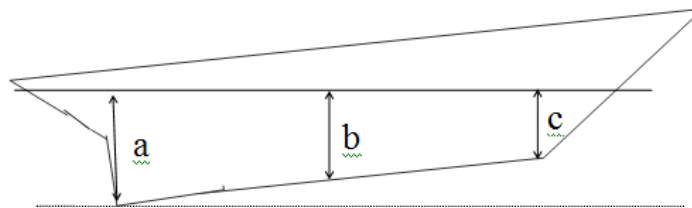
Hind (1967) menyatakan bahwa trim adalah perbedaan antara *draft* depan dan *draft* belakang. Trim merupakan sudut kemiringan kapal secara membujur. Trim biasanya diukur dalam ukuran inci yang dinyatakan sebagai positif dan negatif. Trim terbagi menjadi 3 bagian, yaitu *even keel*, *trim by the head*, dan *trim by the stern*.



Gambar 2.7 Kapal Kondisi *Even Keel*.
 Sumber (<http://www.maritimeworld.web.id>).

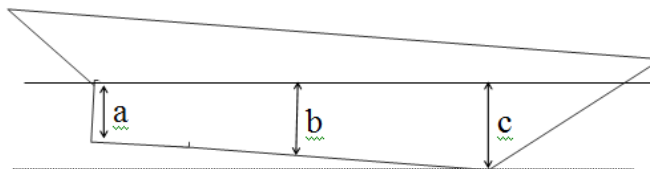
Gambar 2.7 menunjukkan kapal trim *even keel* yaitu *draft* depan sama dengan *draft* belakang ($a = c$) dimana $b = (a+c)/2$, hanya terjadi bilamana kapal tidak dalam keadaan hogging atau sagging.

Gambar II



Gambar 2.8 Kapal Kondisi *Trim by Stern*. Sumber
 (<http://www.maritimeworld.web.id>).

Gambar III



Gambar 2.9 Kapal Kondisi *Trim by Head*. Sumber
 (<http://www.maritimeworld.web.id>).

2.6 Tahanan Kapal

Tahanan (*resistance*) kapal pada suatu kecepatan adalah gaya fluida yang bekerja pada 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 karena dihasilkan oleh air, maka ini disebut gaya hidrodinamika. Gaya hidrodinamika semata-mata disebabkan oleh pergerakan relatif kapal terhadap air. Untuk mengatasi tahanan tersebut, maka kapal membutuhkan sejumlah daya dorong sehingga dapat melewati air laut dengan kecepatan tertentu sesuai dengan kebutuhan operasinya. Daya dorong ini berupa gaya yang bekerja untuk melawan hambatan pada badan kapal yang tercelup di air, hambatan gelombang dan hambatan dari angin yang mengenai badan kapal yang berada di atas permukaan air laut. Hambatan-hambatan tersebut merupakan komponen tahanan kapal yang bekerja sejajar dengan sumbu gerakan kapal.

Pada dasarnya tahanan kapal dibagi menjadi dua yaitu tahanan yang berada di atas permukaan air dan tahanan yang berasal dari bawah permukaan air. Tahanan yang di atas permukaan air adalah yang bekerja pada bagian badan kapal yang kelihatan di atas permukaan air, disini pengaruh adanya udara yang mengakibatkan timbulnya hambatan.

Komponen tahanan yang bekerja pada kapal dalam gerakan mengapung di air adalah:

a. Tahanan gesek (*Friction resistance*)

Tahanan gesek 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.

Tahanan gesek ini dipengaruhi oleh beberapa hal, sebagai berikut:

a. Angka Renold (*Renold's number, Rn*)

$$Rn = \frac{V \cdot L}{\nu} \quad (2.2)$$

Dimana :

V : Volume (m³)

L : Panjang (m)

ν : Kecepatan Kecepatan (m/s)

b. Koefisien gesek (*friction coefficient, Cf*)

$$Cf = \frac{0,75}{(\log Rn - 2,0)^2} \quad (2.3)$$

(Merupakan formula dari ITTC)

c. Rasio kecepatan dan panjang kapal (*speed length ratio, Slr*)

$$Slr = \frac{Vs}{\sqrt{L}} \quad (2.4)$$

Dimana L adalah panjang antara garis tegak kapal (*length between perpendicular*) dan Vs adalah kecepatan kapal.

b. Tahanan sisa (*Residual Resistance*)

Tahanan sisa didefinisikan sebagai kuantitas yang merupakan hasil pengurangan dari hambatan total badan kapal dengan hambatan gesek dari permukaan kapal. Hambatan sisa terdiri dari;

a. Tahanan gelombang (*Wave Resistance*)

Tahanan gelombang adalah hambatan yang diakibatkan oleh adanya gerakan kapal pada air sehingga dapat menimbulkan gelombang baik pada saat air tersebut dalam keadaan tenang maupun pada saat air tersebut sedang bergelombang.

b. Tahanan udara (*Air Resistance*)

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

c. Tahanan bentuk (*Form Resistance*)

Tahanan ini erat kaitannya dengan bentuk badan kapal, dimana bentuk lambung kapal yang tercelup di bawah air menimbulkan suatu tahanan karena adanya pengaruh dari bentuk kapal tersebut.

d. Tahanan tambahan (*Added Resistance*)

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

Komponen tahanan tambahan terdiri dari:

1.) Tahanan anggota badan (*Appendages Resistance*)

Yaitu tahanan dari bos poros, penyangga poros, lunas bilga, daun kemudi dan sebagainya.

2.) Tahanan kekasaran

Yaitu terjadi akibat kekasaran dari korosi air, pengotoran pada badan kapal, dan tumbuhan laut.

3.) Hambatan kemudi (*Steering Resistance*)

Yaitu akibat pemakaian kemudi mengakibatkan timbulnya hambatan kemudi. (Arwini, 2018)

c. Tahanan Total

Tahanan total terdiri dari beberapa komponen tahanan Menurut Guldhammer dan Harvald (harvald, 1983), komponen tahanan dapat dihitung dengan menggunakan perhitungan di bawah ini

$$R_T = \frac{1}{2} \rho C_T S v^2 \quad (2.5)$$

Dimana:

- R_T = Tahanan Total (N)
- ρ = Massa jenis fluida (Kg.det³/m)
- C_T = Koefisien tahanan total
- S = Luas bidang basah (m²)
- v = Kecepatan (det/s)

2.7 Maxsurf Pro

Maxsurf Pro adalah program spesialis dalam bidang *Naval Architect*, teknologi lepas pantai dan rekayasa struktur. Program ini dapat memvisualisasikan dan mengoptimalkan desain kapal dengan pengaturan

lengkap yang telah diintegrasikan. *Maxsurf Pro* terdiri dari beberapa *sub – program*, yaitu:

1. *Maxsurf Modeller*
2. *Maxsurf Motion*
3. *Maxsurf Resistance*
4. *Maxsurf Stability*
5. *Maxsurf Structure*
6. *Maxsurf Fitting*
7. *Maxsurf Link*
8. *Maxsurf VPP*

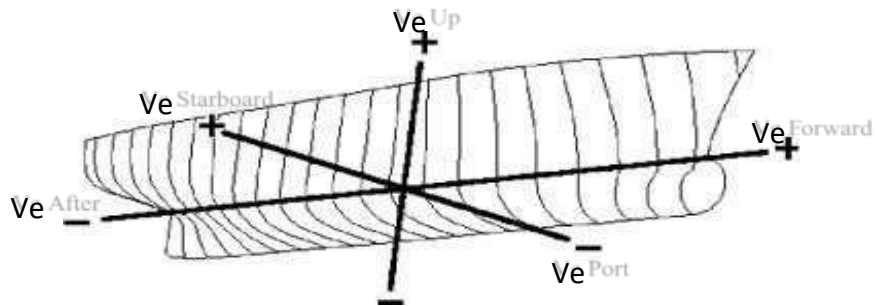
Beberapa fungsi pada program ini seperti membuat bentuk lambung yang seimbang sesuai dengan persyaratan stabilitas, tahanan kapal, seakeeping dan kekuatan kapal. Setelah data ukuran utama kapal didapatkan untuk pembuatan model *lines plan*, data ukuran dari *lines plan* akan dibuat lagi dalam bentuk model 3D (tiga dimensi) menggunakan program *Maxsurf Modeller*. *Lines plan* ini merupakan kunci utama suksesnya perancangan desain sebelum model dilakukan analisa hidrodinamika, kekuatan struktur dan pendetailan lebih lanjut, Dasar pembangunan model pada *Maxsurf Modeller* menggunakan *surface* (seperti karpet) yang dapat ditarik dan dibentangkan sehingga bias menjadi model yang utuh. (Bentley System, 2013).

2.7.1 *Maxsurf modeller*

Terdapat beberapa dasar pengaturan dan menu/*setup* dalam penggunaan maxsurf modeler sebagai berikut:

1. Sistem Koordinat

Tampilan umum dan prinsip dasar pada pengopersian maxsurf modeler, seperti yang diilustrasikan gambar .



Gambar 2.10. Sistem koordinat 3D model *maxsurf*

Sumber: Agung Aprianto, 2019

<i>Window</i>	Tampak pandangan
<i>Body Plan</i>	Tampak depan Haluan sampai buritan
<i>Profile View</i>	Tampak samping kanan, <i>starboard side</i>
<i>Plan View</i>	Tampak dari bawah, <i>starboard above the centerline</i>

1. *Setting frame of refferance* dan *zero point*

Digunakan untuk mengatur posisi *baseline*, sarat kapal dan posisi *zero point*.

2. Pengaturan satuan

Digunakan untuk mengatur unit/satuan sebagai standar satuan ukuran desain model.

3. Pengaturan *desain grid*

Digunakan untuk menentukan jarak-*jarak section, buttocks lines, waterline* dan diagonal.

4. *View assembly* dan *properties*

Digunakan untuk menampilkan *assembly* dan *properties*, berfungsi untuk mempermudah saat pengoperasian *modeling*, mengatur *properties* tampilan warna *surface* dan jenis kehalusan (*surface stiffness*) dll.

Sedangkan dalam desain dan pemodelan yang digunakan aplikasi *maxsurf modeler* terdiri atas beberapa langkah sebagai berikut:

a. Pemilihan jenis *surface*

Pilihan menu ini digunakan untuk memilih jenis *surface*/bentuk lambung, ada beberapa tipe *surface* antara lain :

section plane : *surface* dengan bentuk melintang

water plane : *surface* dengan bentuk penampang air

buttock plane : *surface* dengan bentuk membujur

Jenis-jenis *surface* tersebut memiliki fungsi yang sama, dan dapat dijadikan sesuai metode pemodelan yang akan kita gunakan.

Size *surface*

Pilihan menu ini digunakan untuk memasukan ukuran *surface*/ukuran rencana kapal.

b. *Curve* dan *extrude surface (curve)*

Pilihan menu ini digunakan untuk melakukan pemodelan dengan bentuk yang lebih spesifik seperti memodelkan sebuah tangki atau ruangan tertentu/*compartment*.

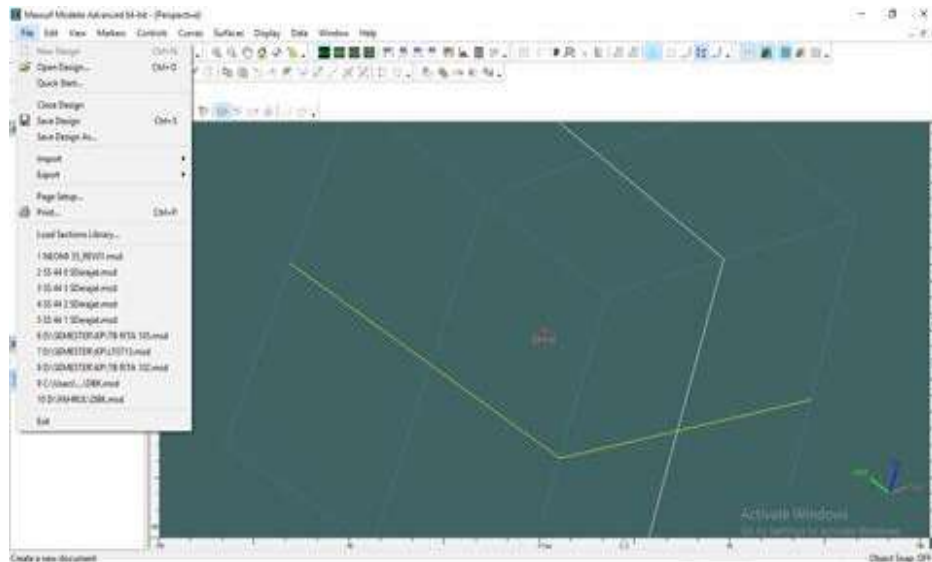
c. *Trimming*

Pilihan menu ini digunakan pada saat kita melakukan pemodelan

tangki atau ruangan tertentu/compartment terjadi bagian yang melebihi model lain (*overlap*). Untuk itu guna menghilangkan bagian tersebut digunakan fungsi *trimming*.

d. Background

Pilihan menu ini digunakan untuk menyesuaikan pemodelan dengan gambar *lines plan* yang telah disetujui dan dapat dijadikan acuan pemodelan. Sehingga proses pemodelan dapat sesuai dengan karakteristik bentuk dan model kapal yang direncanakan.



Gambar 2.11 Tampilan *Workspace* pada *Maxsurf Modeller*

Sumber : Hasil olah data

2.7.2 *Maxsurf Resistance*

Merupakan sub-program yang tersedia dalam aplikasi *Maxsurf*. Fungsi dari program ini adalah untuk menghitung dan menganalisis tahanan kapal, dengan teori dan metode yang telah digunakan pada bidang ilmu perkapalan. Adapun langkah-langkah pengoperasian *Maxsurf Resistance* sebagai berikut.

1. Open model

Menu: File > Open design > Pilih design

Pilihan menu ini digunakan untuk membuka file dari *Maxsurf Modeller*, gunakan opsi pemilihan *measure all* untuk dasar perhitungan seluruh model *body* kapal yang tercelup di air.

2. Analisis

Menu : Analisis > Methods

Pilihan menu ini digunakan untuk menentukan metode/teori yang akan digunakan dalam *analysis*. Beberapa metode sebagai berikut

a. Planning

- Savitsky pre-planing
- Savitsky planning
- Blount and fox
- Lahtiharju
- Wyman

b. Displacement

- Holtrop
- Compton
- Fung
- Van Ootmerssen
- Series 60
- KR barge resistance

c. Yachts

- Delft I, II
- Delft III

d. Analytical

- Slender body

3. Speed

Menu: Analysis > Speeds > Input kecepatan minimum dan maksimum

Pilihan menu ini digunakan untuk menentukan kecepatan uji coba dalam analisis tahanan

4. Efficient

Menu: Analysis > Efficient > Input efficient

Pilihan menu ini digunakan untuk menentukan besar efisiensi dalam analisis tahanan

5. Solve

Menu: Analysis > Solve resistance > klik

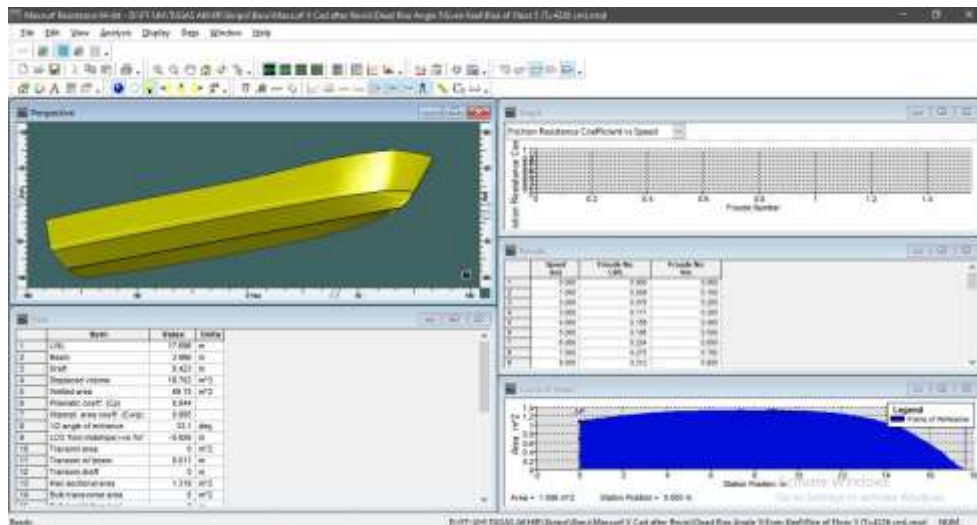
Pilihan menu ini digunakan untuk memulai analisis perhitungan tahanan pada *maxsurf resistance* dengan mengacu pada beberapa input diatas. Beberapa output dari *solve* antara lain:

- a. Graph
- b. Result Table
- c. Data table
- d. Curve of areas

6. Calculate Free Surface

Menu: Analysis > calculate free surface > klik

Pilihan menu ini digunakan untuk mengetahui karakteristik permukaan air yang berhubungan dengan pengujian kecepatan dan tahanan kapal. (Bentley System, 2013)



Gambar 2.12 Tampilan workspace pada program Maxsurf Resistance

Sumber : Hasil olah data

2.8 Aliran Fluida

Hidrodinamika klasik mengarahkan pada bagaimana bentuk pola aliran fluida yang melintasi suatu *body*, ketika fluida bergerak melalui *body*, jarak antara *streamline* tersebut adalah konstan. Berdasarkan teori Bernauli maka hal itu juga berkaitan dengan adanya perubahan tekanan. Suntuk suatu *streamlines* yang diberikan tersebut: jika p , v , dan h adalah tekanan massa jenis kecepatan dan tinggi tertentu dari garis dasar maka dapat di formulasikan sebagai berikut.

$$\frac{P}{\rho} + \frac{v^2}{2} + gh = constant \quad (2.6)$$

Teori hidrodinamika sederhana senantiasa bekerja dengan fluida tanpa viskositasnya. Didalam suatu sistem fluida *non-viscous*. Suatu *body* yang ditenggelamkan dan digerakkan pada sistem fluida *non viscous* tersebut. Maka *body* tersebut tidak mengalami adanya tahanan (*resistance*) meskipun fluida tersebut dilalui oleh gerakan *body*, maka kondisi fluida tersebut kembali ke bentuk awalnya setelah dilintasi *body* tersebut, ada sejumlah gaya-gaya lokal

yang bekerja pada *body* tersebut, akan tetapi gaya-gaya tersebut saling meniadakan ketika diintegrasikan pada seluruh *body*. Gaya –gaya lokal tersebut terjadi sebagai akibat terjadinya perubahan tekanan, yang diakibatkan adanya perubahan kecepatan pada aliran fluida. (Suryo W. Aji, 2009)

$$\frac{R}{\frac{1}{2} \rho S V^2} = f \left(\frac{VL}{v}, \frac{gL}{V^2} \right) \quad (2.7)$$

Dan tahanan Kapal (*Resistance*) dapat diformulasikan dengan ekspresi dibawah ini

$$R = \frac{1}{2} \rho C_T V^2 S \quad (2.8)$$

Dimana C_t adalah Koefisien Tahanan Kapal total yang merupakan fungsi dari Re dan Fn , secara matematis diformulasikan sebagai berikut

$$C_d = \frac{2F_d}{\rho v^2 A} \quad (2.9)$$

Dimana

C_d = *coefficient of drag*

F_d = *drag force* (N)

ρ = *density of fluid* (1025 Kgm³)

v = *velocity relative to fluid* (ms)

A = *cross sectional area* (m²)

2.9 Proses Simulasi Autodesk CFD

Kemampuan *Autodesk CFD* (*Computational Fluid Dynamic*) dan pesatnya perkembangan kecepatan komputasi telah membuat pengguna aplikasi ini sebagai alat untuk mendapatkan solusi dalam dunia penelitian dan rekayasa.

Penggunaanya telah meliputi area yang luas pada *industry* dan aplikasi – aplikasi keilmuan. Terdapat tiga langkah umum proses simulasi pada *Autodesk CFD*

(Computational Fluid Dynamic) sebagai berikut :

1. Pre Processor

Proses ini meliputi tahapan pembuatan geometri model tertentu, kemudian *meshing*, penentuan fluid properties dan penentuan kondisi batas.

2. Solver

Pada tahap ini adalah proses iterasi dari *computer* atau lebih umum dikenal dengan proses *running*

3. Post Processor

Tahap ini merupakan proses penampilan hasil *running* seperti grafik, *vector*, dan kontur dan animasi dengan pola warna tertentu.