

**SKRIPSI**

**STUDI ANALISIS POLA ALIRAN DISEPANJANG LAMBUNG SEMI  
PLANNING HULL AKIBAT PERUBAHAN PANJANG AIR CAVITY**

Disusun dan diajukan oleh

**AINUN CHANDRA PUSPA NINGRUM**

**D311 16 010**



**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2021**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

STUDI ANALISIS POLA ALIRAN DISEPANJANG LAMBUNG SEMI  
PLANNING HULL AKIBAT PERUBAHAN PANJANG AIR CAVITY

Disusun dan diajukan oleh :

AINUN CHANDRA PUSPA NINGRUM

D311 16 010

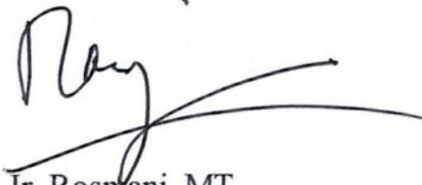
Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian  
Studi

Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Pada tanggal 1 Februari 2021

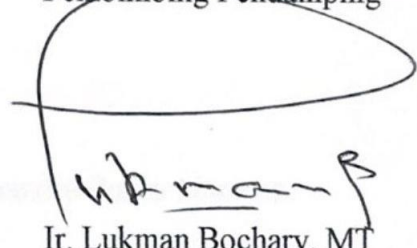
Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Ir. Rosmani, MT  
NIP : 19600620 198802 2 001

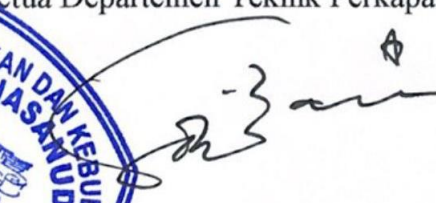
Pembimbing Pendamping



Ir. Lukman Bochari, MT  
NIP : 19561127 198803 1 001

Ketua Departemen Teknik Perkapalan



  
Dr. Ing. Suandar Baso, ST, MT  
NIP : 19730206 200012 1 002

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ainun Chandra Puspa Ningrum  
NIM : D311 16 010  
Program Studi : Teknik Perkapalan  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya ilmiah tulisan saya berjudul;

STUDI ANALISIS POLA ALIRAN DISEPANJANG LAMBUNG SEMI  
PLANNING HULL AKIBAT PERUBAHAN PANJANG AIR CAVITY

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi/tesis/disetrasi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 5 Februari 2021

Yang menyatakan



Ainun Chandra Puspa Ningrum

## KATA PENGANTAR

*Bismillahirrahmanirrahim*

*Assalamua'alaikumwr.wb*

Tiada kata yang patut penulis sampaikan selain kesyukuran atas nikmat kesehatan serta kekuatan yang Allah S.W.T. berikan, sehingga pada akhirnya dapat menyelesaikan salah satu persyaratan untuk meraih gelar Sarjana Teknik. Tak lupa pula salam dan shalawat kita kirimkan kepada Baginda Rasulullah SAW. Nabi terakhir pilihan-Nya, yang telah membawa cahaya kedamaian kemuka bumi ini.

Adapun yang dibahas dalam tugas akhir ini yaitu untuk mengetahui pengaruh nilai tahanan kapal semi displacement terhadap pola aloran kapal. Berdasarkan hasil seminar proposal, judul penelitian sebagai berikut :

### **“STUDI ANALISIS POLA ALIRAN DISEPANJANG LAMBUNG SEMI PLANNING HULL AKIBAT PERUBAHAN PANJANG AIR CAVITY”**

Penulis menyadari bahwa penyelesaian tugas akhir ini adalah suatu kebanggaan tersendiri, karena tantangan dan hambatan yang menghadang selama penulis mengerjakan tugas akhir ini.

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis tidak mungkin melakukan sendiri tanpa adanya bantuan dari orang-orang disekitar. Melalui lembar ini penulis mengucapkan banyak terimah kasih kepada :

1. Kedua orang tua tercinta saya, Ayahanda Chandra Djaja dan Ibunda Baroroh Nur'aini atas segala dukungan, kesabaran, pengorbanan, semangat, materi, dan Doanya sehingga saya dapat menyelesaikan penelitian ini dengan baik. Dan untuk saudara tercinta saya yang telah memberikan support yang tiada henti, Muh. Anugerah Ramadhan.

2. Ibu Ir. Rosmani, MT selaku pembimbing I saya. Saya ucapkan banyak terima kasih atas ilmu dan nasehat - nasehat kehidupan yang telah diberikan. Maaf jika selama saya berkuliah di Jurusan Perkapalan ada kesalahan-kesalahan yang disengaja maupun tidak disengaja.
3. Ir. Lukman Bochari, MT selaku pembimbing II saya. Saya ucapkan banyak terima kasih atas ilmu yang diberikan selama pengerjaan tugas akhir ini.
4. Bapak Dr. Eng. Suandar Baso, S.T. M.T selaku Ketua Departemen Teknik Perkapalan Universitas Hasanuddin yang selalu membimbing dan mendorong saya untuk menyelesaikan tugas akhir.
5. Dosen - dosen Laboratorium Hidrodinamika Kapal dan selaku Penguji dalam tugas akhir ini Prof. Ir. H. Mansyur Hasbullah, M.Eng. dan Ibu Andi Dian Eka Anggriani terima kasih atas ilmu yang diberikan.
6. Seluruh Dosen Perkapalan Universitas Hasanuddin, terima kasih atas semua ilmu yang telah diberikan selama saya berkuliah di Jurusan Perkapalan Universitas Hasanuddin.
7. Seluruh Staf Jurusan Perkapalan Universitas Hasanuddin, terima kasih atas semua bantuan yang diberikan selama saya berkuliah di Jurusan Perkapalan Universitas Hasanuddin.
8. Saudara/saudari Teknik Perkapalan 2016 terima kasih atas kebersamaannya selama masa – masa perkuliahan.
9. Teman - teman Cruizer 2016, terima kasih telah memberi pengalaman tentang persahabatan dan kekeluargaan selama penulis menuntut ilmu di Jurusan Perkapalan Universitas Hasanuddin.
10. Sahabat – sahabat tercinta saya, Annisa Indah Anggoro, Andi Nur Fajri Suloi, Auliah Ramli, Arwinni Angraeny A, Rivqa Musjhatahida Arsyad, Zargitha Cahyani Moeya terima kasih atas segala dukungannya.
11. Sahabat seperjuangan perkuliahan saya, Nurul Awaliyah Mustari, Mila Karmila, Annisa Fitrah Ramadhani, Andi Mahira MH, Yunanda Ika

Ramdhani, terima kasih untuk selalu berada disamping saya dalam kondisi apapun.

12. Kanda – Kanda dan dinda – dinda sesama Mahasiswa Jurusan Perkapalan yang hadir sebagai keluarga bagi saya selama berkuliah di Jurusan Perkapalan Universitas Hasanuddin.

13. Dan kepada sepupu-sepupu saya yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu, terima kasih atas dukungan dan doanya selama 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. Akhirnya penulis berharap semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi peneliti sendiri maupun bagi semua pihak yang berkenan untuk membaca dan mempelajarinya. Semoga Allah Azza Wajalla senantiasa memberikan rahmat dan karunia-Nya kepada kita semua.Aamiin.

*Wassalamu'alaikumwr.wb.*

Makassar, 1 Februari 2021

Penulis

## DAFTAR ISI

### LEMBAR PENGESAHAN

<b>ABSTRACT</b> .....	i
<b>ABSTRAK</b> .....	ii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi

### BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Dan Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3

### BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Kapal .....	5
2.2 Semi Displacement Ship .....	6
2.3 Stepped Hull .....	8
2.4 Trim Kapal .....	10
2.5 Aliran Fluida .....	11
2.5 Aliran Vortex .....	17
2.6 Maxsurf Pro.....	20

2.6.1 Program Maxsurf Modeler .....	20
2.6.2 Program Maxsurf Resistance .....	22

### **BAB III METODE PENELITIAN**

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian .....	25
3.2 Jenis Penelitian.....	25
3.3 Metode Pengumpulan Data.....	25
3.4 Metode Pengolahan Data .....	25
3.4.1 Data Kapal.....	26
3.4.2 Pemodelan Kapal Cepat dengan Stepped .....	26
3.4.3 Pengkondisian Trim Model Kapal .....	27
3.4.4 Karakteristik Pola Aliran Model Kapal dengan Aplikasi Maxsurf .....	28
3.4.5 Penarikan Kesimpulan .....	32
3.5 Kerangka Pemikiran.....	32

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 Desain Hidrostatik.....	33
4.2 Kondisi Trim .....	37
4.3 Karakteristik Pola Aliran Model Kapal .....	38
4.3.1 Kondisi Even Keel .....	38
4.3.2 Kondisi Trim 1 Derajat .....	42
4.3.3 Kondisi Trim 2 Derajat .....	45
4.3.4 Kondisi Trim 3 Derajat .....	48
4.4 Analisis Pola Aliran Kapal Varian Stepped .....	52



4.4.1 Model Kapal 1 Stepped.....	53
4.4.2 Model Kapal 2 Stepped.....	59
4.4.3 Model Kapal 3 Stepped.....	65
4.5 Hasil Analisis .....	72

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan .....	73
5.2 Saran.....	73

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kapal Feri .....	6
Gambar 2.2 Displacement Ship.....	7
Gambar 2.3 Hull Planing Ship .....	7
Gambar 2.4 Semi-displacement Ship .....	7
Gambar 2.5 Kapal menggunakan Stepped Hull .....	8
Gambar 2.6 Kapal menggunakan Stepped Hull .....	9
Gambar 2.7 Kapal Kondisi Even Keel .....	10
Gambar 2.8 Kapal Kondisi Trim by Stren .....	11
Gambar 2.9 Kapal Kondisi Trim by Head .....	11
Gambar 2.10 Aliran Stremline yang Melintasi Body Kapal .....	11
Gambar 2.11 Contoh Aliran Fluida Sub-Marged.....	15
Gambar 2.12 Aliran Laminer .....	16
Gambar 2.13 Aliran Transisi.....	16
Gambar 2.14 Aliran Turbulen .....	17
Gambar 2.15 Skema bentuk lapisan geser .....	18
Gambar 2.16 Skema mekanisme pelepasan vortex .....	19
Gambar 2.17 Sistem Kordinat 3D model Maxsurf .....	21
Gambar 3.1 Gambar 3D Kapal Ferri Cepat .....	26
Gambar 3.2 Bodyplan Kapal.....	27
Gambar 3.3 Sketsa Peletakan Stepped Kapal .....	28
Gambar 3.4 Tampilan Awal Maxsurf Resistance .....	29
Gambar 3.5 Tampilan Pemilihan Surface .....	29
Gambar 3.6 Pemilihan Metode Wyman.....	30
Gambar 3.7 Pemilihan Kecepatan Model Kapal .....	30
Gambar 3.8 Pemilihan efficiency Model Kapal.....	30
Gambar 3.9 Merunning Model Kapal .....	31
Gambar 3.10 Karakteristik Pola Aliran yang Terbentuk .....	31
Gambar 4.1 Desain Model Kapal 1 Stepped Tampak Bawah dan Samping.....	34
Gambar 4.2 Desain Model Kapal 2 Stepped Tampak Bawah dan Samping.....	35
Gambar 4.3 Desain Model Kapal 3 Stepped Tampak Bawah dan Samping.....	36

Gambar 4.4 Kondisi Kapal 1 Stepped saat Trim Buritan.....	37
Gambar 4.5 Kondisi Kapal 2 Stepped saat Trim Buritan.....	38
Gambar 4.6 Kondisi Kapal 3 Stepped saat Trim Buritan.....	38
Gambar 4.7 Karakteristik Pola Aliran Kapal 1 Stepped Saat Kondisi Even Keel .....	39
Gambar 4.8 Karakteristik Pola Aliran Kapal 2 Stepped Saat Kondisi Even Keel .....	40
Gambar 4.9 Karakteristik Pola Aliran Kapal 3 Stepped Saat Kondisi Even Keel .....	41
Gambar 4.10 Karakteristik Pola Aliran Kapal 1 Stepped Saat Kondisi trim 1 derajat.....	42
Gambar 4.11 Karakteristik Pola Aliran Kapal 2 Stepped Saat Kondisi trim 1 derajat.....	43
Gambar 4.12 Karakteristik Pola Aliran Kapal 3 Stepped Saat Kondisi trim 1 derajat.....	44
Gambar 4.13 Karakteristik Pola Aliran Kapal 1 Stepped Saat Kondisi trim 2 derajat.....	45
Gambar 4.14 Karakteristik Pola Aliran Kapal 2 Stepped Saat Kondisi trim 2 derajat.....	46
Gambar 4.15 Karakteristik Pola Aliran Kapal 3 Stepped Saat Kondisi trim 2 derajat.....	48
Gambar 4.16 Karakteristik Pola Aliran Kapal 1 Stepped Saat Kondisi trim 3 derajat.....	49
Gambar 4.17 Karakteristik Pola Aliran Kapal 2 Stepped Saat Kondisi trim 3 derajat.....	50
Gambar 4.18 Karakteristik Pola Aliran Kapal 3 Stepped Saat Kondisi trim 3 derajat.....	51
Gambar 4.19 Model Kapal 1 Stepped 2U, Model Kapal 1 Stepped W .....	53
Gambar 4.20 Model Kapal 1 Stepped U, Model Kapal 1 Stepped V .....	53
Gambar 4.21 Model Kapal 1 Stepped 2U, Model Kapal 1 Stepped W .....	54
Gambar 4.22 Model Kapal 1 Stepped U, Model Kapal 1 Stepped V .....	55
Gambar 4.23 Model Kapal 1 Stepped 2U, Model Kapal 1 Stepped W .....	56
Gambar 4.24 Model Kapal 1 Stepped U, Model Kapal 1 Stepped V .....	57
Gambar 4.25 Model Kapal 1 Stepped 2U, Model Kapal 1 Stepped W .....	58

Gambar 4.26 Model Kapal 1 Stepped U, Model Kapal 1 Stepped V .....	58
Gambar 4.27 Model Kapal 2 Stepped 2U, Model Kapal 2 Stepped W .....	59
Gambar 4.28 Model Kapal 2 Stepped U, Model Kapal 2 Stepped V .....	60
Gambar 4.29 Model Kapal 2 Stepped 2U, Model Kapal 2 Stepped W .....	61
Gambar 4.30 Model Kapal 2 Stepped U, Model Kapal 2 Stepped V .....	62
Gambar 4.31 Model Kapal 2 Stepped 2U, Model Kapal 2 Stepped W .....	62
Gambar 4.32 Model Kapal 2 Stepped U, Model Kapal 2 Stepped V .....	63
Gambar 4.33 Model Kapal 2 Stepped 2U, Model Kapal 2 Stepped W .....	64
Gambar 4.34 Model Kapal 2 Stepped U, Model Kapal 2 Stepped V .....	65
Gambar 4.35 Model Kapal 3 Stepped 2U, Model Kapal 3 Stepped W .....	66
Gambar 4.36 Model Kapal 3 Stepped U, Model Kapal 3 Stepped V .....	67
Gambar 4.37 Model Kapal 3 Stepped 2U, Model Kapal 3 Stepped W .....	68
Gambar 4.38 Model Kapal 3 Stepped U, Model Kapal 3 Stepped V .....	69
Gambar 4.39 Model Kapal 3 Stepped 2U, Model Kapal 3 Stepped W .....	69
Gambar 4.40 Model Kapal 3 Stepped U, Model Kapal 3 Stepped V .....	70
Gambar 4.41 Model Kapal 3 Stepped 2U, Model Kapal 3 Stepped W .....	71
Gambar 4.42 Model Kapal 3 Stepped U, Model Kapal 3 Stepped V .....	71

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1 Performance Factor for Racing Stepped Hull .....	9
Tabel 3.1 Tabel Offside Linesplan .....	26
Tabel 4.1 Luas Bidang Basah Kondisi Even Keel dan Trim Buritan .....	37
Tabel 4.2 Nilai Tahanan Model Stepped Kapal dibeberapa Kondisi Trim .....	72
Tabel 4.3 Presentase perbedaan Model Stepped Kapal pada Setiap Kondisi .....	73

## ABSTRACT

**Ainun Chandra P, 2020.** "Study of Flow Pattern Analysis along the Hull of a Ship due to changes in Air Cavity Length". (Supervised by Rosmani and Lukman Bochary)

There are various types of high speed craft in Indonesia, and one of them is the Semi-Displacement ship. Ships with this type of hull do not generally pass through large oceans, although many are capable and have the capability to do so. high speed craft design is always developing to get a ship design that guarantees performance and safety while sailing in the ocean, one of which is the hull modification, namely the addition of a stepped. The principle of using the stepped hull is to reduce the wet surface area due to turbulence under the hull. The stepped shape designs studied were the V, U, W, and 2-U stepped models with the same cross-sectional area of about 4.1899 m<sup>2</sup>. The number of stepped hulls being modeled is categorized as one, two and three stepped hulls. Three hull conditions are assumed to be 4 levels of tilt, namely even keel (0 °), 1 ° stern trim condition, 2 ° stern trim, and 3 ° stern trim. The purpose of this study was to determine the characteristics of the ship flow pattern in several trim conditions in various stepped variants. The method used in this research is numerical method with the help of Maxsurf Modeller software to perform ship modeling and Maxsurf Resistance to perform a characteristic analysis process of flow patterns along the hull. The result of this research shows that the characteristic of the flow pattern that is formed around the hull of the ship is strongly influenced by the shape of the ship's stepped, although the value of the resistance of the ship is the same. Both in keel even conditions and trim conditions.

**Keywords: Semi Planing Hull, Stepped, Ship Trim, Resistance, Flow Pattern, Wyman Method**

## ABSTRAK

**Ainun Chandra P, 2020.** “Studi Analisis Pola Aliran disepanjang Lambung Kapal akibat perubahan Panjang Air Cavity”. (Dibimbing oleh Rosmani dan Lukman Bochary)

Ada berbagai jenis tipe kapal cepat yang berlayar di Indonesia, dan salah satunya adalah kapal Semi-Displacement. Kapal dengan jenis lambung ini pada umumnya tidak melalui lautan luas, meskipun banyak yang mampu dan memiliki jangkauan kemampuan untuk melakukannya. Desain kapal cepat selalu berkembang untuk mendapatkan desain kapal yang menjamin performa dan keselamatan saat berlayar di lautan, salah satunya pada modifikasi hull yaitu penambahan stepped. 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, U, W, dan 2-U dengan luas penampang yang sama yaitu sekitar 4,1899 m<sup>2</sup>. Jumlah dari stepped yang dimodelkan dikategorikan satu, dua dan tiga stepped hull. Tiga kondisi lambung diasumsikan menjadi 4 tingkatan kemiringan yaitu even keel (0°), kondisi trim buritan 1°, trim buritan 2°, dan trim buritan 3°. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana karakteristik pola aliran kapal model kapal pada beberapa kondisi trim pada berbagai varian stepped. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode numerik dengan bantuan software *Maxsurf Modeller* untuk melakukan pemodelan kapal serta *Maxsurf Resistance* untuk melakukan proses analisis karakteristik pola aliran disepanjang lambung kapal. Adapun dari penelitian ini dihasilkan bahwa karakteristik pola aliran yang terbentuk disekitar lambung kapal sangat dipengaruhi oleh bentuk stepped kapal, walaupun nilai tahanan kapal yang di hasilkan sama. Baik itu pada kondisi even keel dan kondidi trim.

**Kata Kunci : Semi Planing Hull, Stepped, Trim Kapal, Tahanan, Pola Aliran, Metode Wyma**

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia merupakan Negara maritim terbesar di dunia. Hampir dua per tiga wilayah Indonesia terdiri dari laut dan sisanya adalah pulau. Sehingga Indonesia menyandang predikat Negara Maritim atau Negara Kepulauan. Sifat maritim itu sendiri lebih mengarah pada terwujudnya aktifitas di wilayah perairan Indonesia, diantaranya eksploritasi, pelayaran, pengangkutan barang, penelitian ekosistem laut, dan penyeberangan. Maka sangat diperlukan alat transportasi jalur laut yang memadai, yaitu kapal.

Ada berbagai jenis type kapal yang berlayar di Indonesia, salah satunya adalah kapal feri. Kapal feri gunakan sebagai moda transportasi penyeberangan antar pulau, diantaranya melalui kapal penyeberangan berupa feri roll on roll off. Kapal feri roro berfungsi untuk mengangkut penumpang dan kendaraan beserta muatannya tetapi ada juga kapal penumpang cepat (high speed feri) yang memberikan alternatif pilihan moda transportasi kapal laut kepada calon penumpang transportasi laut yang digunakan sebagai transportasi penyeberangan antara pulau-pulau kecil yang tidak terjangkau oleh kapal feri roro. Kapal feri cepat ini memiliki kecepatan yang relatif lebih besar dibanding kapal yang lain, ini disebabkan oleh model lambung kapal yang di gunakan, yaitu lambung semi planning hull.

Dewasa ini, 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 bidang basah (weted surface area) karena timbulnya turbulensi dibawah badan kapal dan akan menambah gaya tekan keatas yang akan mengurangi tahanan kapal serta menghasilkan kecepatan yang lebih tinggi. Pada penelitian yang dilakukan Garland, W. R. "*Stepped planing hull investigation, 2010*" desain lambung



kapal menggunakan stepped diketahui memiliki hambatan yang lebih kecil dibandingkan desain model kapal tanpa stepped.

Kapal yang berlaju di permukaan air akan menimbulkan pola aliran di sekitar kapal, pola aliran ini terbentuk akibat hambatan yang terjadi disekitar kapal maka dari itu penambahan stepped pada model kapal akan sangat berpengaruh pada pola aliran yang terjadi di sepanjang lambung kapal. Penambahan stepped dengan kecepatan tertentu akan mengurangi luas area/bagian yang tercelup air, pada saat area/bagian yang tercelup air sedikit dapat menyebabkan kapal bergerak dalam kondisi trim. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk mensimulasikan pola aliran disekitar lambung kapal dengan bantuan software maxsurf resistance.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana karakteristik bentuk pola aliran dengan berbagai bentuk stepped planing hull?
2. Bagaimana pengaruh kondisi trim terhadap pola aliran disekitar kapal?

## **1.3 Batasan Masalah**

Adapun yang menjadi batasan masalah untuk melakukan studi eksperimen ini batasan masalahnya adalah :

1. Tipe kapal yang digunakan pada penelitian ini adalah Kapal feri cepat
2. Bentuk lambung kapal feri cepat yang dianalisa yakni beberapa model bentuk stepped yaitu bentuk stepped U, V, W dan 2-U
3. Prediksi pola aliran disepanjang kapal *semi planning hull* dilakukan dengan software maxsurf
4. Trim buritan disimulasikan dalam 3 kondisi, yakni trim 1 derajat, 2 derajat, 3 derajat
5. Kecepatan yang digunakan 15 Knot

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui bagaimana karakteristik pola aliran kapal berdasarkan nilai tahanan yang di dapatkan menggunakan Software Maxsurf
2. Mengetahui bagaimana perubahan pola aliran disekitar lambung kapal stepped V, U, W, dan 2-U yang terjadi pada setiap kondisi dimulai dari even keel, trim 1 derajat, trim 2 derajat, dan trim 3 derajat.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai tambahan referensi bagi pembaca mengenai pola aliran fluida yang terjadi disepanjang lambung kapal pada berbagai varian stepped

#### **1.6 Sistematika Penulisan**

##### **BAB I: Pendahuluan**

Dalam bab ini mengemukakan tentang informasi secara keseluruhan dari penelitian ini yang berkenaan dengan Latar belakang judul penelitian yang kemudian diturunkan pada Rumusan masalah, Batasan masalah, Tujuan penelitian, Manfaat penelitian, dan sistematika penulisan yang digunakan dalam penelitian ini.

##### **BAB II: Tinjauan Pustaka**

Bab ini menguraikan dengan singkat tentang teori-teori yang digunakan sebagai dasar dalam penelitian ini.

##### **BAB III: Metodologi Penelitian**

Dalam bab ini dikemukakan mengenai lokasi atau daerah penelitian, waktu penelitian, jenis penelitian, jenis data, teknik pengolahan data, serta kerangka pikir penelitian.

##### **BAB IV: Hasil dan Pembahasan**

Dalam bab ini berisikan 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 tentang penelitian ini.

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Kapal

Kapal penumpang jenis Feri, Kapal Feri atau yang juga biasa dikenal dengan kapal penyebrangan adalah sebuah kapal transportasi jarak dekat yang memenuhi syarat-syarat pelayaran di laut yang digunakan untuk menyelenggarakan perhubungan tetap misalnya saja pelayaran antar pulau. Kapal Feri memiliki peranan yang sangat penting dalam sistem pengangkutan terutama bagi kota-kota yang berada di pesisir pantai. (*Wikipedia.org*)

Sejalan dengan pertumbuhan ekonomi dunia saat ini, kapal feri bukan lagi merupakan kapal penyebrangan kecil, tetapi sudah meningkat pada ukuran yang besar dengan muatan tidak hanya penumpang tetapi juga; mobil, truck, bus dan lain-lain. Kapal feri juga tidak hanya melayani route pendek tetapi juga route panjang antar negara. Pada umumnya kapal feri mempunyai karakteristik tersendiri yang membedakannya dari kapal jenis lain. Dalam membuat desain kapal feri sendiri ada batasan dan kriteria tertentu yang harus diperhatikan, seperti bentuk lambung kapal, bentuk lambung kapal conventional U atau V tidak selalu dapat diterapkan dalam desain kapal feri modern. Tuntutan untuk mengoptimalkan desain lambung kapal ditinjau dari segi teknis dan operasional telah melahirkan inovasi-inovasi baru dalam desain bentuk lambung kapal feri, seperti bentuk pram, terowongan, ataupun lambung kapal dengan skeg ganda, dan masih banyak lagi. Inovasi dalam desain dan pengkajian performance kapal feri ini tidak dapat lepas dari peran suatu laboratorium hidrodinamika. (<http://shipissip.blogspot.com/2015/05/1-pengertiankapal-feri-kapal-penumpang.html>).



Sumber : (<https://www.easybook.com/zh-my/feri/operator/sindo-feri>)

Gambar 2.1 Kapal Feri

## 2.2 Semi Displacement Ship

Dalam merancang kapal diketahui 3 bentuk lambung kapal yang umum, yaitu *displacement*, *hull planing* dan *semi-displacement*. Perbedaan dari ketiga desain diatas yaitu untuk lambung yang memakai bentuk *displacement ship* adalah untuk kapal-kapal yang berukuran besar dan jarak pelayaran yang jauh. Sedangkan untuk kapal yang memakai bentuk *hull planing* adalah kapal-kapal yang memiliki bentuk lambung seperti huruf V, biasanya kapal-kapal ini memiliki kecepatan yang tinggi dan penggunaan bahan bakar yang efisien.

Kapal *semi-displacement ship* adalah bentuk kapal yang bisa dikatakan sebagai bentuk kapal yang terbaik dibanding bentuk lambung yang lain. Kapal dengan bentuk *semi-displacement* dapat mencapai kecepatan yang lebih tinggi sekitar 35% dibandingkan dengan bentuk lambung *displacement* dengan daya mesin yang sama. Pada kapal dengan bentuk *semi displacement* hal yang terpenting adalah berat kapal akan disangga lebih banyak oleh gaya angkat hidrodinamik dari pada hidrostatis. Gaya angkat hidrodinamik ini timbul karena adanya deviasi aliran di sekitar dasar kapal bagian buritan, sehingga mengakibatkan kapal trim. Pada fase ini titik berat kapal akan naik sehingga haluan kapal akan terus naik ke arah permukaan, sedangkan bagian buritannya akan berangsur-angsur terbenam.

(<https://www.oceansportstuition.co.uk/differences-planing-displacement-semi-displacement-hull/>)



Sumber : (<https://www.oceansportstuition.co.uk/differences-planingdisplacement-semi-displacement-hull/>)

*Gambar 2.2 Displacement Ship*



Sumber : (<https://www.oceansportstuition.co.uk/differences-planing-displacement-semi-displacement-hull/>)

*Gambar 2.3 Hull Planing Ship*



Sumber : (<https://www.oceansportstuition.co.uk/differences-planing-displacement-semi-displacement-hull/>)

*Gambar 2.4 Semi-displacement Ship*

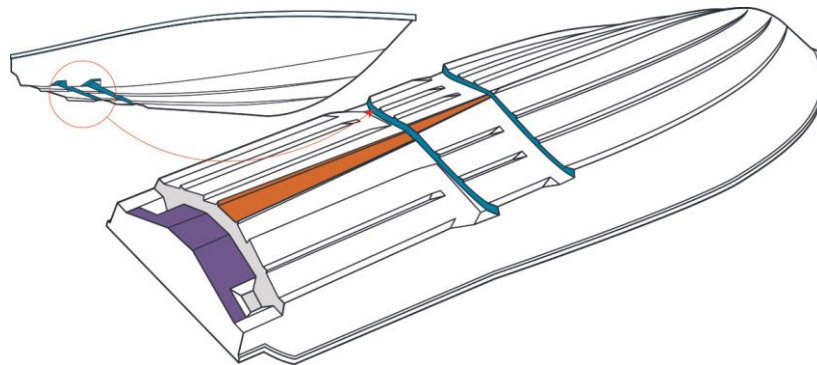
### 2.3 Stepped Hull

*Step* adalah bidang pada lambung yang bertujuan untuk mengurangi jumlah permukaan lambung yang tercelup air, atau biasa disebut juga bentuk “V”. Steps memiliki bukaan yang besar pada sisi *outboard* pada lambung untuk memberi udara yang bertujuan untuk menyedot kebawa. Pada umumnya, *stepped hull* dapat meningkatkan kecepatan sekitar 10 – 15 % yang diinginkan antara memakai *stepped hull* dengan yang tidak memakai *stepped hull*. Dengan power pada mesin yang sama. Suatu alasan mengapa *stepped hulls* lebih efektif adalah area/bagian yang tercelup air bisa dibagi beberapa beam dibandingkan dengan panjang kapal, lebar (*highaspect*) 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.



Sumber : (<https://www.bdoutdoors.com/stepped-hulls-hull-boat/>)

Gambar 2.5 : Kapal yang menggunakan Stepped Hull

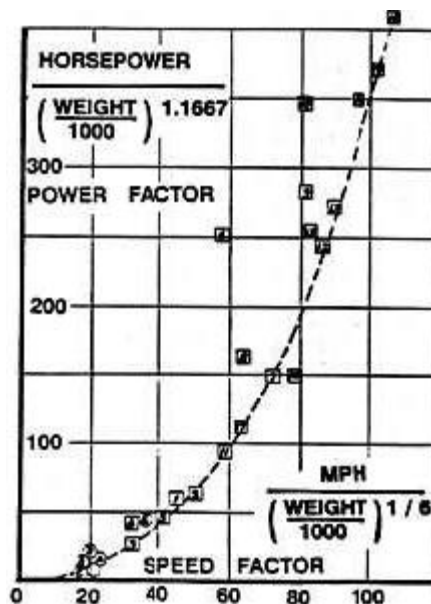


Sumber : (<https://www.saltwatersportsman.com/stepped-hull-benefits-for-boats/>).

Gambar 2.6 : Kapal yang menggunakan Stepped Hull

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. Grafik dari performance factor menunjukkan data actual speed dari racing stepped hulls. Data yang di dapat dan mengacu pada angka-angka di dalam grafik Tabel 2.1.

Tabel 2.1 : Performance Factor for Racing Stepped Hulls



Sumber : (<https://docplayer.info/52856524-Testing-position-step-hull-at-the-national-corvette-battleship-the-size-of-90-meters-with-cfd-analysis-approach.html>).

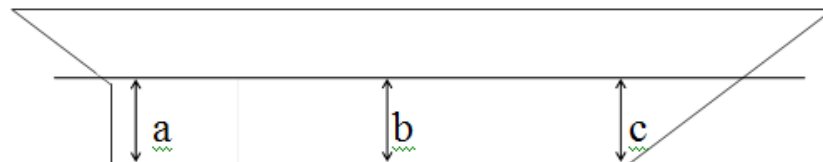
Perlu dihitung berdasar urutan menurut tahun ketika kecepatan-kecepatan itu diperoleh. Peningkatanpeningkatan yang urutan dalam faktor



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 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 menaikkan efisiensi kapal. Berat kapal menggunakan udara untuk menahan , tidak harus menggunakan air. Udara mempunyai tahanan jauh lebih kecil dibanding air.

## 2.4 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*.

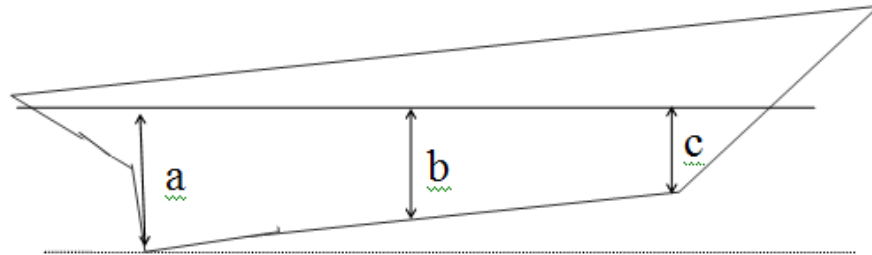


Sumber (<http://www.maritimeworld.web.id>).

Gambar 2.7 Kapal Kondisi Even Keel.

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 *hogging* atau *sagging*.

Gambar II

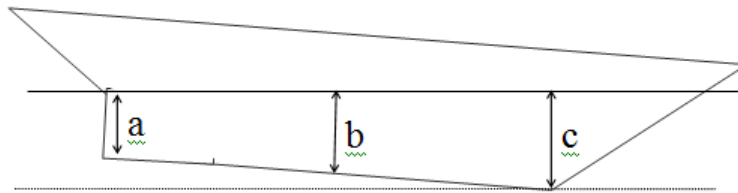


Sumber (<http://www.maritimeworld.web.id>).

Gambar 2.8 Kapal Kondisi Trim by Stern.

Gambar 2.8 menunjukkan kapal *trim by stern* yaitu *draft* balakang lebih besar dari *draft* depan ( a tidak sama dengan c ).

Gambar III



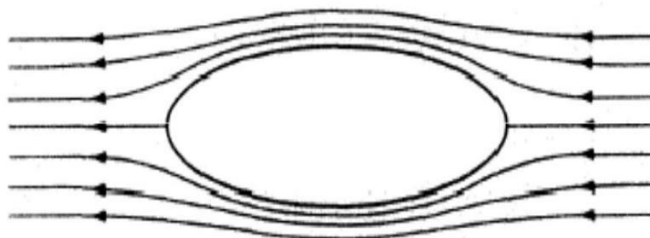
Sumber (<http://www.maritimeworld.web.id>).

Gambar 2.9 Kapal Kondisi Trim by Head.

Gambar 2.9 menunjukkan kapal *trim by Head* yaitu *draft* balakang lebih kecil dari *draft* depan ( a tidak sama dengan c ).

## 2.5 Aliran Fluida

Hidrodinamika klasik mengarahkan pada bagaimana bentuk pola aliran fluida yang melintasi suatu body seperti yang ditunjukkan pada *Gambar 2.7*



Sumber : (Sumber : Suryo W. Adji,2009)

Gambar 2.10. Aliran *streamline* yang melintasi suatu body

Ketika fluida bergerak melintasi body, jarak antara *streamline* tersebut mengalami perubahan, dan kecepatan aliran fluida pun juga mengalami perubahan, hal ini disebabkan aliran massa-nya didalam *streamlines* tersebut adalah konstan. Berdasarkan teorema Bernaulli maka hal ini juga berkaitan dengan adanya perubahan tekanan. Untuk suatu *streamline* yang diberikan tersebut; jika  $p$ ,  $\rho$ ,  $v$ , dan  $h$  adalah Tekanan, Massa Jenis, Kecepatan, dan Tinggi tertentu dari garis datar, maka dapat di formulasikan sebagai berikut. (Suryo W. Adji, 2009)

$$\frac{p}{\rho} + \frac{v^2}{2} + gh = constant \quad (2.1)$$

Teori hidrodinamika sederhana senantiasa bekerja dengan fluida tanpa viskositanya. Didalam suatu sistem fluida *non-viscous*. Suatu body yang ditenggelamkan dan digerakan 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 bodi. Gaya - gaya lokal tersebut terjadi sebagai akibat terjadinya perubahan tekanan, yang diakibatkan oleh adanya perubahan kecepatan di dalam aliran fluida (Suryo W. Adji, 2009).

Dalam mempelajari dinamika aliran fluida, maka akan sangat berguna bila kita kembangkan suatu angka dari parameter - parameter non-dimensional. Dimana angka tersebut dapat meng-karakteristikan aliran dan gaya-gaya yang bekerja, hal ini didasari pada sifat-sifat fluidanya. Sifat-sifat fisik fluida yang erat hubungannya dalam mempelajari tahanan kapal adalah Massa Jenis [ $\rho$ ], Viskositas [ $\mu$ ], Tekanan Statis Fluida [ $p$ ]. Jika Tahanan Kapal (*resistance*) adalah [ $R$ ], Kecepatan adalah [ $V$ ], dan Panjang adalah [ $L$ ], maka Tahanan kapal dalam analisa dimensional dapat diformulsikan sebagai berikut (Suryo W. Adji, 2009). :

$$R = \frac{R=f [L^a V^b \rho^c \mu^d g^e p^f]}{15} \quad (2.2)$$

Sejumlah quantity yang masuk pada ekspresi formulasi tersebut diatas, masih dapat diekspresikan ke bentuk *fundamental dimensions*; Dimensi Waktu [T], Dimensi Massa [M], dan Dimensi Panjang [L]. Sebagai contoh Tahanan Kapal [R] adalah gaya, sehingga memiliki dimensi fundamental  $[MLT^{-2}]$  dan Massa Jenis  $[\rho]$  memiliki dimensi  $[ML^{-3}]$ , dan sebagainya, maka dengan men- substitusi keseluruhan parameter ke bentuk dimensi fundamental-nya, diperoleh hubungan (Suryo W. Adji, 2009). :

$$\frac{ML}{T^2} = f \left[ \left( \frac{L}{T} \right)^b \left( \frac{M}{L^3} \right)^c \left( \frac{M}{LT} \right)^d \left( \frac{L}{T^2} \right)^e \left( \frac{M}{LT^2} \right)^f \right] \quad (2.3)$$

Dari persamaan tersebut diperoleh dua kelompok persamaan dimensi fundamental, yakni persamaan dimensi fundamental dengan angka pangkat yang diketahui dan yang lainnya dengan angka pangkat yang tidak diketahui. Untuk persamaan dimensi fundamental dengan angka pangkatnya tidak diketahui, maka dapat digolongkan menjadi tiga ekspresi, sebagai berikut (Suryo W. Adji, 2009).

$$R = \rho V^2 L^2 f \left[ f_1 \left( \frac{\mu}{\rho V L} \right)^b, \left( \frac{gL}{V^2} \right)^b, \left( \frac{p}{\rho V^2} \right)^b \right] \quad (2.4)$$

Maka, persamaan keseluruhan dari Tahanan (resistence) dapat ditulis sebagai berikut (Suryo W. Adji, 2009) :

$$R = \rho V^2 L^2 f \left[ f_1 \left( \frac{\mu}{\rho V L} \right)^b, f_2 \left( \frac{gL}{V^2} \right)^b, f_{31} \left( \frac{p}{\rho V^2} \right)^b \right] \quad (2.5)$$

Sehingga melalui analisa terhadap ekspresi tersebut diatas, dapat diindikasikan bahwa kombinasi non- dimensional yang signifikan adalah (Suryo W. Adji, 2009). :

$$\frac{R}{\rho V^2 L^2}, VL \frac{\rho}{\mu}, \frac{V}{(gL)^{0.5}}, \frac{p}{\rho V^2} \quad (2.6)$$

Dari ketiga rasio tersebut diatas, diperoleh, *Resistance Coefficient* ( $C_T$ ), *Reynold Number* ( $Re$ ), *Froude number* ( $Fn$ ). Sedangkan rasio yang keempat adalah mempunyai relasi terhadap Kavitasi. Pada topik Tahanan

Kapal, yang paling sering digunakan adalah angka  $Re$  dan  $Fn$  (Suryo W. Adji, 2009).

Rasio  $\mu/\rho$  adalah dikenal dengan pengertian angka viskositas kinematis, yang dinyatakan dengan notasi  $\nu$ . Jika  $L^2$  pada ekspresi rasio non-dimensional yang pertama tersebut adalah merupakan luasan basah dari bodi, yang dinotasikan dengan  $S$ , maka ketiga rasio non-dimensional diatas dapat diekspresikan menjadi, sebagai berikut (Suryo W. Adji, 2009). :

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

Dan Tahanan Kapal (*Resistance*) dapat diformulasikan dengan ekspresi dibawah ini (Suryo W. Adji, 2009). :

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

Dimana  $C_T$  adalah koefisien Tahanan Kapal total yang merupakan fungsi dari  $Re$  dan  $Fn$ , secara sistematis diformulasikan sebagai berikut (Suryo W. Adji, 2009)

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

Dimana :

$C_d$  = coefficient of drag

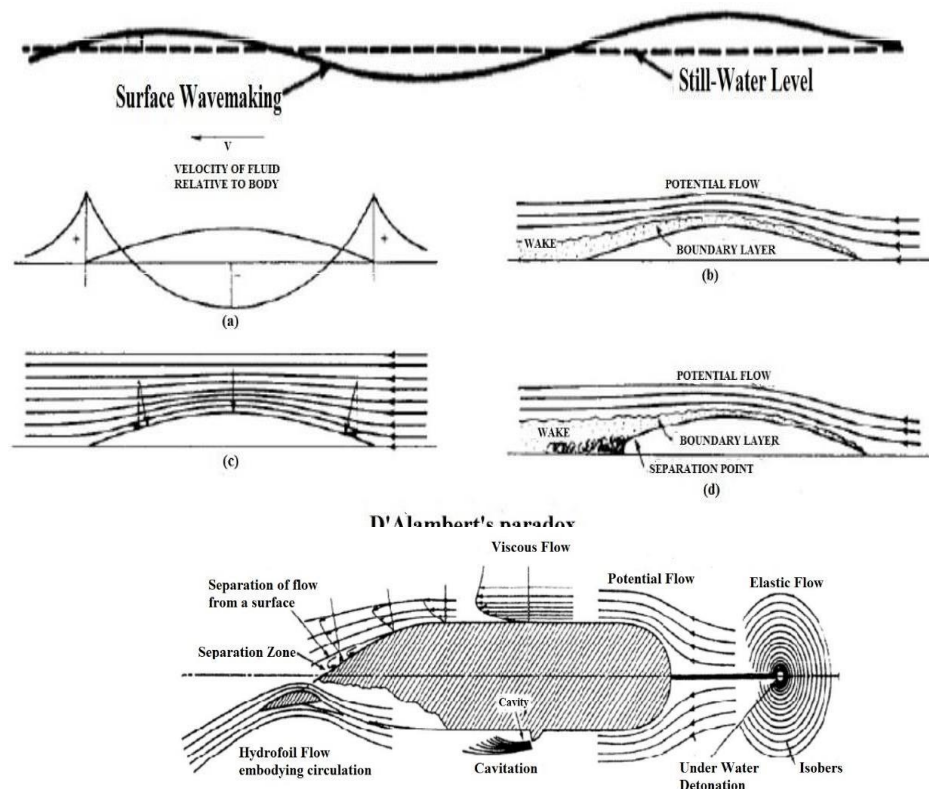
$F_d$  = drag force (N)

$\rho$  = density of fluid (1025 kg/m<sup>3</sup>)

$v$  = velocity relative to fluid (m/s)

$A$  = cross sectional area (m<sup>2</sup>)

Beberapa contoh pola aliran fluida dari suatu *Sub-marged* body (*no wave*) (Suryo W. Adji, 2009). :



Sumber : (Suryo W. Adji, 2009)

Gambar 2.11 Contoh Aliran Fluida Sub-Marged

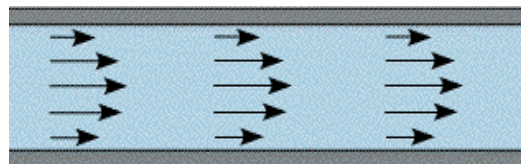
Fenomena aliran yang terkait dengan bentuk lambung kapal adalah aliran laminar, transisi dan turbulen. Hal yang paling berpengaruh terhadap bagaimana aliran yang terjadi pada lambung kapal adalah bentuk dari lambung kapal itu sendiri. Dalam hal ini, fenomena yang terjadi adalah *skin friction* yang nantinya akan menghasilkan bentuk aliran yang bersifat laminar dan turbulen. *Skin friction* memiliki nilai proposional dengan besar luasan basah. *Skin friction drag* pada sebuah pelat tipis sejajar dengan aliran fluida dapat berupa aliran laminar, turbulen atau campuran antara keduanya (Sardjadi, 2003).

Untuk menguji apakah suatu aliran laminar atau turbulen, biasanya digunakan formulasinya yang dikenal dengan Reynold number. Reynold number dirumuskan sebagai sebuah rasio dari hasil perkalian antara kecepatan dan panjang benda (kapal) dibagi dengan viskositas fluida yang dilaluinya. Pada nilai Reynold number yang tinggi, lapisan fluida yang

bergeser pada lapisan batas laminer bergulung-bergulung dan berputar dalam gumpalan-gumpalan. Pada kondisi ini noise dan skin friction menjadi semakin besar. Daerah pada lapisan ini di kenal dengan lapisan batas turbulen. Sedangkan area perubahan dari laminer ke turbulen disebut daerah transisi (Sardjadi,2003).

1. Aliran laminer ( $R_e < 2300$ )

Adalah aliran fluida yang ditunjukkan dengan gerak partikel-partikel fluidanya sejajar dengan garis-garis arusnya. Dalam aliran laminer, partikel-partikel fluida seolah-olah bergerak sepanjang lintasan-lintasan yang halus dan lancar, dengan satu lapisan meluncur satu arah pada lapisan yang bersebelahan. Sifat kekentalan zat cair berperan penting dalam pembentukan aliran laminer. Aliran laminer bersifat *steady* maksudnya alirannya tetap. Hal ini menunjukkan bahwa di seluruh aliran air, debit alirannya tetap atau kecepatan alirannya tidak berubah menurut waktu (Senoaji,2015).

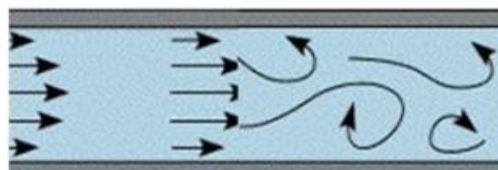


Sumber : (Senoaji,2015).

Gambar 2.12 Aliran Laminer

2. Aliran transisi ( $2300 > R_e > 4000$ )

Aliran Transisi adalah dimana kondisi partikel fluida berada pada peralihan dari kondisi seragam menuju kondisi acak, pada kondisi nyatanya kondisi seperti ini sangat sulit terjadi (Senoaji,2015).

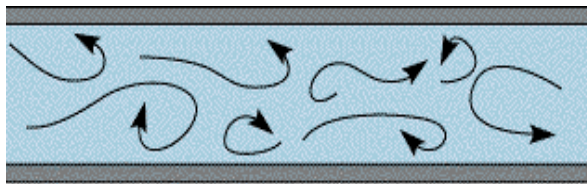


Sumber : (Senoaji,2015).

Gambar 2.13 Aliran Transisi

### 3. Aliran turbulen ( $Re > 4000$ )

Kecepatan aliran yang relatif besar akan menghasilkan aliran yang tidak laminar melainkan kompleks, lintasan gerak partikel saling tidak teratur antara satu dengan yang lain. Sehingga didapatkan ciri dari aliran turbulen yaitu tidak adanya keteraturan dalam lintasan fluidanya, aliran banyak bercampur, kecepatan fluida tinggi, panjang skala aliran besar dan viskositasnya rendah (Senoaji, 2015).



Sumber : (Senoaji, 2015).

Gambar 2.114 Aliran Turbulen

## 2.6 Aliran Vortex

Bila suatu medan aliran fluida (air atau udara, misalnya) terhalang oleh sebuah benda maka pola aliran fluida tersebut akan terganggu dari kondisi stasionernya lalu akan mencari kondisi kesetimbangan barunya. Misalkan pada kasus sebuah silinder yang berada dalam aliran steady, maka akan terjadilah suatu pola aliran tertentu di sekeliling permukaan silinder tersebut. Ternyata, pola aliran ini salah satunya tergantung pada suatu parameter yang disebut Angka Reynolds (Reynolds number),  $Re$ . Parameter aliran fluida ini didefinisikan dengan (Rudi W. Prastinto, 2006):

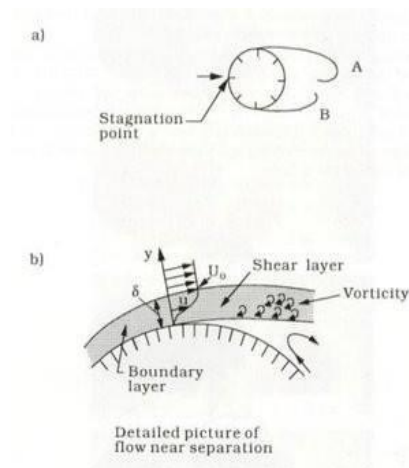
$$2.7 \quad Re = \frac{D \cdot U}{\mu} \quad (2.10)$$

Dimana,  $D$  adalah diameter silinder,  $U$  adalah kecepatan aliran fluida datangnya dan  $\mu$  menyatakan viskositas kinematis fluida.

Berdasarkan banyak percobaan visualisasi aliran yang telah dilakukan, nilai  $Re$  inilah yang akan menentukan bagaimana bentuk pola aliran yang akan terjadi. Beberapa di antaranya misalnya, bila nilai  $Re < 5$ , maka yang terjadi adalah pola aliran yang mulus, tanpa terjadi pusaran- pusaran lokal fluida (*vortex*) dan tidak terjadi pula



pemisahan aliran pada saat aliran sudah melewati silinder (*creeping flow*). Selanjutnya bila kecepatan aliran dinaikkan, yang berarti nilai  $Re$  makin bertambah besar, misalnya untuk rentang  $5 < Re < 40$ , maka akan mulai terbentuk vortek. Dalam rentang nilai  $Re$  ini akan terbentuk sepasang vortek simetris di belakang silinder yang berputar stasioner tanpa terpecah selama rentang nilai  $Re$  tidak berubah (Rudi W. Prastinto, 2006).



Sumber : (Rusi W. Prastinto, 2006)

Gambar 2.15 : Skema terbentuknya lapisan geser (*sheer layer*)

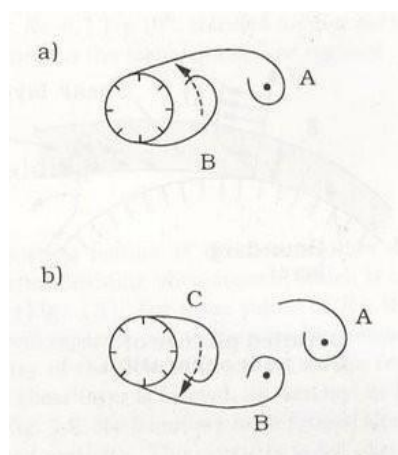
Namun ketika nilai  $Re$  ini terus dinaikkan, maka medan aliran makin menjadi tidak stabil, yang mana lambat-laun formasi vortek yang terbentuk mulai berantakan dengan pola-pola yang tertentu. Maka pada saat itulah akan timbul suatu fenomena yang dinamakan Pelepasan Vortek (*Vortex Shedding*), yang mulai terjadi pada saat nilai  $Re > 40$ . Fenomena ini adalah terlepasnya vortek secara bolak-balik di sisi-sisi silinder dengan pola dan frekuensi tertentu. Pola pelepasan vortek ini pun secara lebih detil akan memiliki bentuk tertentu sesuai dengan rentang angka  $Re$ -nya (Rudi W. Prastinto, 2006).

Fenomena pelepasan vortek ini memang biasa terjadi pada hampir semua jenis aliran fluida yang memiliki nilai angka  $Re > 40$ . Pada nilai  $Re$  ini, lapisan batas (*boundary layer*) di sekeliling permukaan silinder akan memisah akibat adanya gradien tekanan balik dari geometri yang divergen

dari aliran di sekitar sisi belakang silinder. Akibatnya terbentuklah suatu lapisan geser (Rudi W. Prastinto, 2006).

Secara sederhana pelepasan *vortex*, yakni jika  $Re > 40$ , maka pasangan vortices yang terbentuk menjadi tidak stabil oleh gangguan/usikan kecil, sehingga salah satu vortek akan tumbuh lebih besar dari yang lainnya (lihat gambar sket terjadinya *vortex shedding*). *Vorticity* dalam Vortek A berputar searah jarum jam (CW), sedangkan *vorticity* dalam Vortek B berputar berlawanan arah jarum jam (CCW). Selanjutnya gerakan aliran *vorticity* yang CCW akan memotong aliran *vorticity* yang mensuplay Vortek A, sehingga Vortek A terlepas lalu menjadi vortek bebas dan akhirnya terseret aliran ke arah belakang/menjauhi silinder (Rudi W. Prastinto, 2006).

Setelah vortek A terlepas, terbentuklah vortek baru menggantikan vortek A yaitu Vortek C. Maka selanjutnya, Vortek B akan mengalami hal yang sama dengan Vortek A sebelumnya, yaitu pertama, ukuran dan kekuatannya makin membesar lalu terpotong oleh Vortek C dan akhirnya terlepas menjadi vortek bebas. Proses seperti ini akan berlangsung terus-menerus setiap terjadi pelepasan vortek baru pada setiap sisi silinder seperti gambar dibawah ini (Rudi W. Prastinto, 2006).



Sumber : (Rusi W. Prastinto, 2006)

Gambar 2.16 : Skema mekanisme pelepasan vortex pada sebuah silinder dalam aliran steady

## 2.8 Maxsurf Pro

Bentley maxsurf adalah program komputer yang dikembangkan oleh FormSys (Formating Design System), dibawah naungan Bentley sejak tahun 2011, yang merupakan pengembangan dari beberapa program komputer yaitu SCAS, Maxsurf dan Moses.

Maxsurf adalah program aplikasi spesialis dalam bidang arsitektur laut dan galangan kapal, teknik lepas pantai dan rekayasa struktur. Program ini dapat memvisualisasikan, dan mengoptimalkan desain kapal dengan pengaturan lengkap yang telah di integrasikan.

Maxsurf terdiri dari beberapa sub-program aplikasi, yaitu:

1. Maxsurf modeler
2. Maxsurf motion
3. Maxsurf resistance
4. Maxsurf stability
5. Maxsurf structure
6. Maxsurf fitting
7. Maxsurf link
8. Masurf vpp

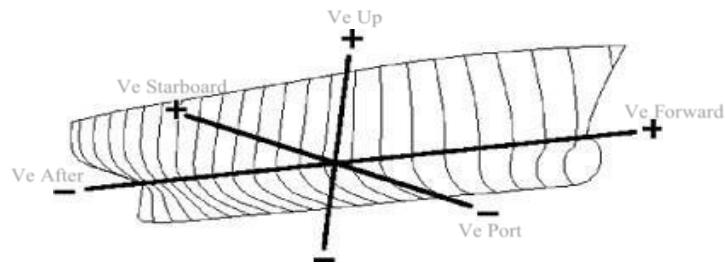
Beberapa fungsi pada program aplikasi ini seperti membuat bentuk lambung yang seimbang, sesuai dengan persyaratan stabilitas, tahanan kapal, *seakeeping* dan kekuatan kapal.

### 2.6.1 Maxsurf Modeler

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 2.13 berikut



Sumber : (Rodditul Awwalin, 2014)

Gambar 2.17 : Sistem koordinat 3D model maxsurf

Window : Tampak Pandangan

Body Plan : Tampak depan haluan dan buritan

Profile view : Tampak samping kanan, starboard side

Plan view : Tampak dari bawah, starboard above the centerline

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

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

3. Pengaturan satuan

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

4. Pengaturan *desain grid*

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

5. *View assembly* dan *properties*

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

Sedangkan dalam desain dan pemodelan yang digunakan aplikasi masurf modeler terdiri atas beberapa langkah sebagai berikut.

1. Pemilihan jenis *surface*

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

- *section plane* : surface dengan bentuk melintang

- *water plane* : *surface* dengan bentuk penampang air

- *buttock plan* : *surface* dengan bentuk membujur

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

## 2. Size *surface*

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

## 3. *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*.

## 4. *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*.

## 5. *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.

### 2.6.2 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 desain*

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

## 2. Analisis

*Menu : Analysis > Methods*

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

### a. Planing

- Savitsky pre-planing
- Savistky planing
- 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 maximum*

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 analysis >Klik*

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

1. *Graph*

2. *Result table*

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.