

STUDI TAHANAN KAPAL AKIBAT PENGARUH DOUBLE PARABOLIC

VORTEX GENERATOR: POSISI BERLAWANAN

SKRIPSI

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



OLEH :

NAMA : MUHAMMAD IRSYAAD TSAQIF

NIM : D031 18 1509

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK PERKAPALAN

DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2023

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

STUDI TAHANAN KAPAL AKIBAT PENGARUH DOUBLE PARABOLIC VORTEX GENERATOR: POSISI BERLAWANAN

Disusun dan diajukan oleh:


MUHAMMAD IRSYAAD TSAQIF

D031 18 1509

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian
Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Perkapalan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada Tanggal 09 Maret 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

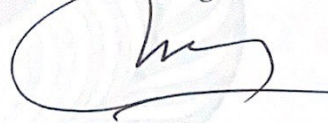
Menyetujui,

Pembimbing I



Ir. Lukman Bochariy, MT.
NIP: 19581127 198803 1 001

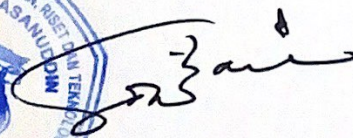
Pembimbing II



Prof. Ir. Mansyur Hasbullah, M.Eng
NIP: 19490814 197909 1 002

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 : **Muhammad Irsyaad Tsaqif**
NIM : **D031181509**
Program Studi : **Teknik Perkapalan**
Jenjang : **SI**

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

“Studi Tahanan Kapal Akibat Pengaruh Double Parabolic Vortex Generator: Posisi Berlawanan Arah”

Adalah karya tulisan saya sendiri, bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dari bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

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

Gowa, Maret 2023

Yang Menyatakan,



Muhammad Irsyaad Tsaqif

**STUDI TAHANAN KAPAL AKIBAT PENGARUH DOUBLE PARABOLIC
VORTEX GENERATOR: POSISI BERLAWANAN ARAH**

Muhammad Irsyaad Tsaqif, Lukaman Bochari, Mansyur Hasbullah

Departemen Perkapalan

Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Gowa

Jl. Poros Malino, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92119

ABSTRAK

Dewasa ini, kapal cepat memiliki kecepatan yang relatif besar dibanding kapal lain. Seiring perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi desain Kapal cepat mengalami perubahan atau modifikasi guna mendapatkan desain kapal yang menjamin performa dan keselamatan kapal saat berlayar di lautan, salah satunya pada modifikasi *Vortex generator*. Salah satu cara modifikasi ialah penambahan bentuk *vortex generator* pada lambung kapal. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk menentukan perbandingan nilai tahanan kapal menggunakan *vortex generator* dan tanpa *vortex generator*. Penelitian dilakukan dengan variasi kecepatan dan trim. Metode pengolahan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode numerik dengan bantuan software *Maxsurf Modeller* dan *Rhinoceros 7* untuk pemodelan, serta *Autodesk CFD (Computational Fluid Dynamic)* dalam melakukan proses analisis nilai tahanan kapal. Dengan didapatkannya hasil tahanan kapal dengan bantuan *Autodesk CFD* maka hasil dari perbandingan model kapal menggunakan *vortex generator* dan tanpa menggunakan *vortex generator* terjadi pengurangan nilai tahanan pada kondisi trim 0° hingga 3° . Dengan persentase pengurangan dari 3.701 N menjadi 3.404 N sebesar 8.02% dengan menggunakan kecepatan model kapal yang sama yaitu 2,016 m/s.

Kata Kunci: Tahanan Kapal, Vortex Generator, dan Autodesk CFD

**STUDY OF SHIP RESISTANCE DUE TO THE EFFECT OF DOUBLE
PARABOLIC VORTEX GENERATOR: POSITION IN OFFERS
DIRECTIONS**

Muhammad Irsyaad Tsaqif, Lukaman Bochary, Mansyur Hasbullah

Shipping Department

Hasanuddin University Faculty of Engineering, Gowa

Jl. Malino Axis, Gowa Regency, South Sulawesi 92119

ABSTRACT

Today, fast boats have a relatively large speed compared to other ships. Along with the development of science and technology, fast ship design has undergone changes or modifications in order to obtain a ship design that guarantees the performance and safety of ships when sailing in the ocean, one of which is modification. *Vortex generator*. One way of modification is the addition of shapes *vortex generator* on the hull. Therefore this study aims to determine the comparison of the resistance value of the ship using *vortex generator* and without *vortex generator*. The research was carried out with variations in speed and trim. The power processing method used in this study is a numerical method with the help of software *Maxsurf Modeller* and *Rhinoceros 7* for modeling, as well *Autodesk CFD (Computational Fluid Dynamic)* in carrying out the process of analyzing the value of ship resistance. By obtaining the results of ship detention with assistance *Autodesk CFD* then the results of the comparison of ship models using *vortex generator* and without using *vortex generator* there is a reduction in the value of resistance at trim conditions 0° to 3° . With a reduction percentage of 3,701 N to 3,404 N of 8.02% using the same ship model speed of 2.016 m/s.

Keywords: Ship Prisoner, *Vortex Generator*, and *Autodesk CFD*

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum warahmattulahi wabarakatuh

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya serta shalawat dan salam penulis curahkan kepada Nabi Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir penelitian ini. Berdasarkan hasil seminar proposal, judul penelitian yang dikaji adalah

“STUDI TAHANAN KAPAL AKIBAT PENGARUH DOUBLE PARABOLIC
VORTEX GENERATOR: POSISI BERLAWANAN ARAH”

Pengerjaan tugas akhir ini merupakan persyaratan bagi setiap mahasiswa untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Penulis menyadari bahwa penyelesaian tugas akhir ini adalah suatu kebanggaan tersendiri, karena tantangan dan hambatan yang menghadang selama mengerjakan tugas akhir ini dapat terlewati dengan usaha dan upaya yang sungguh-sungguh. Dalam penyusunan laporan 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 Ayahanda Syafri Adjdja dan Ibunda Sri Rahayu Ekawati, yang selalu memberi kasih sayang, doa, dukungan, semangat, materi dan nasihat sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini dengan baik.
2. Bapak Ir. Lukman Bochary, MT. selaku pembimbing I dan bapak Prof.Ir.Mansyur Hasbullah, M.Eng. selaku pembimbing II yang telah banyak memberikan bimbingan dalam pengerjaan skripsi ini.
3. Bapak Prof. Dr. Eng. Suandar Baso, ST, MT selaku ketua Departemen Teknik Perkapalan Universitas Hasanuddin. Sekaligus Penasehat Akademik serta Penguji pada penelitian yang saya kerjakan terimakasih selalu membimbing dan memberikan arahan dalam perencanaan mata kuliah.

4. Ibu Ir. Rosmani, MT. selaku Ketua Labo Hidrodinamika Kapal serta Penguji pada penelitian yang saya kerjakan
5. Seluruh staf Departemen Perkapalan Fakultas teknik Universitas Hasanuddin atas segala kebaikan dan kesabarannya selama penulis mengurus segala persuratan di kampus.
6. Seluruh Dosen Jurusan Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala kebaikan dan kemurahan hatinya.
7. Kepada teman-teman angkatan saya THRUZTER 2018, terima kasih telah memberi pengalaman tentang persahabatan selama penulis menuntut ilmu di jurusan perkapalan
8. Saudara-saudaraku “RUMAH BAHAGIA (RB)” yang selalu menemani pengerjaan tugas dari semester 1 hingga semester akhir serta memberi pengalaman hidup dan tempat bagi penulis bercanda. Bangga dan senang memiliki teman seperjuangan seperti kalian.
9. Kepada teman-teman UKM SEPAKBOLA UNHAS terkhusus ANAK SHOLEH Arya, Rahil, Arief zar, Yasin, Uppy, Yassar, Tasbih, Fian, Wanul, Abyan, Sahrul, Arief adiputra terima kasih telah memberi canda dan tawa disaat kumpul bersama
10. Kepada teman-teman seperjuangan skripsi Andromax 18, terimakasih telah menemani penulis dalam mengerjakan tugas akhir di Labratorium Hidrodinamika kapal
11. Penulis menyadari bahwa didalam tugas akhir ini masih banyak terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis memohon maaf. Akhirnya penulis berharap semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi peneliti sendiri maupun bagi semua pihak yang berkenan untuk membaca dan mempelajarinya.

Wa’alaikumus salam warahmatullahi wabarakatuh

Gowa, 20 februari 2023

Penulis

DAFTAR ISI

SAMPUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR KEASLIAN	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR NOTASI	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I - PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penelitian.....	3
BAB II - LANDASAN TEORI	
2.1 Tahanan Kapal	5
2.2 Kapal Cepat.....	9

2.3 Aliran Fluida	9
2.4 Vortex Generator	12
2.5 Autodesk CFD	13
2.6 Hukum Perbandingan.....	13

BAB III - METODE PERHITTUNGAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	18
3.2 Jenis Penelitian.....	18
3.3 Metode Pengumpulan Data.....	18
3.4 Metode Pengolahan Data	18
3.4.1 Data Kapal	19
3.4.2 Desain Vortex Generator	20
3.4.3 Pemodelan Kapal Menggunakan Double Parabolic Vortex Generator.....	20
3.4.4 Simulasi Autodesk CFD	26
3.4.5 Verifikasi.....	30
3.4.6 Analisa Data.....	30
3.4.7 Kesimpulan	31
3.4.8 Kerangka Pikir	32

BAB IV – ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Vortex Generator.....	33
4.2 Nilai <i>Residual In</i> dan <i>Residual Out</i>	33
4.3 Visualisasi Velocity Magnitude,Pola aliran,Static Pressure	34

4.3.1 Visualisasi Velocity Magnitude	34
4.3.2 Visualisasi Pola Aliran.....	39
4.3.3 Visualisasi <i>Static Pressure</i>	45
4.4 Prediksi Tahanan Model Kapal.....	49
BAB V – PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN	

DAFTAR NOTASI

Loa	= Panjang keseluruhan kapal (m)
Lwl	= Panjang garis air kapal (m)
v	= Kecepatan kapal (m/s)
g	= percepatan gravitasi bumi (m/s ²)
Rn	= Angka Reynold
Fn	= Angka Froude
FnV	= Froud Number Volume
V	= volume kapal (m ³)
Cw	= Koefisien waterline
Cb	= Koefisien blok
Slr	= Rasio kecepatan dan panjang kapal
Pc	= Koefisien propulsif
Rt	= Tahanan total (Kn)
Lr	= Skala model
Lm	= Panjang model (m)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Contoh Aliran Laminer	11
Gambar 2.2	Contoh Aliran Transisi	11
Gambar 2.3	Contoh Aliran Turbulen	12
Gambar 2.4	Bentuk Vortex Generator	13
Gambar 3.1	Lines Plan Kapal Pada Software Autocad.....	19
Gambar 3.2	Desain Parabolic vortex generator	20
Gambar 3.3	Tampilan Awal Model Kapal Pada <i>Software Rhinoceros</i>	21
Gambar 3.4	Batas Panjang <i>Vortex Generator</i>	21
Gambar 3.5	Proses Pembuatan <i>Surface</i>	21
Gambar 3.6	Proses <i>Trim</i> Pada <i>Surface</i> di Luar Model Kapal	22
Gambar 3.7	Tampilan <i>Double Parabolic Vortex Generator</i>	22
Gambar 3.8	Proses Pemasangan <i>Vortex Generator</i> Pada Model Kapal	23
Gambar 3.9	Tampilan <i>Vortex Generator</i> Yang Sudah Terpasang.....	23
Gambar 3.10	Tampilan Model Setelah <i>Closed Solid</i>	24
Gambar 3.11	Pemodelan Kolam Uji	25
Gambar 3.12	Kondisi Model Tanpa Menggunakan <i>Vortex Generator</i>	25
Gambar 3.13	Kondisi Model Menggunakan <i>Vortex Generator</i>	26
Gambar 3.14	Visual Tahap <i>Geometry</i> Model Kapal Dan <i>Boundary Layer</i>	27
Gambar 3.15	Visualisasi Input Material Model Kapal Dan <i>Boundary Layer</i>	27
Gambar 3.16	Visualisasi Input <i>Boundary Condition</i> Model Kapal Dan <i>Boundary Layer</i>	28
Gambar 3.17	Visualisasi <i>Mesh Sizing</i> Model Kapal Dan <i>Boundary Layer</i>	28
Gambar 3.18	Visualisasi <i>Mesh Sizing</i> Model Kapal.....	29
Gambar 3.19	Visualisasi Tahap Solve Model Kapal Dan <i>Boundary Layer</i>	29
Gambar 3.20	Kerangka Pikir Penelitian.....	32
Gambar 4.1	sketsa model kapal menggunakan Vortex generator.....	33
Gambar 4.2	Velocity magnitude kecepatan 0,75 m/s dan trim 0°	34
Gambar 4.3	Velocity magnitude kecepatan 1,513 m/s dan trim 1°	36
Gambar 4.4	Velocity magnitude kecepatan 2,016m/s dan trim 2°	37
Gambar 4.5	Velocity magnitude kecepatan 2,762 m/s dan trim 3°	38

Gambar 4.6 Pola aliran kecepatan 0,75 m/s dan trim 0°	40
Gambar 4.7 Pola aliran kecepatan 1,513 m/s dan trim 1°	41
Gambar 4.8 Pola aliran kecepatan 2,016 m/s dan trim 2°	43
Gambar 4.9 Pola aliran kecepatan 2,672 dan trim 3°	44
Gambar 4.10 Static pressure kecepatan 0,75 m/s dan trim 0°	45
Gambar 4.11 Static pressure kecepatan 1,513 m/s dan trim 1°	46
Gambar 4.12 Static pressure kecepatan 2,016 m/s dan trim 2°	47
Gambar 4.13 Static pressure Kecepatan 2,762 dan trim 3°	48
Gambar 4.14 Grafik Perbedaan Tahanan model kapal tanpa menggunakan vortex generator dan menggunakan vortex generator.....	49

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Ukuran Utama Kapal	19
Tabel 3.2 Ukuran <i>Vortex Generator</i>	20
Tabel 3.3 Ukuran Model Kapal dengan Skala 1:15	24
Tabel 3.4 Ukuran <i>Boundary Layer</i> Tangka Pengujian dengan Skala	24
Tabel 3.5 Kecepatan Model Kapal Tiap Kondisi.....	26
Tabel 4.1 Nilai <i>Residual In</i> dan <i>Residual Out</i> Model Kapal Tanpa Menggunakan <i>Vortex Generator</i>	34
Tabel 4.2 Nilai <i>Residual In</i> dan <i>Residual Out</i> Model Kapal Menggunakan <i>Vortex Generator</i>	34
Tabel 4.3 Presentase perbandingan Tahanan model kapal tanpa menggunakan Vortex Generator dan menggunakan Vortex Generator.....	50

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Tabel Offside lines Plan Model Kapal
- Lampiran 2 Kondisi Trim Model Kapal
- Lampiran 3 Statistik jumlah elemen *mesh*
- Lampiran 4 Visualisasi Velocity Magnitude
- Lampiran 5 Visualisasi pola aliran dan luas bidang basah
- Lampiran 6 Hasil *Wall Calculator Drag Force* Model
- Lampiran 7 Visualisasi *static pressure*
- Lampiran 8 Penentuan Skala Model

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kapal cepat memiliki kecepatan yang relatif lebih besar dibanding kapal yang lain, disebabkan karena model rancangan dari kapal cepat dirancang untuk meminimalisir tahanan. Namun, kecelakaan dikarenakan performa Kapal Cepat ini masih saja terjadi dan menjadi perhatian yang serius bagi pemerintah. Oleh karena itu, kesesuaian antara kecepatan tinggi dengan bentuk lambung kapal menjadi pertimbangan sangat penting dalam menjamin keselamatan kapal.

Salah satu masalah yang di hadapi dalam perencanaan kapal yakni menyangkut tahanan serta kecepatan kapal yang harus sesuai permintaan. Tahanan kapal merupakan ilmu yang mempelajari reksi fluida akibat gerakan kapal yang melalui fluida tersebut. Dalam istilah hidrodinamika kapal, tahanan adalah besarnya gaya fluida yang bekerja pada kapal sedemikian rupa sehingga melawan gerakan kapal tersebut. Besarnya tahanan kapal akan menentukan kecepatan suatu kapal. Semakin kecil tahanan kapal yang diperoleh maka, semakin tinggi kecepatan suatu kapal. Begitu pun sebaliknya semakin besar tahanan kapal yang diperoleh maka, semakin rendah kecepatan pada suatu kapal. Hal ini berpengaruh dalam penentuan daya mesin kapal yang ingin digunakan.

Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang semakin pesat, desain kapal cepat banyak mengalami perubahan untuk mendapatkan desain yang mampu mengurangi tahanan pada kapal. Salah satu cara dengan menambahkan *vortex Generator* pada modifikasi lambung kapal. *Vortex Generator* biasanya digunakan pada kendaraan mobil dan pesawat.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh (setyo hariyadi dan ramadhan pradana mahaputra. 2020) pada pesawat ada perbedaan antara menggunakan *trapezoida vortex generator* dengan tidak menggunakan *trapezoida vortex generator*. Perbedaan terjadi pada aliran udara yang melewati *airfoil*. Jika menggunakan *trapezoida vortex generator* maka aliran udara masih terarah dan mengikuti bentuk dari *airfoil*. Sedangkan jika tidak menggunakan *trapezoida vortex*

generator aliran udara terarah hanya saat dibagian depan *airfoil* tersebut. Setelah melewati *airfoil* dan pada saat diatas, aliran udara tersebut tidak mengikuti bentuk dari *airfoil*, melainkan langsung terarah ke bagian belakang.

Berdasarkan uraian dan hasil penelitian diatas, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian terhadap kapal dengan penambahan *vortex generator* dengan bentuk Parabolic pada lambung kapal. Penambahan *vortex generator* diharapkan dapat memperkecil tahanan pada kapal dibawah garis air. Sehingga peneliti mengangkat judul “Studi Tahanan Kapal Pengaruh *Double Parabolic Vortex generator* : Posisi Berlawanan”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang dapat kita kaitkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penambahan *double Parabolic vortex generator* yang sejajar terhadap tahanan model kapal berdasarkan simulasi program *Autodesk CFD*?
2. Bagaimana karakteristik alira fluida pada model kapal menggunakan dan tanpa menggunakan *double parabolic vortex generator* yang berlawanan arah berdasarkan analisis *Autodesk CFD*?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang diberikan pada penelitian ini adalah:

1. Penelitian dilakukan dengan menggunakan aplikasi CFD (*Computational Fluid Dynamics*).
2. Model dan ukuran utama kapal yang digunakan adalah kapal cepat dengan model *planning hull*.
3. Perhitungan tahanan kapal dilakukan pada kondisi air tenang.
4. Kecepatan yang digunakan adalah kecepatan maksimal kapal.
5. Komponen tambahan yang mempengaruhi tahanan yaitu *vortex generator* jenis *double parabolic* yang berlawanan.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui nilai tahanan kapal yang menggunakan dan tidak menggunakan *double parabolic vortex generator* yang berlawanan arah
2. Mendapatkan besar perbandingan tahanan kapal yang menggunakan dan tidak menggunakan *double parabolic vortex generator* yang berlawanan arah.
3. Mengetahui karakteristik aliran fluida yang dihasilkan pada sepanjang badan kapal yang menggunakan dan tidak menggunakan *double parabolic vortex generator* berdasarkan analisis program *Autodesk CFD*.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Sebagai informasi untuk menambah wawasan mengenai pengaruh *double parabolic vortex generator* yang berlawanan arah terhadap besar nilai tahanan kapal.
2. Sebagai tambahan referensi bagi pembaca mengenai pola aliran fluida yang terjadi akibat pergerakan kapal berdasarkan analisis program *Autodesk CFD*.
3. Sebagai pertimbangan dalam mendesain kapal cepat yang menggunakan dan tanpa menggunakan *double parabolic vortex generator* yang berlawanan arah dengan pertimbangan nilai tahanan.

1.6 Sistematika Penulisan

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

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini diuraikan latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini dijelaskan tentang teori – teori gambaran wilayah penelitian, berbagai literatur yang menunjang pembahasan dan digunakan sebagai dasar pemikiran dari penelitian ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini diuraikan lokasi penelitian, waktu penelitian, jenis penelitian, jenis data, Teknik dalam pengambilan data, metode analisis data dan kerangka pikir.

BAB IV ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan penyajian data yang telah diperoleh, proses pengolahan, hasil pengolahan data serta pembahasan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian dan saran – saran untuk peneliti selanjutnya maupun pihak – pihak yang terkait tentang penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. 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 beradadi 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 :

- 1) Angka Reynold (*Renold's number*, R_n)

$$R_n = \frac{v \times L}{\nu} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

v : Kecepatan (m/s)

L : Panjang (m)

ν : Viskositas air

- 2) Koefisien gesek (*friction coefficient*, C_f)

$$C_f = \frac{0,075}{(\log R_n - 2)^2} \dots\dots\dots(2.2)$$

(Merupakan formula dari ITTC)

- 3) Rasio kecepatan dan panjang kapal (*speed length ratio*, Sl_r)

$$Sl_r = \frac{V_s}{\sqrt{L}} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana L adalah panjang antara garis tegak kapal (*length between perpendicular*) dan V_s 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 ;

1) 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.

2) Tahanan udara (*Air Resistance*)

Tahanan udara diartikan sebagai tahanan yang dialami oleh bagian badan kapal utama yang berada diatas air dan bangunan atas(Superstruktur) 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.

3) 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.

4) 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 :

a) Tahanan anggota badan (*Appendages Resistance*)

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

b) Tahanan kekasaran

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

c) Hambatan kemudi (*Steering Resistance*)

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

c. Tahanan Total (*Total Resistance*)

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

$$R_T = \frac{1}{2} \rho C_T S v^2 . \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana:

R_T = Tahanan Total (N)

ρ = Massa jenis Fluida (Kg/m³)

C_T = Koefisien tahanan total

S = Luas bidang basah (m²)

v = Kecepatan (m/s)

2.2. Kapal Cepat

Menurut Lawrence (1985), Kapal cepat adalah kapal yang memiliki kecepatan yang sangat tinggi pada setiap dimensinya, hal ini berarti kapal memiliki angka Froude (Fn) yang besar (Lawrence, 1985). Angka Froude didefinisikan sebagai fungsi kecepatan (V) terhadap Panjang kapal (L).

Menurut J. Lawrence (1985), Karakteristik high speed craft dipengaruhi Froude numbernya. Froude number yang besar menyebabkan kapal dapat mencapai kecepatan tinggi. Untuk planning craft, luas bidang basah efektif berkurang seiring dengan meningkatnya kecepatan kapal. Oleh karena itu, bilangan Froude number (Fn) sering digunakan sebagai parameternya. FN didefinisikan sebagai berikut:

$$FN = \frac{V}{\sqrt{g \times L}} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana :

FN = Froude Number

V = Kecepatan (m/s)

g = Percepatan Gravitasi (m/s)

L = Panjang kapal (m)

2.3. Aliran Fluida

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, ρ, v, dan h adalah Tekanan, Massa Jenis, Kecepatan, dan

Tinggi tertentu dari garis datar; maka dapat diformulasikan, sebagai berikut (Suryo W. Adji, 2009):

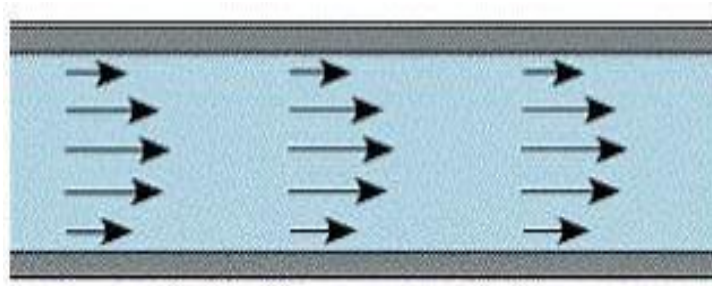
Dalam mempelajari dinamika aliran fluida, maka akan sangat berguna bila kita kembangkan suatu angka dari parameter – parameter non-dimensional. Dimana angka tersebut dapat meng-karakteristikan aliran dan gaya – gaya yang bekerja, hal ini didasari pada sifat – sifat fluidanya. Sifat–sifat fisik fluida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

$$R = f [L^a V^b \rho^c \mu^d g^e p^f]$$

Fenomena aliran yang terkait dengan bentuk lambung kapal adalah aliran laminer, 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 laminer 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 laminer, turbulen atau campuran antara keduanya (Sardjadi,2003).

Untuk menguji apakah suatu aliran laminer 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 16 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).

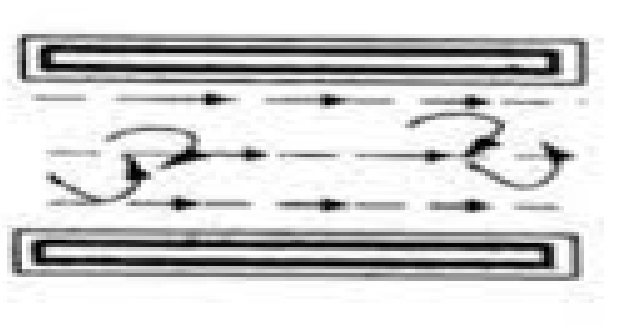
1. Aliran laminer ($Re < 2300$) Adalah aliran fluida yang ditunjukkan dengan gerak partikel-partikel fluidanya sejajar dengan garis-garis arusnya. Dalam aliran laminer, partikel-partikel fluida seolah-olah bergerak sepanjang lintasan-lintasan yang halus dan lancar, dengan satu lapisan meluncur satu arah 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 2.1 Aliran Laminer.

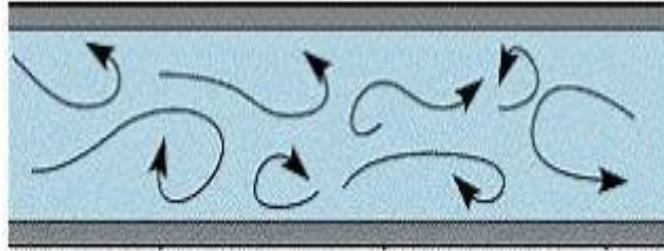
2. Aliran transisi ($2300 > Re > 4000$) Aliran Transisi adalah dimana kondisi partikel fluida berada pada peralihan dari kondisi seragam menuju kondisi acak, pada kondisi nyatanya kondisi seperti ini sangat sulit terjadi (Senoaji,2015).



Gambar 2.2 Aliran Transisi.

3. Aliran turbulen ($Re > 4000$) Kecepatan aliran yang relatif besar akan menghasilkan aliran yang tidak laminer 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 2.3 Aliran Turbulen

2.4.Vortex Generator

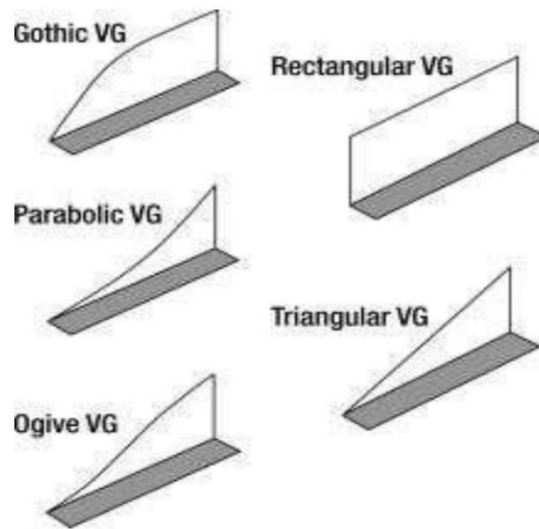
Vortex Generator (VG) adalah komponen kecil berbentuk fin (sirip) yang ditempatkan di sayap maupun pada permukaan stabilizer ekor UAV yang bertujuan untuk memodifikasi aliran udara disekitar permukaan UAV yang terjadi separation (Romadhon dan Herdiana, 2017: 47).

Sedangkan menurut Sukoco (2015: 138), vortex generator memiliki berbagai macam ukuran dan bentuk, dan dapat diaplikasikan pada berbagai bagian kendaraan transportasi. Pengaplikasian disetiap bagian kendaraan transportasi memiliki karakteristik masing-masing dan semua vortex generator berfungsi seperti miniatur sayap. Penempatan vortex generator.yaitu tegak lurus terhadap permukaan sayap, serta dapat menghasilkan gaya angkat pada UAV, maka dengan gaya angkat tersebut masing-masing bentuk vortex generator menghasilkan perubahan aliran pada UAV.

Terdapat berbagai macam bentuk vortex generator digunakan pada pesawat ataupun mobil, namun pada umumnya yang biasa digunakan yaitu sebagai berikut :

- 1) Gothic Vg

- 2) Rectangular Vg
- 3) Parabolic Vg
- 4) Triangular Vg
- 5) Ogive Vg



Sumber: Chinniyampalayam, Coimbatore. "Numerical Analysis of Drag Reduction Method Using Vortex Generator on Symmetric Aerofoil."

Gambar 2.4 Berbagai bentuk Vortex Generator

2.5. Autodesk CFD

Autodesk CFD (*Computational Fluid Dynamic*) adalah salah satu aplikasi komputer yang digunakan untuk menyelesaikan masalah berdasarkan pada persamaan fundamental dari dinamika *fluida* diantaranya kontinuitas, momentum dan persamaan energi. Konsep dasar penggunaan *Computational Fluid Dynamic* adalah persamaan Navier – Stokes dengan prinsip yakni, kekekalan massa, kekekalan momentum dan kekekalan energi.

Autodesk CFD (*Computational Fluid Dynamic*) digunakan secara luas untuk memberikan penyelesaian dari masalah secara eksperimen yakni dapat memberikan penjelasan tentang pola aliran yang sulit dan

tidak mungkin untuk diketahui dengan menggunakan teknik percobaan dan yang terkait dengan perpindahan panas pada sebuah objek.

Pada Autodesk CFD (*Computational Fluid Dynamic*) digunakan pemodelan turbulensi *K-Epsilon* ($K-\epsilon$) untuk pemodelan kekentalan murni dan *Shear Stress Transport* ($K-\omega$) untuk pemodelan *full viscous*. Metode penyelesaian *governing equation* adalah metode diskrit dengan 3 (tiga) metode yang digunakan yakni *Finite Element Method* (*FEM*), *Finite Volume Method* (*FVM*), dan *Finite Difference Method* (*FDM*). Berdasarkan 3 (tiga) metode tersebut untuk geometri sederhana dapat menghasilkan matriks solusi dan representasi digital yang sama persis namun, Autodesk CFD menggunakan *Finite Element Method* (*FEM*) dikarenakan fleksibilitasnya dalam memodelkan berbagai jenis geometri sebuah benda dan beberapa teknik *Finite Volume Method* (*FVM*) yang berhasil dimasukkan sehingga, tidak hanya dapat memprediksi aliran turbulensi kecepatan tinggi (*high speed turbulent flow*) namun, termasuk aliran kompresibel (*compressible flow*).

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. Penggunaannya telah meliputi area yang luas pada industri dan aplikasi – aplikasi keilmuan. Terdapat tiga langkah umum dalam 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 komputer atau lebih umum dikenal dengan proses *running*.

3) Post Processor

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

2.6. Hukum Perbandingan

Dalam memakai model fisik, harus ditransfer dari skala model ke skala penuh. Oleh karena itu perlu dinyatakan beberapa hukum perbandingan untuk keperluan transfer tersebut. gaya spesifik yang bekerja pada model harus mirip dengan yang bekerja pada kapal yang sebenarnya.

Ada tiga hukum kesamaan yang harus dipenuhi, yaitu:

1. Kesamaan Geometris

Model untuk badan kapal yang mulus dapat dibuat, tetapi jika bada kapal tidak lagi mulus, maka sangatlah sulit untuk dapat menghasilkan tiruan permukaan dari model dalam suatu skala tertentu, walaupun permukaan tersebut dibuat sesuai permukaan kapal itu sendiri, karena aliran yang terjadi di sepanjang model dan kapal tidak sesuai. Fenomena lapisan batas pada kapal tidak dapat ditiru secara benar pada skala model.

Kondisi geometris yang dapat terpenuhi dalam suatu percobaan model hanya kesamaan geometris dimensi-dimensi linear model. Misalnya hubungan kapal dan model yang dinyatakan dengan skala (λ) :

$$\lambda = \frac{L_s}{L_m} = \frac{B_s}{B_m} = \frac{T_s}{T_m} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

- λ = skala perbandingan
- L_s = panjang kapal (m)
- L_m = panjang model (m)
- B_s = lebar kapal (m)
- B_m = lebar model (m)
- T_s = sarat kapal (m)
- T_m = sarat model (m)

Kesamaan geometris juga menunjukkan hubungan antara model dan tangki percobaan . beberapa referensi hubungan antara ukuran tangki percobaan dengan model kapal :

- 1) Tood :
 - $L_m < T$ tangki
 - $L_m < \frac{1}{2} B$ tangki
- 2) Harvad:
 - $B_m < 1/10 B$ tangki
 - $T_m < 1/10 T$ tangki
- 3) University of new castle :
 - $L_m < \frac{1}{2} b$ tangki
 - $B_m < 1/15 B$ tangki
 - $Ao_m < 0,4 Ao$ tangki

2. Kesamaan Kinematis

Rasio kecepatan model harus sama dengan rasio pada skala penuh. Kesamaan kinematis antara model dan kapal lebih menitikberatkan pada hubungan antara kecepatan model dengan kecepatan kapal sebenarnya. Kecepatan ini dapat terpenuhi dengan kesamaan angka Froude (Fr)

$$Fr_m = Fr_s \dots\dots\dots(2.7)$$

$$\frac{V_m}{\sqrt{g L_m}} = \frac{V_s}{\sqrt{g L_s}} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$V_m = V_s \sqrt{L_s/L_m} \dots\dots\dots(2.9)$$

$$V_m = V_s \sqrt{\frac{1}{\lambda}} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana :

- Fr = angka Froude
- L_s = panjang kapal (m)
- L_m = panjang model (m)

- V_s = kecepatan kapal (m/dt)
- V_m = kecepatan model (m/dt)
- g = percepatan gravitasi (9,81 m/dt²)
- λ = skala model

3. Kesamaan Dinamis

Jika percobaan model yang dilakukan dimaksudkan mendapatkan informasi mengenai besarnya gaya yang bekerja pada pola yang ditinjau, maka harus ada kesamaan dinamis. Gaya – gaya yang bekerja berkenaan dengan gerakan fluida sekeliling model dan kapal pada setiap titik atau tempat yang bersesuaian harus mempunyai besar dan arah yang sama, kesatuan angka Reynold Ayang mengGambarkan perbandingan gaya-gaya inersia dengan viskositas :

$$Re_m = Re_s \dots\dots\dots(2.11)$$

$$\frac{V_m \cdot L_m}{\nu} = \frac{V_s \cdot L_s}{\nu} \dots\dots\dots(2.12)$$

$$V_m = V_s \cdot L_s / L_m \dots\dots\dots(2.13)$$

$$V_m = V_s \cdot \lambda \dots\dots\dots(2.14)$$

Kesamaan dinamis sangat sulit untuk dipenuhi melihat kecepatan model jauh lebih besar dari kecepatan kapal.