

SKRIPSI
STUDI TAHANAN KAPAL AKIBAT PENGARUH
RECTANGULAR VORTEX GENERATOR POSISI “V”
MENGHADAP DEPAN DENGAN MENGGUNAKAN
APLIKASI ANSYS FLUENT

Disusun dan diajukan oleh:

FAJRUIZZAMAN
D031191091



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023



LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**STUDI TAHANAN KAPAL AKIBAT PENGARUH RECTANGULAR
VORTEX GENERATOR POSISI “V” MENGHADAP DEPAN
DENGAN MENGGUNAKAN APLIKASI ANSYS FLUENT**

Disusun dan diajukan oleh

**FAJRUIZZAMAN
D031191091**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana pada Program Studi Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Pada tanggal 13 Maret 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Ir. Rosmani, MT

NIP 19600620 198802 2 001

Pembimbing Pendamping,



Ir. Lukman Bochari, MT

NIP 19581127 198803 1 001

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. Eng. Suandar Baso, ST., MT

NIP 19730206 200012 1 002



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Fajruzzaman
 NIM : D031191091
 Program Studi : Teknik Perkapalan
 Jenjang : SI

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

STUDI TAHANAN KAPAL AKIBAT PENGARUH RECTANGULAR VORTEX GENERATOR POSISI "V" MENGHADAP DEPAN DENGAN MENGGUNAKAN APLIKASI ANSYS FLUENT

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

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

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 tersebut.

Gowa, 14 Maret 2024

Yang Menyatakan



Fajruzzaman



ABSTRAK

FAJRUIZZAMAN. *Studi Tahanan Kapal Akibat Pengaruh Rectangular Vortex Generator Posisi “V” Menghadap Depan dengan Menggunakan Aplikasi ANSYS Fluent (dibimbing oleh Rosmani dan Lukman Bochary).*

Salah satu masalah yang dihadapi dalam perencanaan kapal yakni menyangkut tahanan serta kecepatan kapal yang harus sesuai permintaan. Tahanan kapal merupakan ilmu yang mempelajari reaksi fluida akibat gerakan kapal yang melalui fluida tersebut. Besarnya tahanan kapal juga tergantung pada jenis kapal yang digunakan. Agar meminimalisir besarnya nilai tahanan kapal juga dapat dilakukan modifikasi pada lambung kapal, yakni dengan pemasangan Vortex Generator posisi “V” menghadap depan. Cara kerja dari Vortex Generator adalah mempercepat transisi aliran dari laminar boundary layer menjadi turbulent boundary layer. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode numeric dengan bantuan software maxsurf pro modeller dan rhinoceros 6 untuk pemodelan, dan ANSYS Fluent dalam melakukan analisis tahanan. Koefisien Tahanan model kapal menggunakan rectangular vortex generator pada F_{nv} 0.239, 1.069, 1.631, dan 2.816 yaitu 3.814, 3.263, 3.501, dan 3.798. Perbedaan persentase terbesar terjadi pada kondisi trim 3° sebesar 24.59%.

Kata Kunci : Tahanan, Vortex Generator, ANSYS Fluent



ABSTRACT

FAJRUIZZAMAN. Study of Ship Resistance Due to the Influence of the Rectangular Vortex Generator Positions “V” the front by using the ANSYS Fluent Application (supervised by Rosmani and Lukman Bochary)

One of the problems faced in ship planning is relates to resistance and the speed of the ship which must the according to demand. Ship resistance is the science that studies fluid reactions due to the movementof the ship trough the fluid. The amount of the ship resistance also depends on the type of the ship used. In onrder to minimize the magnitude of the ship’s resistance value, modifications can also be made to the ship’s hull, namelly by istalling a Vortex Generator in a cross directional position “V” in the front. The way the Vortex Generator works to is accelerate the flow transition from the laminer boundary layer to the turbulent boundary layer. The method used in the study is a numerical method with the help of maxsurf pro modeler and rhinoceros 6 software for modeling, and ANSYS Fluent in carrying out resistance analysis. The resistance coefisient of the ship modal uses a rectangular vortex generator at the Fnv of 0.239, 1.069, 1.631, 2.816 namely 3.814, 3.263, 3.501, 3.798 and the largest percentage difference occurs in the trim 3° condition 24.59%.

Keywords: Resistance, Vortex generator, Ansys Fluent



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
KATA PENGANTAR	xii
BAB I	1
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	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kapal Cepat.....	5
2.2 Tahanan Kapal.....	6
2.3 Aliran Fluida	10
2.4 Vortex Generator.....	14
2.5 Autodesk CFD	15
2.6 Software ANSYS	19
2.7. Hukum Perbandingan Model Kapal.....	20
BAB III	24
METODOLOGI PENELITIAN.....	24
Pengerjaan Penelitian	24
Metode penelitian.....	24
Lokasi penelitian.....	24
Waktu penelitian.....	24



3.2. Jenis dan Pengumpulan Data	24
3.3. Metode Pengumpulan Data	24
3.4. Metode Pengolahan Data	25
3.4.1 Data Kapal	25
3.4.2. Desain Vortex Generator	26
3.4.3 Pemodelan Kapal Cepat dengan Rectangular Vortex Generator	27
3.4.4. Pemodelan kapal	33
3.4.5 Simulasi Autodesk ANSYS	33
3.4.6. Verifikasi	36
3.4.7. Analisa data	36
3.4.8 Kesimpulan.....	37
3.4.9 Kerangka Pikir	38
BAB IV	39
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	39
4.1. Initial Condition	38
4.2. Mesh.....	43
4.3. Mesh Independence Study	43
4.4. Konvergensi	45
4.5. Visualisasi Velocity Contour dan Static Pressure.....	48
4.4.1. Visualisasi Velocity Contour.....	48
4.2.2. Visualisasi Pressure Contour	50
4.6 Prediksi Tahanan Model Kapal.....	52
4.7. Perbandingan Nilai Koefisien Tahanan.....	56
BAB V PENUTUP.....	59
5.1. Kesimpulan	59
5.2. Saran	60
DAFTAR PUSTAKA.....	61
LAMPIRAN.....	63



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Aliran Streamline yang Melintasi Body.....	11
Gambar 2 Aliran Laminer	13
Gambar 3 Aliran Transisi.....	13
Gambar 4 Aliran Turbulen	13
Gambar 5 Bentuk Vortex Generator	15
Gambar 6 Linesplan Kapal pada Software Autocad	26
Gambar 7 Sketsa Peletakan dan Ukuran Vortex Generator	27
Gambar 8 Tampak Awal Model Kapal Tanpa Rectangular Vortex Generator pada Rhinoceros	28
Gambar 9 Batas Panjang Vortex Generator pada Lambung Model.....	28
Gambar 10 Proses Pembuatan Sebuah Bidang yang Menjadi Patokan Panjang Vortex Generator.....	29
Gambar 11 Proses Trimming Bagian Luar Bidang dan Penempatan Persegi pada Bawah Kapal	29
Gambar 12 Proses Pembuatan Vortex Generator pada Bidang Bantu	30
Gambar 13 Proses Pemiringan Vortex Generaor	30
Gambar 14 Proses Penempatan Rectangular Vortex Generator pada Bidang Bantu pada Kapal	31
Gambar 15 Penampakan Rectangular Vortex Generator Sudah Terpasang pada Kapal	31
Gambar 16 Penampakan Rectangular Vortex Generator Yang Telah Terpasang dari Berbagai Sudut	32
Gambar 17 Hasil Model Closed Solid	32
Gambar 18 Visualisasi Terhadap Geometry Model Kapal	34
Gambar 19 Visualisasi terhadap Mesh Sizing model kapal dan Boundary Layer	34
Gambar 20 Kerangka Pikir Penelitian.....	37
Gambar 21 Boundary Layer Sesuai Rekomendasi ITTC.....	39
Gambar 22 Penampang Inlet Pada Boundary Layer	39
23 Pengaturan Pada Zona Inlet	40
24 Penampang Outlet Pada Boundary Layer	40
25 Pengaturan Pada Zona Outlet.....	41



Gambar 26 Penampang Wall Pada Boundary Layer	41
Gambar 27 Pengaturan Pada Zona Wall	42
Gambar 28 Penampang Model Pada Boundary Layer.....	42
Gambar 29 Pengaturan Pada Zona Hull.....	43
Gambar 30 Grafik Hubungan Antara Tahanan Terhadap Jumlah Mesh.....	44
Gambar 31 Kriteria Konvergensi Condition	45
Gambar 32 Hasil Simulasi Model kapal yang tidak konvergen.....	46
Gambar 33 Hasil Simulasi Model kapal yang konvergen.....	46
Gambar 34 Visualisasi Velocity Contour Model Kapal Tanpa Rectangular Vortex Generator Kecepatan 1,513 m/s	48
Gambar 35 Visualisasi Velocity Contour Model Kapal menggunakan Rectangular Vortex Generator Kecepatan 1,513 m/s	49
Gambar 36 Visualisasi Static Pressure Model Kapal Tanpa Rectangular Vortex Generator Kcepatan 0,75 m/s	51
Gambar 37 Visualisasi Static Pressure Model Kapal dengan Rectangular Vortex Generator Kcepatan 0,75 m/s	51
Gambar 38 Grafik Koefisien Tahanan Kapal Tanpa Vortex Generator	54
Gambar 39 Grafik Koefisien Tahanan Menggunakan Vortex Generator	54
Gambar 40 Grafik Perbedaan Koefisien Tahanan	55
Gambar 41 Grafik Perbedaan Koefisien Tahanan tanpa Vortex Generator simulasi ANSYS Fluent dengan CFD	57
Gambar 42 Grafik Perbedaan Koefisien Tahanan menggunakan Vortex Generator simulasi ANSYS Fluent dengan CFD	57



DAFTAR TABEL

Tabel 1 Ukuran Utama Model.....	25
Tabel 2 Ukuran Vortex Generator.....	33
Tabel 3 Ukuran Model Kapal Hasil Skala	33
Tabel 4 Kecepatan Model Kapal dan Trim Buritan	39
Tabel 5 Property Fluida.....	39
Tabel 6 Hasil Mesh Sudy Independence.....	44
Tabel 7 Nilai Sclaed Residual Model Kapal Tanpa Rectangular Vortex Generator.....	47
Tabel 8 Nilai Sclaed Residual Model Kapal Menggunakan Rectangular Vortex Generator.....	47
Tabel 9 Nilai Velocity Contour model kapal tanpa menggunakan Rectangular Vortex Generator	50
Tabel 10 Nilai Velocity Contour model kapal menggunakan Rectangular Vortex Generator	50
Tabel 11 Hasil Tahanan Model Kapal Tanpa Vortex Generator	53
Tabel 12 Hasil Tahanan Model Kapal Menggunakan Vortex Generator	54
Tabel 13 Hasil Perbedaan Tahanan Model Kapal Tanpa Vortex Generator	55
Tabel 14 Hasil Perbedaan Koefisien Tahanan Model Kapal Tanpa Vortex Generator dari simulasi ANSYS Fluent dengan CFD	56
Tabel 14 Hasil Perbedaan Koefisien Tahanan Model Kapal Menggunakan Vortex Generator dari simulasi ANSYS Fluent dengan CFD	57



DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

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 <i>Froude</i>
FnV	= Froud <i>Number Volume</i>
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)
Lp	= Panjang Kapal (m)
Vm	= Kecepatan model (m/s)
Vp	= Kecepatan Kapal (m/s)



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Tabel Offset Lines Plan Model Kapal
- Lampiran 2 Statistik Jumlah Elemen Mesh
- Lampiran 3 Visualisasi Velocity Magnitude
- Lampiran 4 Visualisasi Static Pressure
- Lampiran 5 Grafik Scaled Residual
- Lampiran 6 Hasil Function Calculator
- Lampiran 7 Penentuan skala model



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh

Puji syukur kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul **“Studi Tahanan Kapal Akibat Pengaruh Rectangular Vortex Generator Posisi “V” Menghadap depan dengan Menggunakan Aplikasi Ansys Fluent.** Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan kelulusan pada jenjang strata satu (S1) di Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Proses pengerjaan Tugas Akhir ini melalui berbagai macam tantangan, namun semuanya dapat teratasi dengan penuh kesabaran dan keikhlasan serta bantuan, bimbingan, kritikan dan saran dari berbagai pihak. Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Sehingga penulis sangat mengharapkan kritikan dan saran yang membangun demi kesempurnaan tulisan ini.

Terselesainya tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan, dorongan dan dukungan moril berbagai pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih dan memberikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Kedua Orang tua saya Zainuddin dan Fatmawati yang senantiasa melimpahkan kasih sayang, doa, dukungan serta motivasi yang tiada hentinya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan tugas akhir ini.
2. Ibu Ir. Rosmani., MT. Selaku kepala Laboratorium Hidrodinamika kapal sekaligus pembimbing I yang selalu memberikan masukan dan saran kepada penulis demi kesempurnaan tugas akhir ini.
3. Bapak Ir. Lukman Bochari, MT. Selaku pembimbing II yang meluangkan waktunya memberikan arahan dan masukan kepada penulis selama pengerjaan tugas akhir ini.

Bapak Prof. Dr. Eng. Suandar Baso, ST., MT. Selaku ketua Departemen Teknik Perkapalan sekaligus dosen penguji dalam tugas akhir ini.

Bapak Muhammad Akbar Asis, ST., MT. Selaku dosen penguji atas



masukan dan saran sehingga dalam proses pengerjaan tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.

6. Seluruh pegawai/staff Departemen Teknik Perkapalan yang selalu membantu segala administrasi selama penulis kuliah.
7. Seluruh Dosen Departemen Teknik Perkapalan atas bimbingan, arahan, dan didikan yang diberikan. Semoga ilmu yang telah diajarkan membawa keberkahan dan mendapat balasan yang lebih baik dari Allah SWT.
8. Teman – teman ZTARBOARD 2019, terima kasih atas kebersamaan serta suka duka yang sangat berarti dalam pendewasaan diri penulis.
9. Teman-teman di MABEZ, terima kasih atas kebersamaan yang telah diberikan kepada penulis.
10. HMDP FT-UH atas wadah yang telah diberikan kepada penulis selama berkuliah di teknik perkapalan. Semoga selalu menjadi wadah untuk belajar, bekerja dan berkarya bagi semua mahasiswa teknik perkapalan
11. Semua pihak yang telah membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung.

Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis menyadari masih banyak kekurangan yang ada. Oleh karena itu, penulis harapan masukan serta kritikan yang membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat dan diberkahi oleh Allah SWT. Amiin

Gowa, Maret 2024

Penulis



BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam mendesain suatu kapal salah satu komponen yang harus dipertimbangkan oleh perancang kapal yakni tahanan atau hambatan kapal. Dimana tahanan (*resistance*) kapal bergantung pada ukuran kapal, bentuk kapal dan kecepatan operasional kapal (Harvald, 1983). Tahanan kapal merupakan ilmu yang mempelajari reksi fluida akibat gerakan kapal yang melalui fluida tersebut. Dalam istilah hidrodinamika kapal, tahanan/*resistance/drag* 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. Oleh karena itu banyak bermunculan inovasi kapal yang didesain dengan spesifikasi untuk dapat mengatasi masalah tersebut.

Bentuk lambung kapal mempengaruhi besaran tahanan yang dialami oleh kapal. Lambung kapal menyediakan daya apung (*buoyancy*) yang mencegah kapal tenggelam dan menyediakan displacement kapal. Beberapa cara modifikasi lambung kapal yang dapat mengurangi tahanan kapal adalah pemasangan *stepped hull* dan pemasangan *vortex generator* pada lambung kapal. Cara kerja vortex generator adalah mempercepat transisi aliran dari boundary layer menjadi turbulent boundary layer.

Separasi boundary layer merupakan fenomena penting yang mempengaruhi performansi airfoil. Salah satu upaya untuk menunda atau menghilangkan separasi aliran adalah meningkatkan momentum fluida untuk adverse pressure dan tegangan geser permukaan. Pada boundary layer, fluida yang dekat dengan permukaan nilainya akan lebih besar dibandingkan dengan pada laminar boundary layer. Jika kecepatan fluida lebih maka energi kinetik fluida juga semakin besar sehingga fluida dapat



melawan adverse pressure dan tegangan geser. Hal ini mengakibatkan separasi aliran akan tertunda lebih ke belakang. Upaya tersebut dapat dilakukan dengan penambahan turbulent generator pada upper surface airfoil. Vortex generator (VG) merupakan salah satu jenis turbulent generator yang dapat mempercepat transisi dari laminar boundary layer menjadi turbulent layer.

Berdasarkan dari penelitian terdahulu (Muh. Nurfhadil M, 2023) tentang pemasangan double rectangular vortex generator: posisi bersilangan arah di belakang menggunakan aplikasi CFD diperoleh besarnya pengurangan nilai tahanan pada kecepatan 0,75 m/s dengan trim 0° adalah 0,804 %, pada kecepatan 1,513 m/s dengan trim 1° pengurangan nilai tahanan sebesar 2,607 %, pada kecepatan 2,016 m/s dengan trim 2° pengurangan nilai tahanan sebesar 11,67 %, dan pada kecepatan 2,762 m/s dengan trim 3° diperoleh besarnya pengurangan nilai tahanan sebesar 6,360%. Olehnya itu berdasarkan uraian dan hasil penelitian diatas, peneliti tertarik untuk melakukan **“STUDI TAHANAN KAPAL AKIBAT PENGARUH RECTANGULAR VORTEX GENERATOR POSISI “V” MENGHADAP DEPAN DENGAN MENGGUNAKAN APLIKASI ANSYS FLUENT”**.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun permasalahan yang terkait dengan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berapa besar nilai tahanan kapal dengan menggunakan dan tanpa menggunakan *rectangular vortex generator* posisi “V” menghadap depan berdasarkan analisis aplikasi ANSYS Fluent?
2. Bagaimana karakteristik aliran fluida badan kapal menggunakan dan tanpa menggunakan *rectangular vortex generator* posisi “V” menghadap depan berdasarkan analisis aplikasi ANSYS Fluent?



1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah yang diberikan pada penelitian ini adalah:

1. Model dan ukuran utama kapal yang digunakan adalah kapal cepat dengan model *planning hull*.
2. Komponen tambahan yang mempengaruhi tahanan yaitu *vortex generator* jenis *rectangular* posisi “V” menghadap depan.
3. Kecepatan model yang digunakan adalah 0,75 m/s, 1,513 m/s, 2,016 m/s, dan 2,762 m/s.

1.4. Tujuan Penelitian

1. Menentukan nilai tahanan kapal yang menggunakan *rectangular vortex generator* dan tanpa *rectangular vortex generator* posisi V menghadap depan.
2. Mengetahui karakteristik aliran fluida yang dihasilkan pada sepanjang badan kapal yang menggunakan *rectangular vortex generator* dan tanpa *rectangular vortex generator* posisi V menghadap depan

1.5. Manfaat Penelitian

1. Sebagai informasi untuk menambah wawasan mengenai pengaruh *rectangular vortex generator* posisi V menghadap depan.
2. Sebagai tambahan referensi mengenai pola aliran fluida yang terjadi akibat pergerakan kapal yang menggunakan *rectangular vortex generator* posisi V.
3. Sebagai informasi untuk desainer kapal terkait besarnya pengurangan nilai tahanan terhadap penambahan *rectangular vortex generator*.



1.6. Sistematika Penulisan

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

BAB I PENDAHULUAN

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

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini menjelaskan 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 menguraikan 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. Kapal Cepat

High Speed Craft atau kapal cepat merupakan kapal yang dirancang memiliki kecepatan tinggi untuk tujuan komersil. Pertama kali kapal jenis high speed craft sering ditemukan pada jenis hydrofoil dan hovercraft, tetapi pada tahun 1990-an ditemukan jenis kapal cepat katamaram dan monohull. Kebanyakan dari kapal jenis high speed craft berfungsi sebagai kapal ferry penumpang.

Dalam Rosmani (2013) perencanaan kapal cepat kita harus memperhatikan hal-hal berikut :

1. Dapat mempertahankan Tahanan kapal yang rendah
2. Dapat meminimalkan dampak gelombang yang dihasilkan
3. Tidak terjadi propoising
4. Dapat mentransmisikan daya secara sempurna melalui sistem propulsi kapal.

Menurut J. Lawrence (1985), dalam jurnal yang ditulis oleh Rosmani (2013), mengatakan karakteristik *high speed craft* dipengaruhi *Froude number*-nya. *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.

Froude number (Fn) didefinisikan sebagai berikut:

$$FN = \frac{v}{\sqrt{g \times L}} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

Fn = Froude number

Vs = Kecepatan (m/s)



g = Percepatan Gaya Gravitasi (9.81 m/s²)

L_{wl} = Panjang kapal (m)

Froude number Volume (FnV) didefinisikan sebagai berikut:

$$FnV = \frac{v}{\sqrt{g \times \sqrt[3]{V}}} \quad (1)$$

Dimana:

FnV = Froude number Volume

V_s = Kecepatan (m/s)

g = Percepatan Gaya Gravitasi (9.81 m/s²)

V = Volume Kapal (m³)

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

- 1) Kapal Lambat (Fn < 0,2)
- 2) Kapal Sedang (0,2 < Fn < 0,35)
- 3) Kapal Cepat (Fn > 0,35)

2.2. 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 (*Harvald*, 1992). 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.

Tahanan kapal ini perlu diketahui karena merupakan faktor penting yang berpengaruh dalam merencanakan bentuk lambung kapal, selain itu juga untuk menghitung daya mesin induk kapal, yang berhubungan dengan konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan sehingga dapat diestimasi biaya operasional kapal.



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 :



1) Angka Renold (*Renold's number, Rn*)

$$R_n = \frac{v \times L}{\nu} \quad (2)$$

Dimana :

v : Kecepatan (m/s)

L : Panjang (m)

 ν : Viskositas air2) Koefisien gesek (*friction coefficient, Cf*)

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

(Merupakan formula dari ITTC)

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

$$Slr = \frac{V_s}{\sqrt{L}} \quad (3)$$

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 di alami oleh bagian badan kapal utama yang berada diatas air dan bangunan atas (Superstruktire) 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:

$$R_T = \frac{1}{2} \rho C_T S v^2 . \quad (4)$$

Dimana:

R_T	= Tahanan Total (N)
ρ	= Massa jenis Fluida (Kg/m ³)
C_T	= Koefisien tahanan total
S	= Luas bidang basah (m ²)
v	= Kecepatan (m/s)

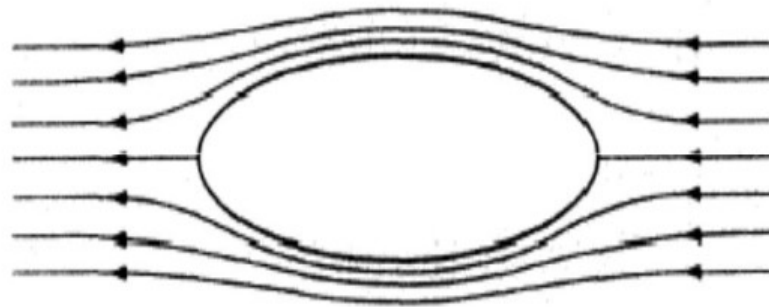
Maka untuk mencari nilai Koefisien Tahanan digunakan Perhitungan sebagai berikut:

$$C_T = 2RT / \rho S V^2$$

2.3. Aliran Fluida

Fluida adalah zat cair yang mengalir atau berubah bentuk dan memiliki kecenderungan untuk mengalir. Ketika fluida mengalir melalui suatu titik atau jalur, terdapat parameter yang terkait dengan aliran fluida berubah dalam pola yang berbeda. Dua parameter umum dalam setiap aliran fluida adalah tekanan fluida dan kecepatan fluida. Aliran fluida dapat dibagi menjadi pola yang berbeda berdasarkan variasi parameter aliran dengan pertimbangan waktu dan jarak. Hidrodinamika klasik mengarahkan bentuk pola aliran fluida yang melintasi body seperti yang ditunjukkan Gambar 1 sebagai berikut.





Gambar 1 aliran streamline yang melintasi body

Sumber : Suryo W. Adi, 2009

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 local yang bekerja pada body tersebut, akan tetapi gaya – gaya tersebut saling meniadakan ketika diintegrasikan pada seluruh body. Gaya – gaya local tersebut terjadi sebagai akibat terjadinya perubahan tekanan, yang diakibatkan oleh adanya perubahan kecepatan di dalam aliran fluida (Suryo W. Adi, 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. Adi, 2009).:

$$R = f [L^a V^b \rho^c \mu^d g^e p^f] \quad (5)$$

Fenomena aliran yang terkait dengan bentuk lambung kapal adalah aliran laminar, transisi dan turbulen. Hal yang paling berpengaruh terhadap



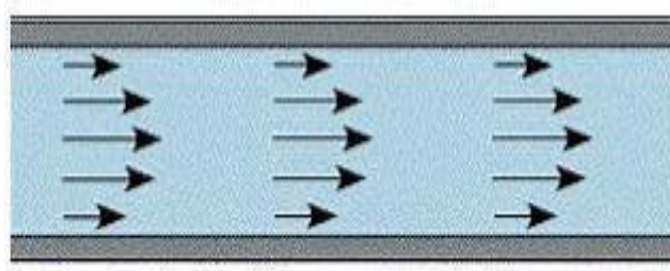
bagaimana aliran yang terjadi pada lambung kapal adalah bentuk dari lambung kapal itu sendiri. Dalam hal ini, fenomena yang terjadi adalah skin friction yang nantinya akan menghasilkan bentuk aliran yang bersifat laminar dan turbulen. Skin friction memiliki nilai proposional dengan besar luasan basah. 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 16 bergeser pada lapisan batas laminar 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 laminar ke turbulen disebut daerah transisi (Sardjadi,2003).

1. Aliran laminar ($Re < 2300$)

Adalah aliran fluida yang ditunjukkan dengan gerak partikel-partikel fluidanya sejajar dengan garis-garis arusnya. Dalam aliran laminar, 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 laminar. Aliran laminar 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). Pada Gambar 2 berikut ini menunjukkan pola aliran laminar.



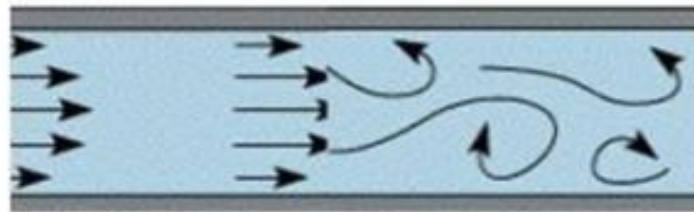


Gambar 2 Aliran Laminer.

Sumber: (Senoaji,2015).

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). Berikut contoh aliran transisi yang tunjukkan pada Gambar 3.



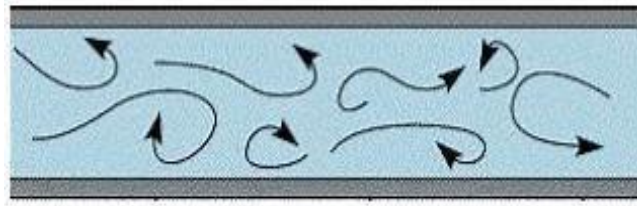
Gambar 3 Aliran Transisi.

Sumber: (Senoaji,2015).

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). Pada Gambar 4 berikut ini menunjukka pola aliran turbulen.





Gambar 4 Aliran Turbulen

Sumber: (Senoaji,2015).

2.4.Vortex Generator

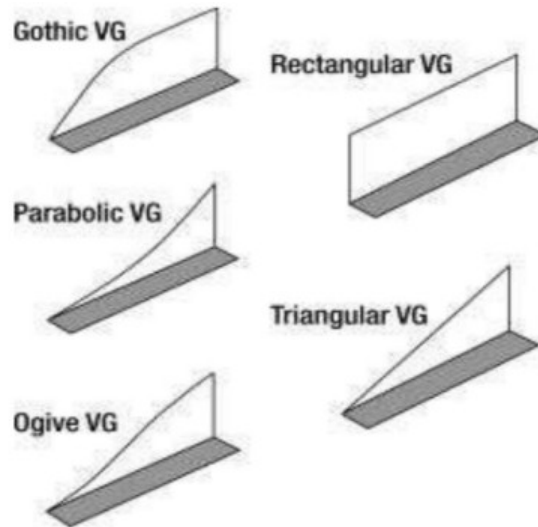
Vortex Generator (VG) adalah komponen kecil berbentuk fin (sirip) yang ditempatkan di sayap maupun pada permukaan stabilizer ekor UAV yang bertujuan untuk memodifikasi aliran udara disekitar permukaan UAV yang terjadi separation (Romadhon dan Herdiana, 2017: 47).

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 dapat dilihat pada Gambar 5 yaitu sebagai berikut :

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





Gambar 5 Berbagai bentuk Vortex Generator

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

2.5. Computational Fluid Dynamics (CFD)

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 kekekalan massa, kekekalan momentum, dan kekekalan energi.

Kemampuan CFD dan pesatnya perkembangan kecepatan komputasi telah membuat penggunaan CFD sebagai alat untuk mendapatkan solusi dalam dunia engineering (Versteeg H.K., 1995). Penggunaannya telah meliputi area yang luas pada industri dan aplikasi-aplikasi keilmuan. CFD dapat digunakan untuk menghasilkan prediksi kualitatif dan terkadang bahkan prediksi kualitatif dalam aliran fluida, hal ini banyak dilakukan dengan menggunakan beberapa metode: a. Model matematik (PDE) b. Metode numerik (diskritisasi dan teknik solusi) c. Perangkat lunak.

Schowalter et al menyatakan bahwa toleransi kesalahan dalam penelitian dapat dikurangi dengan adanya CFD. Dalam area penelitian yang berbeda, penerapan CFD dilakukan sebagai pembandingan dengan eksperiment



apabila memungkinkan dilakukan eksperimen dan menjadi superior dalam hal eksperimen sangat sulit atau bahkan tidak mungkin dilakukan. Dalam hal prediksi sebuah fenomena aliran, maka CFD dapat digunakan untuk mendapatkan kuantitas yang diinginkan dengan resolusi yang tinggi untuk setiap bagian dan waktu. Pemanfaatan CFD juga digunakan sebagai metode untuk menyederhanakan (secara virtual) permasalahan dengan kondisi-kondisi operasi yang realistis dan tetap pada domain aliran yang aktual. Meskipun demikian error/kesalahan selalu ada dan biasanya terjadi karena beberapa hal berikut :

- Kesalahan dalam memodelkan objek penelitian
- Kesalahan dalam diskritisasi
- Kesalahan dalam melakukan iterasi
- Kesalahan dalam implementasi.

Dalam persamaan ini fluida dianggap tidak dapat termampatkan(tidak termampatkan). Persamaan ini selanjutnya akan mengarah ke persamaan lain seperti persamaan kekekalan massa, kekekalan volume, dan lain-lain. Bentuk umum persamaan navier-stokes adalah sebagai berikut:

$$\rho \left(\frac{\partial V}{\partial t} + v \cdot \nabla v \right) = -\nabla p + \mu \nabla^2 v + f \quad (6)$$

Dimana :

V = Kecepatan aliran

∇ = Perpindahan

ρ = massa jenis fluida

μ = frictional resistance yang mempresentasikan viskositas

f = gaya dari luar

t = waktu

Berdasarkan metode yang digunakan di Ansys Fluent CFD, maka metode solusi yang digunakan sebagai berikut :



1) Segregated Solver

Permasalahan yang harus diselesaikan terhadap persamaan yang didiskritkan adalah tekanan yang hilang, maka digunakan persamaan kontinuitas dengan penyelesaian integral :

$$\int N \left(\frac{\partial \rho U}{\partial x} + \frac{\partial \rho V}{\partial y} + \frac{\partial \rho W}{\partial z} \right) d\Omega$$

$$= \oint N \rho U dT + \oint N \rho V dT + \oint N \rho W dT - \int \left(\frac{\partial N}{\partial x} \rho U + \frac{\partial N}{\partial y} \rho V + \frac{\partial N}{\partial z} \rho W \right) d\Omega \quad (7)$$

Persamaan tersebut menyatakan bahwa laju peningkatan (pengurangan) massa di dalam suatu elemen sama dengan laju netto aliran massa kedalam (keluar) elemen *fluida* tersebut. Pada aliran *incompressible*, rapat massa konstan, laju perubahan massa didalam elemen adalah nol. Ketiga suku bagian kiri persamaan tersebut adalah aliran massa netto yang keluar elemen melalui dinding elemen dan disebut dengan suku konvektif. Persamaan diatas menunjukkan kondisi batas alami untuk persamaan tekanan

Untuk mengadakan tekanan yang hilang pada persamaan diatas maka, digunakan persamaan momentum yang kemudian disubstitusikan ke persamaan (2.18) sebagai berikut :

$$U = U_h - K_U \frac{\partial P}{\partial x}$$

$$V = V_h - K_V \frac{\partial P}{\partial y}$$

$$W = W_h - K_W \frac{\partial P}{\partial z}$$

Sehingga,

$$\int \left(\frac{\partial N}{\partial x} \rho K_U \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} \rho K_V \frac{\partial P}{\partial y} + \frac{\partial N}{\partial z} \rho K_W \frac{\partial P}{\partial z} \right) d\Omega$$

$$\oint N \rho U dT + \oint N \rho V dT + \oint N \rho W dT - \int \rho \left(U_h \frac{\partial N}{\partial x} + V_h \frac{\partial N}{\partial y} + W_h \frac{\partial N}{\partial z} \right) d\Omega \quad (8)$$



Persamaan diatas merupakan bentuk diskrit dari persamaan Poisson. Oleh karena itu, akan menghasilkan matriks koefisien simetris.

Untuk aliran kompresibel, kopling desitas-tekanan juga harus dipertimbangkan sehingga,

$$\rho U = \frac{(\rho U^o + \rho^o U)}{2}$$

Dimana, nilai o mengacu pada persamaan (II.17) sehingga,

$$\begin{aligned} & \int \left(\frac{\partial N}{\partial x} \rho^o K_U \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} \rho^o K_V \frac{\partial P}{\partial y} + \frac{\partial N}{\partial z} \rho^o K_W \frac{\partial P}{\partial z} + N \left(\frac{\partial \rho U^o}{\partial x} + \frac{\partial \rho V^o}{\partial y} + \frac{\partial \rho W^o}{\partial z} \right) \right) d\Omega \\ & = \oint N \rho^o U^o dT + \oint N \rho^o V^o dT + \oint N \rho^o W^o dT + \int \rho^o \left(U_h \frac{\partial N}{\partial x} + V_h \frac{\partial N}{\partial y} + W_h \frac{\partial N}{\partial z} \right) + \\ & \left(\frac{\partial N}{\partial x} \rho^o U^o + \frac{\partial N}{\partial y} \rho^o V^o + \frac{\partial N}{\partial z} \rho^o W^o \right) d\Omega \end{aligned} \quad (9)$$

Persamaan disisi kiri ditulis ulang dalam bentuk tekanan menggunakan hukum gas ideal. Dengan persamaan tersebut maka, persamaan tekanan kompresibel akan menghasilkan matriks koefisien non-simetrik.

Dengan persamaan tekanan diatas, masing-masing persamaan dapat diselesaikan secara terpisah yaitu, persamaan x-momentum dapat diselesaikan untuk nilai U, persamaan y-momentum dapat diselesaikan untuk nilai V, persamaan z-momentum dapat diselesaikan untuk nilai W, persamaan tekanan dapat diselesaikan untuk nilai P dan sebagainya. Hal ini menyederhanakan permasalahan karena penyelesaian dilakukan dalam satu derajat kebebasan di setiap persamaan. Pendekatan ini yang disebut *Solver Segregated* karena masing – masing variabel diselesaikan secara terpisah.

2) Matrix Solver

Proses diskritasi menghasilkan persamaan aljabar disetiap penyelesaian, sehingga membentuk matriks (a_i, a_j) . Metode klasik dalam penyelesaian matriks menggunakan eliminasi Gauss namun, dalam prosesnya membutuhkan waktu yang lama untuk mendapatkan solusi



karena eliminasi membutuhkan matriks banded selama penguraian. Ansys CFD mempunyai matriks yang jauh lebih kecil dengan menggunakan pemecahan matriks berulang dari metode gradien konjugasi, dimana dibuat untuk mengurangi jumlah perhitungan dan menghilangkan proses pengisian.

Alternatif pemecahan matriks yang lebih sederhana yang sering digunakan yakni prosedur *Gauss-Seidel* dan prosedur *Tri-Diagonal Matrix Algorithm* (TDMA). Pada Ansys CFD digunakan pemecahan matrix metode gradien konjugasi akan mengulangi proses eliminasi sampai kriteria terpenuhi atau jumlah iteasi yang ditetapkan terlampaui.

2.6 Software Ansys

ANSYS merupakan penerapan dari metode volume hingga (FVM). FVM adalah metode numeric untuk mendiskritisasi diferensial parsial kontiniu menjadi sekumpulan persamaan aljabar. Langkah pertama diskritisasi adalah membagi domain komputasi menjadi sejumlah volume yang terbatas dan membentuk mesh atau grid. Diferensial parsial kontiniu diintegrasikan di setiap volume dengan menggunakan teorema divergensi, sehingga menghasilkan persamaan aljabar untuk setiap sel. Ditengah sel, nilai rata-rata sel dari variable aliran disimpan yang dinamakan node. Hal ini menyiratkan bahwa resolusi spasial dari solusi dibatasi oleh ukuran sel karena variable aliran tidak bervariasi di dalam sel.

FVM bersifat konservatif, artinya fluks yang meninggalkan sel melalui salah satu batasnya sama dengan fluks yang masuk ke sel yang berdekatan melalui batas yang sama. Sifat ini membuatnya menguntungkan untuk permasalahan dalam dinamika fluida. ANSYS adalah *software* untuk menganalisa masalah-masalah rekayasa (engineering). *Software* ANSYS merupakan *software* yang telah terintegrasi dengan perangkat lunak computer Aided Design (CAD) sehingga memudahkan dalam mendesain model geometri dengan



berbagai perangkat lunak CAD. Suku (2018: 22) menjelaskan bahwa *software* ANSYS terdiri dari tiga tahapan yaitu:

1. *Pre Processor*

Merupakan proses awal pada *software* ANSYS diantaranya yaitu penyederhanaan model, menentukan bahan material, dan membuat meshing grid.

2. *Solver*

Merupakan proses analisa pada *software* ANSYS diantaranya yaitu menentukan batas analisa dan menjalankan analisa pada model.

3. *Post Processor*

Merupakan proses hasil pada *software* ANSYS yaitu mendapatkan daftar hasil dan periksa validitas.

2.7. Hukum Perbandingan Model Kapal

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
- 2) Kesamaan Kinematis
- 3) Kesamaan dinamis

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, walupun permukaan tersebut

sesuai permukaan kapal itu sendiri, karena aliran yang terjadi disepanjang badan kapal tidak sesuai. Fenomena lapisan batas pada kapal tidak dapat diabaikan karena benar pada skala model.



Dari segi permukaan kesamaan geometris umumnya diabaikan dan model kapal dibuat dengan mulus. Permukaan laut dan permukaan air didalam tangki percobaan juga harus mirip. Kondisi yang kapalnya mulus dan kapal tersebut bergerak di air yang permuaannya rata disebut kondisi tangki. Hamper disemua tangki percobaan tekanan pada permukaan air sama dengan tekanan atmosfer, kondisi demikian juga tidak benar (Sv. Aa. Harvald). Tekanan udara didalam tangki percobaan harus diturunkan.

Bila kapal sedang berlayar dilaut permukaan air luas tak berhingga dan dianggap dalam tak berhingga. Ukuran model terbatas, dan ukuran model kapal kecil sebanding dengan ukuran tangki/kolam, berarti tidak kesamaan geometris dan mentransfer hasil yang diperoleh dari pengujian model.

Kondisi geometris yang dapat terpenuhi dalam suatu percobaan model hanya kesamaan geometris dimensi – dimensi linier model, misalnya :

Hubungan antara kapal dan model yang dinyatakan dengan skala (λ) :

$$\lambda = \frac{L_s}{L_m} = \frac{B_s}{B_m} = \frac{T_s}{T_m} \quad (10)$$

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) HARVALD:

$$B_m < 1/10 \text{ B tangki}$$

$$T_m < 1/10 \text{ T tangki}$$

3) UNIVERSITY OF NEW CASTLE :

$$L_m < 1/2 \text{ b tangki}$$

$$B_m < 1/15 \text{ B tangki}$$

$$A_{o_m} < 0,4 \text{ A}_o \text{ tangki}$$

2. Kesamaan Kinematis

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

$$Fr_m = Fr_s \quad (11)$$

$$\frac{V_m}{\sqrt{g \cdot L_m}} = \frac{V_s}{\sqrt{g \cdot L_s}}$$

$$V_m = V_s \sqrt{L_s/L_m}$$

$$V_m = V_s \sqrt{\frac{1}{\lambda}}$$

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

maan dinamis

ka percobaan model yang dilakukan dimaksudkan untuk mendapatkan 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 besesuaian harus mempunyai besar dan arah yang sama, kesatuan angka Reynold yang menggambarkan perbandingan gaya – gaya inersia dengan viskositas :

Angka Reynol model sama dengan angka Reynol kapal

$$\begin{aligned} \text{Re}_m &= \text{Re}_s & (12) \\ \frac{V_m \cdot L_m}{\nu} &= \frac{V_s \cdot L_s}{\nu} \\ V_m &= V_s \cdot L_s / L_m \\ V_m &= V_s \cdot \lambda \end{aligned}$$

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

A. Skala Model

Dalam penentuan skala model tergantung dari ukuran utama kapal yang sebenarnya, ukuran tangki percobaan, dan kecepatan tarik. Mengingat bahwa permukaan bebas zat cair pada tangki percobaan sangat terbatas, sehingga ombak yang ditimbulkan oleh dinding tangki akibat adanya getaran akan mempengaruhi gerakan model tersebut.

Untuk menghindari terjadinya ombak pada dinding tangki atau biasa disebut dengan “*Blockage Effect*” maka ukuran model harus disesuaikan dengan ukuran lebar tangki/kolam percobaan serta tinggi air dalam tangki dengan sarat model. Hubungan antara lebar tangki dan lebar model sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya bahwa

$$\begin{aligned} B_m &< 1/10 B \text{ tangki (menurut Harvald),} \\ B_m &< 1/15 B \text{ tangki (menurut University Of New Catsle) dan} \\ T_m &< 1/10 T \text{ tangki. (menurut Harvald)} \end{aligned}$$

Apabila tangki percobaan cukup besar dan gelombang yang terjadi dari dinding tangki tidak mempengaruhi gerak model, maka dapat digunakan

$$\begin{aligned} L_m &< T \text{ tangki (menurut Todd)} \\ L_m &< 1/2 B \text{ tangki (menurut Todd)} \end{aligned}$$

