

SKRIPSI

**STUDI TAHANAN KAPAL DENGAN PEMASANGAN DOUBLE
RECTANGULAR VORTEX GENERATOR POSISI SEJAJAR
MENGUNAKAN ANSYS FLUENT**

DISUSUN DAN DIAJUKAN OLEH:

BAHRUL WICAKSONO

D031191049



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**



LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Studi Tahanan Kapal Dengan Pemasangan Double Rectangular Vortex Generator Posisi Sejajar Menggunakan Aplikasi Ansys Fluent

Disusun dan diajukan oleh

BAHRUL WICAKSONO
D031191049

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

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Prof. Dr. Eng. Suandar Baso, ST.,
NIP 19730206 200012 1 002

Pembimbing Utama,



Ir. Rosmani, MT
NIP 19600620 198802 2 001

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. Eng. Suandar Baso, ST.,
NIP 19730206 200012 1 002



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Bahrul Wicaksono

NIM : D031191049

Program Studi : Teknik Perkapalan

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

STUDI TAHANAN KAPAL DENGAN PEMASANGAN DOUBLE RECTANGULAR VORTEX GENERATOR POSISI SEJAJAR MENGUNAKAN 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, 13 Maret 2024

Yang Menyatakan



METERAI TEMPEL
577ALX182668817

Bahrul Wicaksono



Optimization Software:
www.balesio.com

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul **“Studi Tahanan Kapal Dengan Pemasangan Double Rectangular Vortex Generator Posisi Sejajar Menggunakan 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. Orang tua saya: Gantrang Sujirman, dan Rohani Handaling; orang tercinta yang menjadi motivasi utama serta senantiasa mencurahkan kasih sayang, do'a serta dukungan yang tiada hentinya kepada penulis.
2. Bapak Prof. Dr.Eng. Suandar Baso, ST. selaku Ketua Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin sekaligus pembimbing I yang senantiasa membimbing dan mengarahkan penulis dengan penuh kesabaran dan keikhlasan meluangkan waktu untuk berkonsultasi demi kesempurnaan tugas akhir ini sehingga dalam proses pengerjaan tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
3. Ibu Rosmani, MT. selaku Ketua Laboratorium Hidrodinamika Kapal senantiasa membimbing sekaligus pembimbing II mengarahkan penulis dengan penuh kesabaran dan keikhlasan meluangkan waktu untuk berkonsultasi demi kesempurnaan tugas akhir ini sehingga dalam proses pengerjaan tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.



4. Bapak Ir. Lukman Bochary, MT. dan Ibu Dr. Andi Sitti Chairunnisa, ST.,MT, selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan saran sehingga penulis dapat memperoleh gelar akademik di Departemen Teknik Perkapalan.
5. Seluruh Pegawai/Staff Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang selalu membantu segala administrasi selama kuliah.
6. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas bimbingan, arahan, didikan, dan motivasi yang telah diberikan, semoga ilmu dan bimbingan bapak dan ibu membawa keberkahan dan mendapat balasan yang lebih baik dari Allah SWT.
7. Teman-teman angkatan saya ZTARBOARD 2019, terima kasih telah memberi pengalaman hidup yang sangat berarti selama penulis menuntut ilmu di Jurusan Perkapalan. Saudara-saudaraku 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.
8. Kepada teman-teman seperjuangan skripsi ANDROMAX 2019. Semangat untuk runningannya untuk mendapatkan gelar sarjana.
9. Kepada anak-anak di assyarif Tintong, Gondes, Oppo, Bulu, Sopo, Adudu, Faza, Jimbe, Picolo. Terima kasih atas bantuan, motivasi dan prinsip ada-ada ji itu yang selalu ditanamkan kepada teman teman
10. Semua pihak yang telah membantu, dalam bentuk fisik ataupun dalam bentuk doa. Semoga Allah SWT membalas kebaikan kalian dengan yang lebih baik.

Semoga proses belajar selama ini dan tugas akhir ini diridhoi dan diberkahi oleh Allah SWT. Aamiin.

Gowa, Februari 2024

Penulis



ABSTRAK

WICAKSONO, BAHRUL, 2024 *Studi Tahanan Kapal Dengan penggunaan Double Rectangular Vortex Generator Posisi Sejajar Menggunakan ANSYS Fluent* (dibimbing oleh Prof. Suandar Baso dan Rosmani).

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 sejajar. 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 3.453, 3.256, 3.479, dan 3.542. perbedaan persentase terbesar terjadi pada kondisi trim 3° sebesar 6,5%.

Kata Kunci : Tahanan, Vortex Generator, ANSYS Fluent



ABSTRACT

WICAKSONO, BAHRUL. 2024 "Study of Ship Resistance by Installing a Double Rectangular Vortex Generator in a Parallel Positions Using Ansys Fluent" (supervised by **Prof. Suandar Baso** and **Rosmani**)

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 trought 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, namely by istalling a Vortex Generator in a paraller position. 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 3.453, 3.256, 3.479, dan 3.542 and the largest percentage difference occurs in the trim 3° condition 6,5%.

Keywords: Resistance, Vortex generator, Ansys Fluent



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	2
ABSTRAK	4
ABSTRACT	5
DAFTAR ISI	6
DAFTAR NOTASI	9
DAFTAR GAMBAR	10
DAFTAR TABEL	12
DAFTAR LAMPIRAN	13
BAB I PENDAHULUAN	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Kapal Cepat.....	4
2.2 Tahanan Kapal	5
Aliran Fluida	8
ortex Generator.....	11
ukum Perbandingan Model	13



2.5.1	Kesamaan Geometris	14
2.5.2	Kesamaan Kinematis.....	15
2.5.3	Kesamaan Dinamis.....	16
BAB III METODE PENELITIAN.....		20
3.1	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	20
3.2	Jenis Penelitian.....	20
3.3	Metode Pengumpulan Data.....	20
3.4	Metode Pengolahan Data	20
3.4.1	Data Kapal.....	21
3.4.2	Pemodelan Kapal Cepat dengan Double Rectangular Vortex Generator.....	22
3.4.3	Simulasi Ansys Fluent.....	27
3.4.4	Verifikasi.....	31
3.4.5	Analisis Data	31
3.4.6	Kesimpulan	32
3.5	Kerangka Berpikir.....	33
BAB IV		34
4.1	Desain Vortex Generator.....	34
4.2	Initial Condition dan Boundary Layer	36
4.3	Deskripsi Pra-Analisis.....	38
4.4	Mesh.....	39
	Meshing.....	39
	Mesh Independence Study	40



4.5	Nilai Residual in dan Residual Out	40
4.6	Visualisasi Velocity Magnitude dan Static Pressure	41
4.6.1	Visualisasi Velocity Magnitude	41
4.6.2	Visualisasi Pola Aliran	48
4.6.3	Visualisasi Static Pressure.....	56
4.7	Prediksi Tahanan Model Kapal	63
4.8	Perbandingan Nilai Koefisien Tahanan	65
BAB V KESIMPULAN		67
5.1	Kesimpulan	67
5.2	Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA		69
LAMPIRAN		70



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 1 ALIRAN <i>STREAMLINE</i> YANG MELINTASI SUATU BODY	8
GAMBAR 2 ALIRAN LAMINER.....	10
GAMBAR 3 ALIRAN TRANSISI.....	10
GAMBAR 4 ALIRAN TURBULEN.....	11
GAMBAR 5 BERBAGAI BENTUK <i>VORTEX GENERATOR</i>	12
GAMBAR 6 <i>LINES PLAN</i> KAPAL PADA <i>SOFTWARE AUTOCAD</i>	21
GAMBAR 7 TAMPILAN AWAL MODEL KAPAL PADA <i>SOFTWARE RHINOCEROS 6</i>	22
GAMBAR 8 BATAS PANJANG <i>VORTEX GENERATOR</i>	23
GAMBAR 9 PROSES PEMBUATAN <i>SURFACE</i>	23
GAMBAR 10 PROSES <i>TRIM</i> PADA <i>SURFACE</i> DI LUAR MODEL KAPAL	24
GAMBAR 11 TAMPILAN <i>DOUBLE RECTANGULAR VORTEX GENERATOR</i>	24
GAMBAR 12 PROSES PEMASANGAN <i>VORTEX GENERATOR</i> PADA MODEL KAPAL	25
GAMBAR 13 TAMPILAN <i>VORTEX GENERATOR</i> YANG SUDAH TERPASANG	25
GAMBAR 14 TAMPILAN MODEL SETELAH <i>CLOSED SOLID</i>	26
GAMBAR 15 KONDISI <i>TRIM 3°</i> MODEL KAPAL TANPA MENGGUNAKAN <i>VORTEX GENERATOR</i>	27
GAMBAR 16 VISUAL TAHAP <i>GEOMETRY</i> MODEL.....	28
GAMBAR 17 VISUALISASI <i>MESH SIZING</i> MODEL KAPAL DAN <i>BOUNDARY LAYER</i>	29
GAMBAR 18 VISUALISASI <i>MESH SIZING</i> MODEL KAPAL.....	29
GAMBAR 19 VISUALISASI TAHAP SOLVE MODEL KAPAL DAN <i>BOUNDARY LAYER</i>	30
GAMBAR 20 <i>RECTANGULAR VORTEX GENERATOR</i>	34
GAMBAR 21 SKETSA PELETAKAN DAN UKURAN <i>DOUBLE RECTANGULAR VORTEX GENERATOR</i>	35
GAMBAR 22 <i>BOUNDARY LAYER</i> SESUAI REKOMENDASI ITTC.....	36
GAMBAR 23 <i>INLET BOUNDARY</i>	37
GAMBAR 24 <i>OUTLET BOUNDARY</i>	37
GAMBAR 25 <i>WALL BOUNDARY</i>	37
GAMBAR 26 <i>HULL BOUNDARY</i>	38
GAMBAR 27 PERBANDINGAN NILAI TAHANAN TERHADAP JUMLAH <i>MESH</i>	40
GAMBAR 28 MENU ANSYS FLUENT	42
GAMBAR 29 <i>VELOCITY MAGNITUDE</i> TANPA MENGGUNAKAN <i>VORTEX GENERATOR</i> PADA KECEPATAN 0,75 M/S <i>TRIM 0°</i>	42
GAMBAR 30 <i>VELOCITY MAGNITUDE</i> TANPA MENGGUNAKAN <i>VORTEX GENERATOR</i> PADA KECEPATAN 1,513 M/S DENGAN <i>TRIM 1°</i>	43
GAMBAR 31 <i>VELOCITY MAGNITUDE</i> TANPA MENGGUNAKAN <i>VORTEX GENERATOR</i> PADA KECEPATAN 2,016M/S DENGAN <i>TRIM 2°</i>	44
GAMBAR 32 <i>VELOCITY MAGNITUDE</i> TANPA MENGGUNAKAN <i>VORTEX GENERATOR</i> PADA KECEPATAN 2,762 M/S ADENGAN <i>TRIM 3°</i>	44
GAMBAR 33 <i>VELOCITY MAGNITUDE</i> MENGGUNAKAN <i>VORTEX GENERATOR</i>	45
GAMBAR 34 <i>VELOCITY MAGNITUDE</i> MENGGUNAKAN <i>VORTEX GENERATOR</i>	46
GAMBAR 35 <i>VELOCITY MAGNITUDE</i> MENGGUNAKAN <i>VORTEX GENERATOR</i>	46
GAMBAR 36 <i>VELOCITY MAGNITUDE</i> MENGGUNAKAN <i>VORTEX GENERATOR</i>	47
GAMBAR 37 POLA ALIRAN TANPA MENGGUNAKAN <i>VORTEX GENERATOR</i> PADA KECEPATAN 0,75 M/S DENGAN <i>TRIM 0°</i> TAMPAK ATAS.....	48
GAMBAR 38 POLA ALIRAN TANPA MENGGUNAKAN <i>VORTEX GENERATOR</i> PADA KECEPATAN 0,75 M/S DENGAN <i>TRIM 0°</i> TAMPAK BAWAH.....	49
GAMBAR 39 POLA ALIRAN TANPA MENGGUNAKAN <i>VORTEX GENERATOR</i> PADA KECEPATAN 1,513 M/S DENGAN <i>TRIM 1°</i> TAMPAK ATAS	49
GAMBAR 40 POLA ALIRAN TANPA MENGGUNAKAN <i>VORTEX GENERATOR</i> PADA KECEPATAN 1,513 M/S DENGAN <i>TRIM 1°</i> TAMPAK BAWAH.....	50
GAMBAR 41 POLA ALIRAN TANPA MENGGUNAKAN <i>VORTEX GENERATOR</i> PADA KECEPATAN 2,016 M/S DENGAN <i>TRIM 2°</i> TAMPAK ATAS	50
GAMBAR 42 POLA ALIRAN TANPA MENGGUNAKAN <i>VORTEX GENERATOR</i> PADA KECEPATAN 2,016 M/S DENGAN <i>TRIM 2°</i> TAMPAK BAWAH.....	51
GAMBAR 43 POLA ALIRAN TANPA MENGGUNAKAN <i>VORTEX GENERATOR</i> PADA KECEPATAN 2,762 M/S DENGAN <i>TRIM 2°</i> TAMPAK ATAS	51
GAMBAR 44 POLA ALIRAN TANPA MENGGUNAKAN <i>VORTEX GENERATOR</i> PADA KECEPATAN 2,762 M/S DENGAN <i>TRIM 2°</i> TAMPAK BAWAH.....	52
GAMBAR 45 POLA ALIRAN KAPAL MENGGUNAKAN <i>VORTEX GENERATOR</i> PADA KECEPATAN 0,75	



M/S DENGAN TRIM 0 TAMPAK ATAS.....	52
GAMBAR 46 POLA ALIRAN KAPAL MENGGUNAKAN <i>VORTEX GENERATOR</i> PADA KECEPATAN 0,75 M/S DENGAN TRIM 0 TAMPAK BAWAH.....	53
GAMBAR 47 POLA ALIRAN MENGGUNAKAN <i>VORTEX GENERATOR</i> KECEPATAN 1,513 M/S DENGAN TRIM 1° TAMPAK ATAS	53
GAMBAR 48 POLA ALIRAN MENGGUNAKAN <i>VORTEX GENERATOR</i> KECEPATAN 1,513 M/S DENGAN TRIM 1° TAMPAK BAWAH.....	54
GAMBAR 49 POLA ALIRAN MENGGUNAKAN <i>VORTEX GENERATOR</i> PADA KECEPATAN 2,016 M/S DENGAN TRIM 2°.....	54
GAMBAR 50 POLA ALIRAN MENGGUNAKAN <i>VORTEX GENERATOR</i> PADA KECEPATAN 2,016 M/S DENGAN TRIM 2°.....	55
GAMBAR 51 POLA ALIRAN MENGGUNAKAN <i>VORTEX GENERATOR</i> PADA KECEPATAN 2,762 M/S DENGAN TRIM 3° TAMPAK ATAS.....	55
GAMBAR 52 POLA ALIRAN MENGGUNAKAN <i>VORTEX GENERATOR</i> PADA KECEPATAN 2,762 M/S DENGAN TRIM 3° TAMPAK BAWAH.....	56
GAMBAR 53 <i>STATIC PRESSURE</i> TANPA MENGGUNAKAN <i>VORTEX GENERATOR</i> PADA KECEPATAN 0,75 M/S DENGAN KONDISI 0°	57
GAMBAR 54 <i>STATIC PRESSURE</i> TANPA MENGGUNAKAN <i>VORTEX GENERATOR</i> PADA KECEPATAN 1,513 M/S DENGAN TRIM 1°.....	57
GAMBAR 55 <i>STATIC PRESSURE</i> TANPA MENGGUNAKAN <i>VORTEX GENERATOR</i> PADA KECEPATAN 2,016 M/S DENGAN TRIM 2°.....	58
GAMBAR 56 <i>STATIC PRESSURE</i> TANPA MENGGUNAKAN <i>VORTEX GENERATOR</i> PADA KECEPATAN 2,762 M/S DENGAN TRIM 3°.....	59
GAMBAR 57 <i>STATIC PRESSURE</i> MENGGUNAKAN <i>VORTEX GENERATOR</i> PADA KECEPATAN 0,75 M/S DENGAN KONDISI TRIM 0°	60
GAMBAR 58 <i>STATIC PRESSURE</i> MENGGUNAKAN <i>VORTEX GENERATOR</i> PADA KECEPATAN 1,513 M/S DENGAN TRIM 1°	61
GAMBAR 59 <i>STATIC PRESSURE</i> MENGGUNAKAN <i>VORTEX GENERATOR</i> PADA KECEPATAN 2,016 M/S DENGAN TRIM 2°	62
GAMBAR 60 <i>STATIC PRESSURE</i> MENGGUNAKAN <i>VORTEX GENERATOR</i> PADA KECEPATAN 2,762 M/S DENGAN TRIM 3° TAMPAK SAMPIING.....	63
GAMBAR 61 GRAFIK HUBUNGAN ANTARA <i>FNV</i> DAN KOEFISIEN TAHANAN MODEL KAPAL	64
GAMBAR 62 GRAFIK HASIL PERBEDAAN KOEFISIEN TAHANAN MODEL KAPAL MENGGUNAKAN <i>DOUBLE RECTANGULAR VORTEX GENERATOR</i> DARI SIMULASI ANSYS FLUENT DENGAN CFD	66



DAFTAR TABEL

TABLE 1 UKURAN UTAMA MODEL	21
TABLE 2 UKURAN MODEL KAPAL SKALA 1:15	26
TABLE 3 KECEPATAN MODEL KAPAL TIAP KONDISI	27
TABLE 4 UKURAN VORTEX GENERATOR	34
TABLE 5 KECEPATAN MODEL KAPAL DAN TRIM BURITAN	36
TABLE 6 PROPERTY FLUIDA.....	36
TABLE 7 NILAI <i>FROUDE NUMBER</i> VOLUME MODEL KAPAL	38
TABLE 8 NILAI <i>SCALED RESIDUAL MODEL KAPAL TANPA RECTANGULAR VORTEX GENERATOR</i>	41
TABLE 9 NILAI <i>SCALED RESIDUAL MODEL KAPAL MENGGUNAKAN RECTANGULAR VORTEX GENERATOR</i>	41
TABLE 10 VELOCITY MAGNITUDE TANPA VORTEX GENERATOR	47
TABLE 11 VELOCITY MAGNITUDE MENGGUNAKAN VORTEX GENERATOR.....	47
TABLE 12 PERBANDINGAN NILAI TEKANAN TANPA MENGGUNAKAN DAN MENGGUNAKAN VORTEX	63
TABLE 13 PERBEDAAN TAHANAN MODEL KAPAL TANPA MENGGUNAKAN <i>VORTEX GENERATOR</i> DAN MENGGUNAKAN <i>VORTEX GENERATOR</i>	64
TABLE 14 HASIL PERBEDAAN KOEFISIEN TAHANAN MODEL KAPAL MENGGUNAKAN CFD.....	65
TABLE 15 HASIL PERBEDAAN KOEFISIEN TAHANAN MODEL KAPAL MENGGUNAKAN ANSYS FLUENT	65



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. Visualisasi *Static Pressure*
- Lampiran 7. Penentuan Skala Mode



BAB I

PENDAHULUAN .

1.1 Latar Belakang Masalah

Dalam perencanaan kapal terkadang terjadi suatu masalah yakni menyangkut tahanan serta kecepatan kapal yang harus sesuai permintaan. Tahanan kapal adalah ilmu yang mempelajari reaksi fluida akibat gerakan kapal yang melalui fluida tersebut. Dalam istilah hidrodinamika kapal, tahanan/*resistance/drag* adalah besarnya gaya fluida yang bekerja pada kapalsedemikian rupa sehingga melawan gerakan kapal tersebut. Besarnya tahanan kapal akan menentukan kecepatan suatu kapal.

Seiring dengan kemajuan zaman maka terjadi 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 caradengan menambahkan *vortex Generator* pada modifikasi lambung kapal. Agar meminimalisir besarnya nilai tahanan kapal juga dapat dilakukan modifikasi pada lambung kapal, yakni dengan pemasangan *Vortex Generator*. Cara kerja dari *Vortex Generator* adalah mempercepat transisi aliran dari laminar *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 melawan *adverse pressure* dan tegangan geser permukaan. Pada *separasi boundary layer*, kecepatan fluida yang dekat dengan permukaan nilainya akan lebih besar dibandingkan dengan pada laminar *boundary layer*. Jika kecepatan fluida lebih besar, maka energi kinetik fluida juga akan 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 mempercepat transisi dari laminar boundary layer menjadi turbulent boundary layer (Azmi 2015). Rectangular VG menjadi salah satu pilihan karena bentuk azim digunakan dalam penelitian dan mudah dalam pembuatannya. Selain bentuk juga dilakukan di lakukan modifikasi pada pemasangan



Rectangular VG yakni posisi sejajar dengan arah kapal.

Berdasarkan saran dari penelitian terdahulu, oleh Amrul Maulana, tahun 2023 diinginkan adanya percobaan menggunakan aplikasi yang lain selain Autodesk CFD. Berdasarkan uraian dan hasil penelitian diatas, didapatkan kesimpulan bahwa kapal yang menggunakan vortex generator dapat mengurangi nilai tahanan dan pressure. Sehingga peneliti tertarik untuk melakukan “**STUDI TAHANAN KAPAL DENGAN PEMASANGAN DOUBLE RECTANGULAR VORTEX GENERATOR POSISI SEJAJAR MENGGUNAKAN ANSYS FLUENT**”

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Berapa besar nilai koefisien tahanan kapal menggunakan dan tanpa menggunakan double *rectangular vortex generator* yang sejajar?
2. Bagaimana pola aliran air pada lambung kapal menggunakan dan tanpa menggunakan double *rectangular vortex generator* yang sejajar?
3. Bagaimana pressure pada lambung kapal menggunakan dan tanpa menggunakan double *rectangular vortex generator* yang sejajar?

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. Kecepatan model yang dipakai dari 0,75 m/s, 1,513 m/s, 2,016 m/s dan 2,762 m/s
3. Pengaruh Trim 0°, 1 °, 2 °, dan 3°

1.4 Tujuan Penelitian

- 1 Menentukan nilai koefisien tahanan menggunakan double rectangular vortex generator yang sejajar pada model.
- 2 Mengetahui pola aliran air setelah menggunakan double rectangular vortex generator yang sejajar pada model.
- 3 Mengetahui perbandingan tekanan yang terjadi ketika menggunakan double rectangular vortex generator yang sejajar pada model.

Penelitian

Sebagai informasi untuk menambah wawasan mengenai pengaruh *double rectangular vortex generator* yang sejajar terhadap besar nilai tahanan kapal.



2. Sebagai tambahan referensi bagi pembaca mengenai pola aliran fluida yang terjadi akibat pergerakan kapal berdasarkan analisis program *Ansys fluent*.

1.6 Sistematika Penulisan

Skripsi ini disusun menjadi beberapa bagian untuk mendapatkan alurpenulisan yang jelas dan sistematis. 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

Menurut J. Lawrence (1985), dalam jurnal yang ditulis oleh Rosmani (2013), mengatakan karakteristik high speed craft dipengaruhi Froude Numbernya. Untuk landing craft, luas bidang basah efektif berkurang seiring dengan meningkatnya kecepatan kapal. Oleh karena itu, bilangan Froude number (F_n) sering digunakan sebagai parameter.

Froude number (F_n) didefinisikan sebagai berikut:

$$F_n V = \frac{v}{g \times L} \quad (1)$$

Dimana:

- F_n = Froude number
- V_s = Kecepatan (m/s)
- g = Percepatan Gaya Gravitasi (9.81 m/s²)
- L_{wl} = Panjang kapal (m)

Froude number Volume ($F_n V$) didefinisikan sebagai berikut:

$$F_n V = \frac{v}{g \times \sqrt[3]{V}} \quad (2)$$

Dimana:

- $F_n V$ = Froude number Volume
- V_s = Kecepatan (m/s)
- g = Percepatan Gaya Gravitasi (9.81 m/s²)
- V = Volume Kapal (m³)

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

a. Kapal Lambat : Kapal berlayar dengan $F_n \leq 0,20$

 Kapal Sedang : Kapal berlayar dengan $F_n \geq 0,20$ dan $\leq 0,35$

 Kapal Cepat : Kapal berlayar dengan $F_n \geq 0,35$

Kapal cepat pertama yang dibangun adalah jenis hydrofoils dan hovercraft,



tetapi pada tahun 1990 jenis kapal cepat catamaran dan monohull menjadi lebih populer. Kebanyakan kapal berkecepatan tinggi berfungsi sebagai kapal feri



penumpang, tetapi untuk jenis catamaran dan monohull yang terbesar juga membawa mobil, bus, truk besar, dan lain-lain. Adapun jenis-jenis kapal cepat atau high-speed craft.

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).

Ketika kapal bergerak pada daerah permukaan bebas dari suatu fluida, maka variasi tekanan didaerah sekitar bodi kapal tersebut akan menghasilkan gelombang pada permukaan fluida. Energy dibutuhkan untuk mempertahankan terjadinya gelombang tersebut, sehingga hal ini menjadikannya disebut tahanan (*resistance*). Selain hal itu, terjadi pula gaya-gaya tangensial yang berlawanan arah dengan arah gerak kapal tersebut yang disebabkan oleh factor viskositas fluida dan gerakan kapal. Berdasarkan kedua hal tahanan tersebut, maka dikenallah dengan wave making resistance dan viscous atau frictional resistance. (S.W. Adji, 2009).

Viskositas menyebabkan perubahan aliran disekitar lambung kapal, yang secara perlahan akan menaikkan tekanan hingga daerah ujung akhir dari lambung kapal. Akibat kondisi ini, sering pula dikenal dengan sebutan viscous pressure resistance, atau form resistance tergantung bentuk lambung kapal. (S.W. Adji, 2009).

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 :

4. Tahanan gesek (*Friction resistance*)

Tahanan gesek timbul akibat kapal bergerak melalui fluida yang memiliki viskositas seperti air laut, fluida yang berhubungan langsung dengan permukaan 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*)

$$Rn = \frac{V \times L}{\nu} \quad (3)$$

Dimana:

V: Kecepatan (m/s)

L: Panjang (m)

ν : Viskositas air

2) Koefisien gesek (*friction coefficient, Cf*)

$$Cf = \frac{0,075}{(\log Rn - 2)^2} \quad (4)$$

(Merupakan formula dari ITTC)

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

$$Slr = \frac{Vs}{\sqrt{L}} \quad (5)$$

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

B. Tahanan sisa (*Residual Resistance*)

Tahanan sisa didefinisikan sebagai kuantitas yang merupakan hasil pengurangan dari hambatan total badan kapal dengan hambatan gesek dari

an kapal. Hambatan sisa terdiri dari ;

Tahanan gelombang (*Wave Resistance*)

Tahanan gelombang adalah hambatan yang diakibatkan oleh adanya an kapal pada air sehingga dapat menimbulkan gelombang baik pada saat 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(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)

Tahanan Total (*Total Resistance*)

Tahanan total kapal terdiri dari beberapa komponen tahanan. Menurut Sommer dan Harvald (harvald, 1983), komponen tahanan dapat dihitung



dengan menggunakan perhitungan di bawah ini:

$$R_t = \frac{1}{2} \rho C_T S V^2 \quad (6)$$

Dimana:

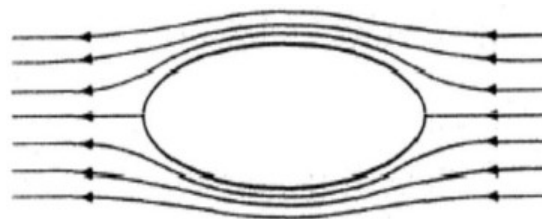
- R_T = Tahanan Total (N)
- ρ = Massa jenis Fluida (Kg/m^3)
- C_T = Koefisien tahanan total
- S = Luas bidang basah (m^2)
- v = Kecepatan (m/s)

Maka untuk mencari nilai Koefisien Tahanan digunakan Perhitungan sebagai berikut:

$$C_T = \frac{2R_T}{\rho S V^2}$$

2.3 Aliran Fluida

Fluida adalah zat yang mengalir atau berubah bentuk dan memiliki kecenderungan untuk mengalir. Ketika fluida mengalir melalui suatu titik atau jalur, terdapat berbagai parameter yang terkait dengan aliran fluida berubah dalam pola yang berbeda. Dua parameter umum dalam setiap aliran fluida adalah tekanan fluida dan kecepatan aliran partikel fluida. Aliran fluida dapat dibagi menjadi pola yang berbeda berdasarkan variasi parameter aliran dengan mempertimbangkan waktu dan jarak. Hidrodinamika klasik mengarahkan pada bagaimana bentuk pola aliran fluida yang melintasi suatu body seperti yang ditunjukkan pada *Gambar 2.1*



Gambar 1 Aliran *streamline* yang melintasi suatu body

Sumber: Suryo W.Adji, 2009

Ketika fluida bergerak melintasi body, jarak antara *streamline* tersebut akan mengalami perubahan, dan kecepatan aliran fluida pun juga mengalami perubahan, disebabkan aliran massa-nya didalam *streamlines* tersebut adalah konstan. Menurut teorema Bernoulli maka hal ini juga berkaitan dengan adanya perubahan tekanan. Untuk suatu *streamline* yang diberikan tersebut; jika ρ , v , dan h adalah Tekanan, Massa Jenis, Kecepatan, dan Tinggi tertentu dari garis



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

$$\frac{p}{\rho} + \frac{v^2}{2} + gh = \text{constant} \quad (7)$$

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 (S.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 (S.W. Adji, 2009):

$$R = C L^a V^b \rho^c \mu^d g^e p^f \quad (8)$$

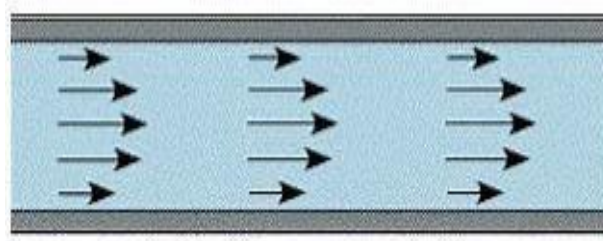
Fenomena aliran yang terkait dengan bentuk lambung kapal adalah aliran laminar, transisi dan turbulen. Hal yang paling berpengaruh terhadap bagaimana aliran yang terjadi pada lambung kapal adalah bentuk dari lambung kapal itu sendiri. Dalam hal ini, fenomena yang terjadi adalah skin friction yang nantinya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

Bentuk menguji apakah suatu aliran laminar atau turbulen, biasanya menggunakan rumus Reynold number. Reynold number adalah 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).

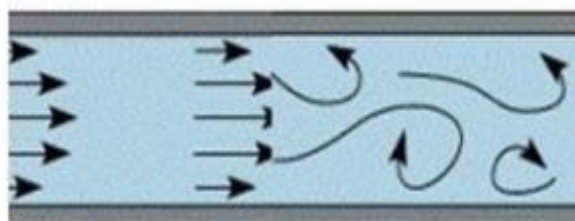
1. Aliran laminer ($Re < 2300$) Adalah aliran fluida yang ditunjukkan dengan gerak partikel-partikel fluidanya sejajar dengan garis-garis arusnya. Dalam aliran laminer, partikel-partikel fluida seolah-olah bergerak sepanjang lintasan-lintasan yang halus dan lancar, dengan satu lapisan meluncur satu arah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



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).

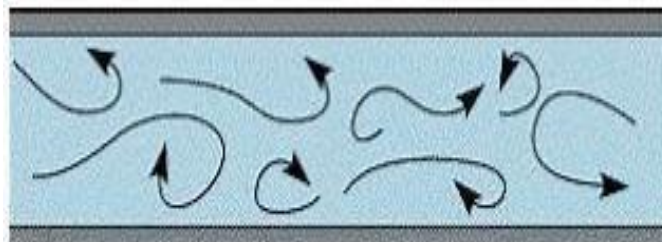


Gambar 3 Aliran Transisi.

Sumber : (Senoaji,2015).



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).



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 di setiap 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. Vortex generator memiliki fungsi untuk menunda efek separation sehingga dapat meningkatkan angle of attack pada UAV sehingga dapat dirumuskan dengan suatu metode, dimana vortex generator (VG) digantikan oleh subdomain sel sehingga menjadi bentuk seperti vortex generator, dimana distribusi

terjadi pada fluida, sehingga efek vortex generator dapat diketahui.

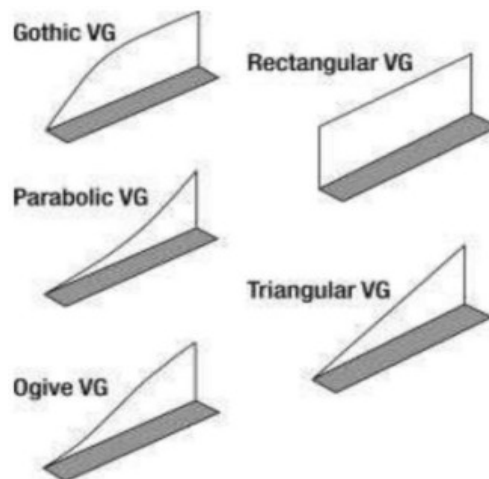
Angle of attack (angle of attack) merupakan sudut yang terbentuk dari tali foil dan arah aliran udara yang melewatinya (relative wind). Perbedaan angle of attack (α) akan menghasilkan lift yang berbeda-beda, adapun untuk aplikasi



angle of attack (α) yaitu pada airfoil. Contoh angle of attack (α) pada airfoil simetris menghasilkan lift nol bila angle of attack nol, sedangkan pada airfoil tidak simetris pada angle of attack nol lift yang dihasilkan tidak nol, lift menjadi nol apabila airfoil tidak simetris membentuk sudut negatif terhadap aliran udara (Ghofar, 2018: 32)

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



Gambar 5 Berbagai Bentuk Vortex Generator.

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

Vortex generator (VG) pada kapal adalah alat yang digunakan untuk mengatur aliran fluida di sekitar permukaan kapal. Vortex generator biasanya terdiri dari sejumlah kecil fin kecil atau aliran aerodinamis yang ditempatkan di permukaan kapal untuk menciptakan pusaran udara atau "vortex" yang mengalir di sekitarnya. Berikut adalah beberapa fungsi dari vortex generator pada kapal:

Angi turbulensi: Vortex generator membantu mengurangi turbulensi di permukaan kapal dengan menciptakan pusaran udara yang membantu menghkan aliran fluida secara lebih teratur. Dengan mengurangi turbulensi, kapal mengalami penurunan gesekan hidrodinamis dan peningkatan



efisiensi.

2. **Meningkatkan kinerja propulsi:** Dengan mengurangi turbulensi di sekitar permukaan kapal, vortex generator dapat meningkatkan kinerja propulsi kapal. Hal ini dapat menghasilkan penghematan bahan bakar dan meningkatkan kecepatan atau jarak yang dapat dicapai oleh kapal.
3. **Mengurangi resistensi hidrodinamis:** Vortex generator membantu mengurangi resistensi hidrodinamis dengan memperbaiki aliran fluida di sekitar permukaan kapal. Dengan mengurangi resistensi hidrodinamis, kapal dapat bergerak lebih efisien melalui air.
4. **Mengurangi risiko cavitation:** Vortex generator dapat membantu mengurangi risiko cavitation, yang terjadi ketika tekanan pada permukaan kapal turun di bawah tekanan uap air, menyebabkan gelembung udara yang merusak. Dengan mengatur aliran fluida di sekitar permukaan kapal, vortex generator dapat membantu mencegah atau mengurangi kemungkinan cavitation terjadi.
5. **Stabilisasi aliran:** Vortex generator juga dapat digunakan untuk mengatur aliran fluida di sekitar permukaan kapal untuk membantu menjaga stabilitas kapal, terutama pada kecepatan tinggi atau kondisi cuaca buruk.

2.5 Hukum Perbandingan Model

Sebelum membuat model, ukuran model merupakan prioritas utama yang perlu diperhatikan karena dalam hal ini besarnya ukuran model haruslah sesuai dengan tempat melakukan pengujian model sehingga diperlukan penskalaan terhadap ukuran kapal sampel untuk mendapatkan ukuran model (Rosmani, 2013).

Dalam menentukan 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 yang mengakibatkan getaran sehingga mempengaruhi Gerakan model tersebut. (Djabbar & Rosmani, 2011)

Agar terhindar dari terjadinya ombak pada dinding tangki atau biasadisebut "*blockage effect*" maka dari itu ukuran model harus disesuaikan dengan terta tinggi air dalam tangki dengan sarat model. (Djabbar & Rosmani,



Dalam melakukan percobaan dengan menggunakan model fisik, ukuran kapal ditransfer ke skala model, dengan demikian maka harus ada atau harus dinyatakan beberapa hukum perbandingan untuk keperluan transfer tersebut. (Djabbar & Rosmani, 2011) Hukum perbandingan ini haruslah memenuhi syarat – syarat sebagai berikut:

2.5.1 Kesamaan Geometris

Menurut Djabbar M.A. dan Rosmani, 2011 bahwa kesamaan geometris merupakan hal yang sangat sulit untuk dipenuhi mengingat bahwa dalam pelayaran kapal di laut, permukaan air laut dianggap luas tak berhingga dan kedalaman yang tak berhingga pula sementara ukuran kolam terbatas dengan ukuran model kapal harus kecil, sebanding dengan ukuran kolam satu lainnya. Demikian pula tekanan permukaan pada tangki percobaan yang dianggap sama dengan tekanan atmosfer, yang seharusnya tekanan tersebut harus diturunkan. Kondisi geometris yang dapat terpenuhi dalam suatu percobaan model hanya kesamaan geometris dimensi – dimensi linier model, misalnya Hubungan antara kapal dan model dinyatakan dengan λ dimana :

$$\lambda = \frac{L_s}{L_m} = \frac{B_s}{B_m} = \frac{T_s}{T_m} \quad (9)$$

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 geometri juga menunjukkan hubungan antara model dan tangki percobaan. Beberapa referensi hubungan antara ukuran tangki percobaan dengan

kapal:

tangki



$$L_m < \frac{1}{2} B \text{ tangki}$$

b) HARVARD:

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

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

c) UNIVERSITY OF NEWCASTLE:

$$L_m < \frac{1}{2} B \text{ tangki}$$

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

$$A\theta_m < 0,4 A\theta \text{ tangki}$$

2.5.2 Kesamaan Kinematis

Menurut Djabbar M.Alham dan Rosmani, 2011 bahwa kesamaan kinematis antara model dan kapal lebih menitik beratkan pada hubungan antara kecepatan model dengan kecepatan kapal sebenarnya. Dengan adanya skala yang menunjukkan hubungan antara kecepatan model dan kecepatan kapal yang sebenarnya maka dapat dikatakan bahwa kesamaan kinematis bisa terpenuhi.

$$Fn = \frac{V}{\sqrt{g \cdot L}} \quad (10)$$

Atau:

$$\frac{V_m}{\sqrt{g \cdot L_m}} = \frac{V_s}{\sqrt{g \cdot L_s}} \quad (11)$$

Dimana:

Fn = Angka Froude

L_s = Panjang kapal (m)

L_m = Panjang model (m)

V_s = Kecepatan kapal (m/s)

V_m = Kecepatan model (m/s)

g = Percepatan gravitasi (9,8 m/s²)

Menurut Ayat Maulana, 2011 untuk menghitung nilai kecepatan kapal ukuran sebenarnya juga dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\frac{V_s}{V_m} = \sqrt{\lambda} \quad (12)$$

$$\text{Jika, } V_s = V_m * \lambda^{1/2}$$



Dimana:

V_s = Kecepatan kapal sebenarnya (m/s)

V_m = Kecepatan kapal model (m/s)

λ = Faktor skala kapal

Selanjutnya untuk menghitung tahanan total kapal ukuran sebenarnya menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\frac{R_{TS}}{R_{TM}} = \lambda^3 \quad (13)$$

Maka, nilai dari $R_{TS} = R_{TM} * \lambda^3$

Dimana:

R_{TS} = Nilai tahanan total kapal ukuran sebenarnya (kN)

R_{TM} = Nilai tahanan gesek kapal model (kN)

λ = Faktor skala kapal

Rumus diatas juga berlaku ketika menghitung nilai tahanan gesek kapal ukuran yang sebenarnya. Sedangkan nilai tahanan sisa kapal ukuran sebenarnya dapat dihitung dengan selisih diantara nilai tahanan total dengan nilai tahanan gesek kapal ukuran sebenarnya.

2.5.3 Kesamaan Dinamis

Menurut Djabbar M.Alham dan Rosmani, 2011 bahwa 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, dalam hal ini kesatuan harga Reynold yang menggambarkan perbandingan gaya-gaya inersia dengan viskositas.

$$Rn = \frac{V.L}{\nu} \quad (14)$$

Atau:

$$\frac{V_m \cdot L_m}{\nu_{fff}} = \frac{V_s \cdot L_s}{\nu_{sff}} \quad (15)$$



= Angka Reynold

= Panjang kapal (m)

= Panjang model (m)

V_s = Kecepatan kapal (m/s)

V_m = kecepatan model kapal (m/s)

ν = viskositas kinematis fluida (m^2/s)
= $1,1883 \times 10^{-6}$ (m^2/s)

g = Percepatan gravitasi ($9,8 m/s^2$)

Dengan demikian jika diinginkan tercapainya kesamaan dinamis disamping kesamaan geometris dan kesamaan kinematis, maka angka *Reynold* untuk model harus sama dengan angka skala penuh.

2.6 ANSYS

ANSYS adalah perangkat lunak simulasi teknik yang sangat populer dan kuat yang digunakan oleh insinyur di berbagai industri untuk menganalisis dan memodelkan berbagai fenomena fisika dalam sistem rekayasa. Sejak didirikan oleh Dr. John Swanson pada tahun 1970, ANSYS telah menjadi tulang punggung dalam pengembangan produk dan desain industri modern.

Salah satu fitur terkenal dari ANSYS adalah kemampuannya untuk melakukan simulasi multiphysics, di mana perangkat lunak ini dapat menangani interaksi antara berbagai fenomena fisika seperti mekanika, termal, fluida, elektromagnetik, dan lain-lain. Ini memungkinkan pengguna untuk menganalisis sistem secara menyeluruh dan akurat.

Buku seperti "Engineering Analysis with ANSYS Software" dan "Computational Fluid Dynamics Simulation Using ANSYS Fluent" memberikan pemahaman yang komprehensif tentang cara menggunakan ANSYS untuk berbagai aplikasi rekayasa, mulai dari analisis struktural hingga simulasi aliran fluida. Ini termasuk panduan langkah demi langkah tentang cara membuat model, mensimulasikan, dan menganalisis hasil dalam ANSYS.

Sumber daya resmi dari ANSYS, termasuk dokumentasi dan tutorial, juga sangat berguna bagi pengguna yang ingin mempelajari lebih lanjut tentang perangkat lunak ini. Tutorial langkah demi langkah dan dokumentasi produk yang komprehensif memandu pengguna melalui berbagai fitur dan fungsi

S.

Dengan memanfaatkan sumber-sumber tersebut, insinyur dan peneliti memperoleh pengetahuan yang mendalam tentang ANSYS dan



memanfaatkannya secara efektif dalam pengembangan produk, analisis sistem, dan penelitian teknis. ANSYS terus menjadi pemimpin dalam industri simulasi teknik, memberikan kontribusi yang signifikan bagi kemajuan teknologi dan inovasi di berbagai sektor.

2.5.1 Proses simulasi Ansys

Simulasi dalam konteks ANSYS merujuk pada proses pembuatan model matematis dari suatu sistem fisik atau proses, dan kemudian menggunakan model tersebut untuk memprediksi perilaku sistem di bawah berbagai kondisi. Simulasi ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak ANSYS, yang menyediakan berbagai alat dan fitur untuk memodelkan, mensimulasikan, dan menganalisis berbagai fenomena fisika. Proses simulasi dalam ANSYS melibatkan beberapa langkah utama, termasuk:

1. Pemodelan Geometri

Langkah pertama dalam simulasi adalah membuat model geometri 3D dari sistem atau produk yang akan dianalisis. Ini dapat dilakukan menggunakan alat pemodelan bawaan dalam ANSYS atau dengan mengimpor model geometri dari perangkat lunak CAD eksternal.

2. Meshing

Setelah geometri dibuat, langkah berikutnya adalah membagi geometri menjadi elemen-elemen kecil yang disebut mesh. Mesh ini diperlukan untuk melakukan analisis numerik dengan menggunakan metode elemen hingga. ANSYS menyediakan berbagai alat dan teknik untuk membuat mesh yang sesuai dengan simulasi yang akan dilakukan.

3. Menetapkan Kondisi Batas

Setelah meshing selesai, kondisi batas harus ditetapkan untuk simulasi. Ini termasuk menentukan parameter seperti laju aliran, suhu, tekanan, atau gaya pada titik-titik tertentu dalam sistem. Kondisi batas ini mencerminkan kondisi operasional yang diinginkan atau yang akan dianalisis dalam simulasi.

4. Solver Numerik

Setelah kondisi batas ditetapkan, ANSYS menggunakan solver numerik memecahkan persamaan fisika yang mendasari sistem. Solver ini menggunakan metode numerik untuk menghitung solusi numerik dari model



matematis yang dibuat.

5. Simulasi dan Analisis

Setelah solver selesai, simulasi dilakukan untuk memprediksi perilaku sistem di bawah kondisi yang ditentukan. Ini bisa berupa analisis aliran fluida, analisis struktural, analisis termal, analisis elektromagnetik, atau jenis analisis lainnya tergantung pada aplikasi dan tujuan simulasi.

6. Visualisasi dan Interpretasi

Setelah simulasi selesai, hasilnya dianalisis dan divisualisasikan menggunakan alat visualisasi yang disediakan oleh ANSYS. Ini termasuk plot data, animasi, dan representasi visual lainnya yang membantu pengguna dalam memahami perilaku sistem dan membuat keputusan desain yang lebih baik.

