



**OPTIMALISASI DESAIN FLETTNER ROTOR
TERHADAP EFISIENSI AERODINAMIKA
MENGUNAKAN METODE CFD**

SKRIPSI

RAFLI SURUR

2210313027

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK PERKAPALAN

2026



**OPTIMALISASI DESAIN FLETTNER ROTOR
TERHADAP EFISIENSI AERODINAMIKA
MENGUNAKAN METODE CFD**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Teknik**

RAFLI SURUR

2210313027

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN

2026

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Rafli Surur

NIM : 2210313027

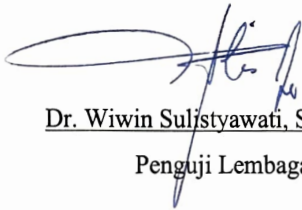
Program Studi : S1 Teknik Perkapalan

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.



Sabila Fitri Afsari, S.T., M.T.

Penguji Utama



Dr. Wiwin Sulistyawati, S.T., M.T.

Penguji Lembaga



Fakhri Akbar Ayub, ST M. Eng Ph. D

Penguji Pembimbing



31/7

Dr. Eng. Ir. Teguh Firmansyah, S.T.,
M.T. IPM
Dekan Fakultas Teknik



Dr. Wiwin Sulistyawati, S.T., M.T.

Kepala Program Studi

Ditetapkan di: Jakarta

Tanggal Ujian: 14 Juli 2026

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

OPTIMALISASI DESAIN FLETTNER ROTOR TERHADAP EFISIENSI AERODINAMIKA MENGGUNAKAN METODE CFD

Disusun Oleh:

Rafli Surur

2210313027

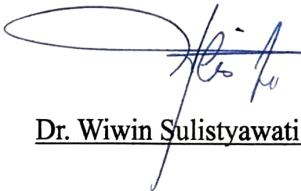
Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II

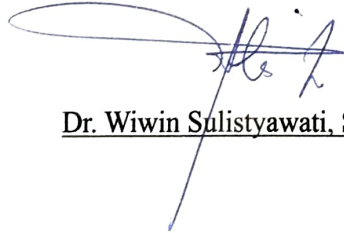


Fakhri Akbar Ayub, ST M. Eng Ph. D



Dr. Wiwin Sulistyawati, S.T., MT.

Kepala Program Studi S1 Teknik Perkapalan



Dr. Wiwin Sulistyawati, S.T., MT.

PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya sendiri dan semua sumber yang dikutip atau dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Rafli Surur

NIM : 2210313027

Program Studi : S1 Teknik Perkapalan

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, 14 Juli 2026

Yang menyatakan,



Rafli Surur

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Rafli Surur

NIM : 2210313027

Program Studi : S1 Teknik Perkapalan

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta Hak Bebas Royalti Non Eksklusif (*Non-Exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**“OPTIMALISASI DESAIN FLETTNER ROTOR TERHADAP EFISIENSI
AERODINAMIKA MENGGUNAKAN METODE CFD”**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti ini, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan Skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di: Jakarta

Pada tanggal: 14 Juli 2026

Yang menyatakan,



Rafli Surur

OPTIMALISASI DESAIN FLETTNER ROTOR TERHADAP EFISIENSI AERODINAMIKA MENGGUNAKAN METODE CFD

Rafli Surur

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan menganalisis karakteristik aerodinamika Flettner rotor menggunakan metode Computational Fluid Dynamics (CFD) dengan pendekatan *steady* RANS dan model turbulensi SST $k - \omega$. Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi terhadap data eksperimen (Garenaux et al., 2020) dan data numerik (Kwon et al., 2022) pada berbagai *spin ratio* (SR 1 - 4). *Mesh convergence study* menunjukkan bahwa *grid medium* dengan 3,760,127 sel memberikan error 0.32% terhadap data eksperimen. Variasi penelitian meliputi perbandingan *steady* vs *transient*, pengaruh kondisi batas bawah (*no-slip* vs *symmetry*), variasi ketebalan *disc plate*, dan variasi konfigurasi *disc* pada enam rotor berbeda (rotor Reference, V, W, X, Y, Z). Hasil validasi menunjukkan kesesuaian yang sangat baik untuk rasio C_l/C_d dengan error di bawah 1% pada semua titik yang memiliki data eksperimen. Analisis *steady* vs *transient* menunjukkan tren yang sama, mengindikasikan pendekatan *steady* sudah cukup untuk simulasi. Perbandingan kondisi batas membuktikan bahwa kondisi *symmetry* menghasilkan prediksi yang terlalu berlebihan dengan C_l/C_d 6.30 pada SR 2, jauh di atas kondisi *no-slip* yaitu 3.91 yang lebih dekat dengan kondisi eksperimen. Variasi ketebalan *disc plate* memberikan pengaruh minimal terhadap performa rotor yang menunjukkan ketebalan *disc* referensi 0.005 m paling optimal. Analisis konfigurasi *disc* menunjukkan bahwa rotor V dengan *disc* di ujung atas dan bawah merupakan konfigurasi paling optimal, mampu meningkatkan C_l/C_d hingga 52% pada SR 2 (5.96 vs 3.91) dan 22% pada SR 4 (2.76 vs 2.26) dibandingkan rotor referensi. Analisis kontur tekanan mengkonfirmasi bahwa konfigurasi *disc* optimal mampu menahan kebocoran aliran dan menciptakan distribusi tekanan merata, sementara konfigurasi tanpa *disc* atau dengan *disc* di tengah tanpa penahan ujung mengalami kebocoran aliran yang menurunkan performa. Penelitian ini membuktikan bahwa pemilihan konfigurasi *disc* yang tepat sangat penting untuk mengoptimalkan performa aerodinamika Flettner rotor.

Kata Kunci: Flettner rotor, *Computational Fluid Dynamics*, Magnus Effect, konfigurasi *disc plate*, *spin ratio*, efisiensi aerodinamika

OPTIMIZATION OF FLETTNER ROTOR DESIGN ON AERODYNAMIC EFFICIENCY USING CFD METHOD

Rafli Surur

ABSTRACT

This study aims to analyze the aerodynamic characteristics of Flettner rotor using Computational Fluid Dynamics (CFD) method with steady RANS approach and SST $k - \omega$ turbulence model. Validation was performed by comparing simulation results with experimental data from (Garenaux et al., 2020) and numerical data from (Kwon et al., 2022) at various spin ratios (SR 1 - 4). Mesh convergence study showed that medium grid with 3,760,127 cells yielded 0.32% error against experimental data. Research variations included steady vs transient comparison, bottom boundary condition effects (no-slip vs symmetry), disc plate thickness variations, and disc configuration variations on six different rotors (rotor Reference, V, W, X, Y, Z). Validation results showed excellent agreement for C_l/C_d ratio with errors below 1% at all points with experimental data. Steady vs transient analysis showed similar trends, indicating that steady approach is sufficient for simulations. Boundary condition comparison proved that symmetry condition produced overly optimistic predictions with C_l/C_d of 6.30 at SR 2, far above no-slip condition of 3.91 which is closer to experimental conditions. Disc plate thickness variations had minimal influence on rotor performance, indicating that reference disc thickness of 0.005 m is the most optimal. Disc configuration analysis showed that rotor V with discs at both top and bottom ends was the most optimal configuration, capable of increasing C_l/C_d by up to 52% at SR 2 (5.96 vs 3.91) and 22% at SR 4 (2.76 vs 2.26) compared to reference rotor. Pressure contour analysis confirmed that optimal disc configuration effectively retained flow leakage and created uniform pressure distribution, while configurations without discs or with mid-span discs without end discs experienced flow leakage that degraded performance. This study proves that proper disc configuration selection is crucial for optimizing Flettner rotor aerodynamic performance.

Keywords: *Flettner rotor, Computational Fluid Dynamics, Magnus Effect, disc plate configuration, spin ratio, aerodynamic efficiency*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyusun proposal penelitian skripsi ini yang berjudul: “Optimalisasi Desain Flettner rotor Terhadap Efisiensi Aerodinamika Menggunakan Metode CFD” dengan baik dan sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku di Program Studi Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

Dalam proses penyusunan proposal skripsi ini, penulis telah mendapatkan banyak bimbingan, saran, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Wiwin Sulistyawati, ST., MT. selaku Kepala Program Studi Teknik Perkapalan Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.
2. Bapak Fakhri Akbar Ayub, S.T., M.Eng., Ph. D selaku dosen pembimbing I yang telah membantu dan mengarahkan sehingga proposal ini dapat terselesaikan.
3. Kedua orang tua penulis yang selalu memberikan dukungan kepada penulis baik berupa dukungan moral dan material selama penulis menyusun proposal skripsi ini.
4. Saudara dan Saudari Angkatan 2022 yang selalu memberikan dukungan dan masukan kepada penulis selama proses penyusunan proposal skripsi ini.
5. Kepada seluruh pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, yang telah senantiasa membantu dan memberikan dukungan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa proposal ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan penelitian ini. Semoga proposal ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang teknik perkapalan.

Jakarta, Juli 2026

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 <i>Aerodynamics</i>	7
2.2 Magnus Effect	8
2.3 Flettner Rotor	9
2.4 <i>Mesh</i>	11
2.4.1 <i>Mesh convergence study</i>	11
2.4.2 <i>Grid Independence Study</i>	12
2.5 <i>RANS</i>	12
2.6 <i>Turbulence models</i>	14
2.6.1 SST $k - \omega$	15
2.7 <i>State of the Art</i>	16
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	19

3.1 Diagram Alir.....	19
3.2 Studi Literatur	20
3.3 Pembuatan Desain Flettner rotor.....	20
3.3.1 Geometri Flettner rotor	20
3.3.2 <i>Boundary Condition</i>	21
3.4 Validasi Penelitian.....	22
3.5 Variasi Penelitian.....	24
3.5.1 <i>Steady dan Transient</i>	24
3.5.2 <i>Bottom Symmetry dan No-Slip Condition</i>	25
3.5.3 <i>Disc Plate Thickness</i>	25
3.5.4 <i>Disc Plate Configuration</i>	26
3.6 Pengolahan Data dan Analisis Hasil Simulasi	28
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1 Validasi Penelitian.....	30
4.1.1 <i>Mesh convergence study</i>	30
4.1.2 <i>Grid Independence Study</i>	33
4.1.2.1 Koefisien Gaya Hambat (<i>Cd</i>)	34
4.1.2.2 Koefisien Gaya Angkat (<i>Cl</i>)	36
4.1.2.3 Rasio <i>Cl/Cd</i>	38
4.2 Variasi Penelitian.....	47
4.2.1 <i>Steady vs Transient</i>	47
4.2.2 <i>Bottom No-Slip vs Symmetry</i>	53
4.2.3 <i>Disc Plate Thickness</i>	58
4.2.4 <i>Disc Configuration</i>	63
BAB 5 PENUTUP.....	71
5.1 Kesimpulan	71
5.2 Saran.....	72
DAFTAR PUSTAKA	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 <i>State of the Art</i> Penelitian Flettner rotor	17
Tabel 3. 1 Dimensi Flettner rotor untuk simulasi CFD	20
Tabel 4. 1 <i>Mesh Convergence</i> pada SR 1.38	31
Tabel 4. 2 Validasi Koefisien Gaya Hambat.....	34
Tabel 4. 3 Validasi Koefisien Gaya Angkat	36
Tabel 4. 4 Validasi Rasio C_l/C_d	38
Tabel 4. 5 Perbandingan Koefisien Gaya Hambat - <i>Steady vs Transient</i>	48
Tabel 4. 6 Perbandingan Koefisien Gaya Angkat - <i>Steady vs Transient</i>	48
Tabel 4. 7 Perbandingan Rasio C_l/C_d - <i>Steady vs Transient</i>	49
Tabel 4. 8 Perbandingan Koefisien Gaya Hambat - <i>No-Slip vs Symmetry</i>	54
Tabel 4. 9 Perbandingan Koefisien Gaya Angkat - <i>No-Slip vs Symmetry</i>	54
Tabel 4. 10 Perbandingan Rasio C_l/C_d - <i>No-Slip vs Symmetry</i>	55
Tabel 4. 11 Pengaruh Ketebalan <i>Disc Plate</i> terhadap Koefisien Gaya Hambat ...	59
Tabel 4. 12 Pengaruh Ketebalan <i>Disc Plate</i> terhadap Koefisien Gaya Angkat	59
Tabel 4. 13 Pengaruh Ketebalan <i>Disc Plate</i> terhadap Rasio C_l/C_d	60
Tabel 4. 14 Perbandingan Koefisien Gaya Hambat Untuk Berbagai Konfigurasi <i>Disc Plate</i>	64
Tabel 4. 15 Perbandingan Koefisien Gaya Angkat Untuk Berbagai Konfigurasi <i>Disc Plate</i>	64
Tabel 4. 16 Perbandingan Rasio C_l/C_d untuk Berbagai Konfigurasi <i>Disc Plate</i> .	65

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 <i>State of the Art</i> Penelitian Flettner rotor	17
Tabel 3. 1 Dimensi Flettner rotor untuk simulasi CFD	20
Tabel 4. 1 <i>Mesh Convergence</i> pada SR 1.38	31
Tabel 4. 2 Validasi Koefisien Gaya Hambat.....	34
Tabel 4. 3 Validasi Koefisien Gaya Angkat	36
Tabel 4. 4 Validasi Rasio C_l/C_d	38
Tabel 4. 5 Perbandingan Koefisien Gaya Hambat - <i>Steady vs Transient</i>	48
Tabel 4. 6 Perbandingan Koefisien Gaya Angkat - <i>Steady vs Transient</i>	48
Tabel 4. 7 Perbandingan Rasio C_l/C_d - <i>Steady vs Transient</i>	49
Tabel 4. 8 Perbandingan Koefisien Gaya Hambat - <i>No-Slip vs Symmetry</i>	54
Tabel 4. 9 Perbandingan Koefisien Gaya Angkat - <i>No-Slip vs Symmetry</i>	54
Tabel 4. 10 Perbandingan Rasio C_l/C_d - <i>No-Slip vs Symmetry</i>	55
Tabel 4. 11 Pengaruh Ketebalan <i>Disc Plate</i> terhadap Koefisien Gaya Hambat ...	59
Tabel 4. 12 Pengaruh Ketebalan <i>Disc Plate</i> terhadap Koefisien Gaya Angkat	59
Tabel 4. 13 Pengaruh Ketebalan <i>Disc Plate</i> terhadap Rasio C_l/C_d	60
Tabel 4. 14 Perbandingan Koefisien Gaya Hambat Untuk Berbagai Konfigurasi <i>Disc Plate</i>	64
Tabel 4. 15 Perbandingan Koefisien Gaya Angkat Untuk Berbagai Konfigurasi <i>Disc Plate</i>	64
Tabel 4. 16 Perbandingan Rasio C_l/C_d untuk Berbagai Konfigurasi <i>Disc Plate</i> .	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Gaya aerodinamika pada Flettner rotor	7
Gambar 2. 2 <i>Flow around a rotating cylinder</i>	9
Gambar 2. 3 E-Ship 1	10
Gambar 2. 4 <i>Mesh</i>	11
Gambar 3. 1 Diagram alir	19
Gambar 3. 2 Geometri Flettner rotor	21
Gambar 3. 3 <i>Boundary Condition</i>	22
Gambar 3. 4 Variasi ketebalan <i>disc plate</i>	26
Gambar 3. 5 Variasi konfigurasi <i>disc plate</i>	28
Gambar 4. 1 Grafik <i>Mesh Convergence</i> pada SR 1.38.....	31
Gambar 4. 2 Grafik residual <i>Cd</i> pada <i>mesh coarse, medium, dan fine</i>	32
Gambar 4. 3 Grafik residual <i>Cl</i> pada <i>mesh coarse, medium, dan fine</i>	32
Gambar 4. 4 Grafik Validasi Koefisien Gaya Hambat	34
Gambar 4. 5 Grafik Validasi Koefisien Gaya Angkat.....	36
Gambar 4. 6 Grafik Validasi Rasio <i>C_l/C_d</i>	39
Gambar 4. 7 Visualisasi aliran pada SR 1: (a) <i>contour pressure</i> , (b) <i>contour velocity</i> , (c) <i>vector velocity</i> , (d) <i>pathline velocity</i> , (e) <i>contour pressure wall</i> , (f) <i>pathline velocity wall</i>	41
Gambar 4. 8 Visualisasi aliran pada SR 2: (a) <i>contour pressure</i> , (b) <i>contour velocity</i> , (c) <i>vector velocity</i> , (d) <i>pathline velocity</i> , (e) <i>contour pressure wall</i> , (f) <i>pathline velocity wall</i>	43
Gambar 4. 9 Visualisasi aliran pada SR 3: (a) <i>contour pressure</i> , (b) <i>contour velocity</i> , (c) <i>vector velocity</i> , (d) <i>pathline velocity</i> , (e) <i>contour pressure wall</i> , (f) <i>pathline velocity wall</i>	44
Gambar 4. 10 Visualisasi aliran pada SR 4: (a) <i>contour pressure</i> , (b) <i>contour velocity</i> , (c) <i>vector velocity</i> , (d) <i>pathline velocity</i> , (e) <i>contour pressure wall</i> , (f) <i>pathline velocity wall</i>	46
Gambar 4. 11 Grafik Perbandingan Koefisien Gaya Hambat - <i>Steady vs Transient</i>	48
Gambar 4. 12 Grafik Perbandingan Koefisien Gaya Angkat - <i>Steady vs Transient</i>	49
Gambar 4. 13 Grafik Perbandingan Rasio <i>C_l/C_d</i> - <i>Steady vs Transient</i>	50
Gambar 4. 14 Visualisasi aliran <i>steady</i> pada SR 1: (a) <i>contour pressure</i> , (b) <i>contour velocity</i>	51
Gambar 4. 15 Visualisasi <i>contour pressure transient</i> pada SR 1: (a) 0 detik, (b) 0,2 detik, (c) 1 detik, (d) 2 detik.....	51
Gambar 4. 16 Visualisasi <i>contour velocity transient</i> pada SR 1: (a) 0 detik, (b) 0,2 detik, (c) 1 detik, (d) 2 detik.....	52
Gambar 4. 17 Grafik Perbandingan Koefisien Gaya Hambat - <i>No-Slip vs Symmetry</i>	54

Gambar 4. 18 Grafik Perbandingan Koefisien Gaya Angkat - <i>No-Slip vs Symmetry</i>	55
Gambar 4. 19 Grafik Perbandingan Rasio Cl/Cd - <i>No-Slip vs Symmetry</i>	56
Gambar 4. 20 Visualisasi aliran <i>bottom no-slip</i> pada SR 2: (a) <i>contour pressure</i> , (b) <i>pathline velocity</i>	57
Gambar 4. 21 Visualisasi aliran <i>bottom symmetry</i> pada SR 2: (a) <i>contour pressure</i> , (b) <i>pathline velocity</i>	57
Gambar 4. 22 Grafik Pengaruh Ketebalan <i>Disc Plate</i> terhadap Koefisien Gaya Hambat	59
Gambar 4. 23 Grafik Pengaruh Ketebalan <i>Disc Plate</i> terhadap Koefisien Gaya Angkat	60
Gambar 4. 24 Grafik Pengaruh Ketebalan <i>Disc Plate</i> terhadap Rasio Cl/Cd	61
Gambar 4. 25 Visualisasi aliran <i>disc T</i> pada SR 2: (a) <i>contour pressure</i> , (b) <i>contour velocity</i>	62
Gambar 4. 26 Visualisasi aliran <i>disc 1/2T</i> pada SR 2: (a) <i>contour pressure</i> , (b) <i>contour velocity</i>	62
Gambar 4. 27 Visualisasi aliran <i>disc 2T</i> pada SR 2: (a) <i>contour pressure</i> , (b) <i>contour velocity</i>	62
Gambar 4. 28 Grafik Perbandingan Koefisien Gaya Hambat untuk Berbagai Konfigurasi <i>Disc Plate</i>	64
Gambar 4. 29 Grafik Perbandingan Koefisien Gaya Angkat untuk Berbagai Konfigurasi <i>Disc Plate</i>	65
Gambar 4. 30 Grafik Perbandingan Rasio Cl/Cd untuk Berbagai Konfigurasi <i>Disc Plate</i>	66
Gambar 4. 31 Visualisasi aliran rotor reference pada SR 2: (a) <i>contour pressure</i> , (b) <i>pathline velocity</i>	66
Gambar 4. 32 Visualisasi aliran rotor V pada SR 2: (a) <i>contour pressure</i> , (b) <i>pathline velocity</i>	67
Gambar 4. 33 Visualisasi aliran rotor W pada SR 2: (a) <i>contour pressure</i> , (b) <i>pathline velocity</i>	68
Gambar 4. 34 Visualisasi aliran rotor X pada SR 2: (a) <i>contour pressure</i> , (b) <i>pathline velocity</i>	69
Gambar 4. 35 Visualisasi aliran rotor Y pada SR 2: (a) <i>contour pressure</i> , (b) <i>pathline velocity</i>	69
Gambar 4. 36 Visualisasi aliran rotor Z pada SR 2: (a) <i>contour pressure</i> , (b) <i>pathline velocity</i>	70