

SKRIPSI

**STUDI NUMERIK TURBIN ANGIN DARRIEUS
DENGAN DESAIN PENAMPANG *AIRFOIL NACA-0021***



Disusun oleh:

MUHAJIRIN

210018059

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL YOGYAKARTA**

2023

HALAMAN PERSETUJUAN
SKRIPSI
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1
STUDI NUMERIK TURBIN ANGIN DARRIEUS
DENGAN DESAIN PENAMPANG *AIRFOIL NACA-0021*

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk penyelesaian

Program Studi Teknik Mesin S1

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Disusun Oleh:

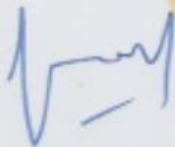
Nama Mahasiswa : MUHAJIRIN
Nomor Mahasiswa : 210018059
Program Studi : Teknik Mesin S1

Telah diperiksa dan disetujui,

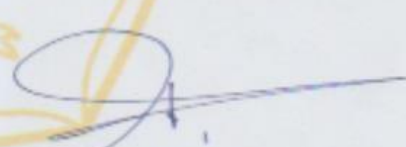
Yogyakarta, 22 Desember 2022

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

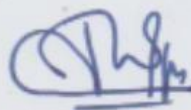


Ir. Eka Yawara, M.T
NIK. 1973 0129



Ir. Harianto M.T
NIK. 1973 0052

Menyetujui,
Ketua Program Studi Teknik Mesin



Ir. Wartono, M. Eng.
NIP. 196211151994031001

HALAMAN PENGESAHAN
STUDI NUMERIK TURBIN ANGIN DARRIEUS
DENGAN DESAIN PENAMPANG AIRFOIL NACA-0021

Dipertahankan di depan dewan penguji Skripsi dan diterima Guma Memenuhi Syarat
Untuk Mencapai Derajat Sarjana Teknik Mesin S1, Fakultas Teknologi Industri Institut,
Teknologi Nasional Yogyakarta

Hari : Rabu,
Tanggal : 11 Januari 2023
Pukul : 13.00 WIB s.d Selesai
Tempat : Ruang A33

Oleh:
MUHAJIRIN
210018059

Disahkan oleh Penguji Skripsi:

1. Ketua Penguji

Ir. Eka Yawara, M.T
NIK. 1973 0129

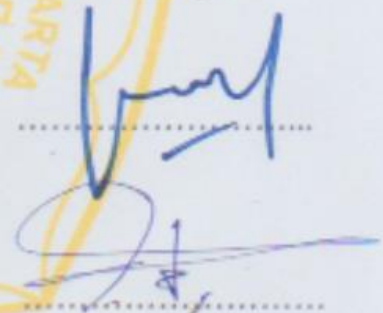
2. Anggota Penguji I

Ir. Harianto M.T
NIK. 1973 0052

3. Anggota Penguji II

Ir. Y. Agus Javatun, M.T
NIK.19730091

Tanda Tangan




Mengetahui,

Dekan
Fakultas Teknologi Industri,

Dr. Daru Sugati, ST. M.T
NIK. 19730125

Ketua Program Studi
Teknik Mesin S1,


Ir. Wartono, M.Eng.
NIP. 196211151994031001



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S1

SOAL TUGAS AKHIR

Nomor : 45/ITNY/Prodi.TM-S1/TGA/XI/2022

Nama Mahasiswa : MUHAJIRIN
Nomor Mahasiswa : 210018059
Soal : *Studi Numerik Turbin Angin Darius Dengan Desain Penampang
Airfoil NACA 0021*



Yogyakarta, 24 November 2021

Dosen pembimbing I

Ir. Eka Yawara, M.T

NIK. NIK. 1973 0129

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : MUHAJIRIN
Nama : 210018059
Program Study : TEKNIK MESIN S-1
Judul Skripsi : STUDI NUNEMIK TURBIN ANGI DARIUS DENGAN
DESAIN PENAMPANG *AIRFOIL* NACA 0021

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa dalam Skripsi yang saya ajukan ini ini Tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan disuatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacuh dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 22 Desember 2022



MUHAJIRIN
210018059

HALAMAN MOTO

- Ilmu adalah kehidupan bagi pikiran.
 - Abu Bakar
- Menuntut ilmu di masa muda bagai mengukir di atas batu.
 - Hasan al-Bashri
- Bertindaklah seakan dasar-dasar tindakanmu akan menghasilkan sebuah hukum untuk seluruh dunia.
- Jika seorang mencari ilmu, maka itu akan tampak di wajah, tangan dan lidahnya serta dalam kerendahan hatinya kepada Allah.
 - Hasan al-Bashri
- Jika seseorang menjadikan dirinya seekor cacing, ia tidak boleh mengeluh jika dia diinjak orang.

HALAMAN PERSEMBAHAN

- Puji syukur dan limpah terima kasih kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan karya tulis ini lancar dan tanpa hambatan.
- Untuk Mama dan Papa tercinta atas segala pengorbanan yang telah dilakukan baik moral maupun materi, dan telah melalui banyak perjuangan dan rasa sakit. Tapi saya berjanji tidak akan membiarkan semua itu sia-sia. Saya ingin melakukan yang terbaik untuk setiap kepercayaan yang diberikan. Saya akan tumbuh, untuk menjadi yang terbaik yang saya bisa. Pencapaian ini adalah persembahan istimewa saya kepada kalian yang selalu memberikan kasih dan dukugan serta tak henti-hentinya mendoakan saya.
- Bapak **Ir. Eka Yawara, M.T** dan Bapak **Ir.Harianto M.T.** yang sudah membantu saya selama ini, sudah diajari, dan tidak lupa juga atas kesabaran dari bapak ibu sudah membimbing saya di Tugas Akhir ini.
- Untuk Seluruh keluarga, saudara dan saudari yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, terima kasih atas dukungan dan motivasi yang di berikan kepada saya

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur dipanjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan kasih karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “**Studi Numerik Turbin Angin Darius Dengan Desain Penampang Airfoi NACA 0012**” yang bertujuan untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Teknik Mesin Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bimbingan dan bantuan berbagai pihak, Untuk ini perkenankanlah penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak **Dr. Ir. H. Irham, M.T.**, selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.
2. Bapak **Dr. Daru Sugati, ST. M.T.**, selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.
3. Bapak **Ir. Wartono, M.Eng.**, selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin S1 Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.
4. **Ir. Eka Yawara, MT** selaku dosen pembimbing I dan Bapak **Ir. Harianto M.T** selaku dosen pembimbing II.
5. Semua Dosen Prodi Teknik Mesin Institut Teknologi Nasional Yogyakarta yang telah banyak memberikan ilmunya.
6. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Skripsi yang telah di susun ini masih belum sempurna, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan dapat lebih disempurnakan lagi di kemudian hari.

Yogyakarta, 22 Desember 2022



MUHAJIRIN
210018059

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN SOAL.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PERSEMBAHA	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL	xv
NOMENKLATUR	xvi
ABSRAT	xvi

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	2
1.3. Rumus Masalah	2
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Daftar Pustaka.....	4
2.2. Landasan Teori	29
2.2.1 Energi Angin	29
2.2.2 Potensi Tenaga Angin.....	29
2.2.3 Turbin Angin	31
2.2.4 Tipe Turbin Angin.....	32
2.2.5 Turbin Angin Sumbu Vertikal.....	32
2.2.6 Turbin Angin Darius.....	34
2.2.7 Karakteristik Pada Turbin Angin.....	35
2.2.8 Sistem Konversi energi angin.....	38
2.2.9 Teori Betz	39
2.2.10 Teori Blande Element Momentum (BEM).....	44
2.2.11 Kofisiensi Daya & Torsi.....	46
2.2.12 Tip Speed Ratio	47

2.2.13	Kofisiensi Daya (Cp)	49
2.2.14	Konsep Gaya Angkat (Lift) Dan Gaya Hambat (Drag)	50
2.2.15	Sudu Serang	54
2.2.16	Airfoil	56
2.2.17	Sifat Sifat Airfoil	57
2.2.18	Airfoil NACA (National Advisory Committee for Aeronautics)	58
2.2.19	Seri Seri Digit NACA	60
2.2.20	Aliran Fluida	77
2.2.21	Aliran Leminar, Turbulen dan Transisi	78
2.2.22	Aliran Viscous dan Inviscid	79
2.2.23	Aliran Compressible dan Incompressible	79
2.2.24	Computasional Fluida Dynamics (CFD)	80
2.2.25	Diskritasi Model persamaan Computasional Fluida Dynamics	82
2.2.26	<i>Computational Fluid Dynamics</i>	86
2.2.27	Kode <i>Computational Fluid Dynamics</i>	88
2.2.28	Mode mode Turbulensi	103
2.2.29	Mode-mode Solusi (<i>Solution Method</i>)	104
2.3.	Hipotesis	107

BAB III METODE PENELITIAN

3.1.	Variasi dan Domain Simulasi	63
2.2.30	Variasi	63
2.2.31	Domain Simulasi	63
2.3.	Alur Proses Simulasi	63
2.4.	Metode Simulasi	65
3.3.1	Metode Simulasi Airfoil NACA 0021	66
3.3.2	Metode Simulasi Sudu Turbin Angin	70
2.5.	Metode Pengujian	74
3.4.1.	Alat Penelitian	74
3.4.2.	Sketsa Pengujian	74
3.5.	Diagram Penelitian	74

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1.	Hasil Simulasi	81
4.2.	Putaran Turbin Dan Tip Speed Ratio	81
4.3.	Time Step	81

4.4.1.	Pembuatan Geometri.....	85
4.4.2.	Grind Indpence.....	87
4.4.3.	Boundrary Condition.....	88
4.4.4.	Parameter Permodelan	92
4.4.5.	Contoh Perhitungan.....	92
4.5.	Tahap Processing	94
4.5.1	Monitoring Konvergensi	94
4.6.	Tahap Post Processing.....	97
4.6.1.	Plot	98
4.7.	Analisis Kontur	105
4.7.1.	Kontur Kecepatan.....	106
4.7.2.	Kontur Tekanan.....	118
4.8.	Analisis Data	131
4.8.1.	Analisis Torsi Terhadap TSR.....	131
4.8.2.	Analisis Torsi Rata Rata Pada Tian Kecepatan Angin.....	132
4.8.3.	Analisis Cofisien Momen Terhadap TSR	133
4.8.4.	Analisis Cofisien Daya Terhadap TSR	134
BAB V PENUTUP		
5.1.	Hasil.....	137
5.2.	Rekomendasi	138
4.4.	Tahap Pre Processingx	82

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Visualisasi <i>mesh</i> yang digunakan pada studi numerik.....	5
Gambar 2.2. Turbin dan <i>towing tank</i> yang digunakan pada metode eksperimen	5
Gambar 2.3. Grafik koefisien daya vs TSR dengan membandingkan nilai yang didapat menggunakan metode numerik dan eksperimen... ..	6
Gambar 2.4. Visualisasi medan <i>vortex</i> dan torsi yang terjadi pada berbagai sudut putar turbin pada studi numerik dan eksperimen	6
Gambar 2.5. Grafik koefisien daya vs TSR pada studi numerik dengan variasi nilai kecepatan <i>freestream</i>	7
Gambar 2.6. Koordinat putaran sudu.....	8
Gambar 2.7. Skema domain rotor 3 sudu turbin angin VAWT	9
Gambar 2.8. Contoh <i>mesh</i> 2D yang digunakan pada turbin angin VAWT.....	9
Gambar 2.9. <i>Mesh</i> disekitar sudu NACA 0021	10
Gambar 2.10. Grafik koefisien daya vs TSR dengan panjang <i>chord</i> 85,6 mm.....	10
Gambar 2.11. Pengaruh <i>solidity</i> dan jumlah sudu terhadap nilai koefisien daya dengan panjang <i>chord</i> 85,6 mm.....	10
Gambar 2.12. Pengaruh <i>solidity</i> dan jumlah sudu terhadap TSR pada koefisien daya maksimal dengan panjang <i>chord</i> 85,6 mm.....	11
Gambar 2.10 Gambar <i>isosurface</i> dari turbin angin 3 D pada TSR $\lambda = 3.4$ dengan jumlah sudu 3 dan AR = 7.....	12
Gambar 2.11 Gambar kontur tekanan yang ada disekitar permukaan sudu (b) tanpa end-plate (b) dengan end-plate NACA (c) dengan end-plate lingka.....	12
Gambar 2.13. <i>Layout</i> turbin angin Darrieus-Savonius.....	14
Gambar 2.14. Grafik kecepatan angin terhadap putaran turbin angin	14
Gambar 2.15. Grafik koefisien daya turbin angin terhadap TSR	15
Gambar 2.17. Efek <i>aspect ratio</i> (h/R) pada turbin angin sumbu vertikal.....	17
Gambar 2.18. Efek <i>aspect ratio</i> pada Reynolds number (Re) dengan variasi power yang diberikan	18
Gambar 2.19. Efek <i>aspect ratio</i> pada kecepatan putar (n) dengan variasi power yang diberikan.....	18

Gambar 2.20. konfigurasi kombinasi antara <i>Darrieus wings</i> dengan Savonius.....	19
Gambar 2.21 turbin air dengan rotor Darrieus-Savonius.....	20
Gambar 2.22 turbin angin ERIGEN yang diujikan pada tegangan tinggi.....	21
Gambar 2.23 konfigurasi turbin dengan variasi <i>bucket overlapping</i>	21
Gambar 2.24 konfigurasi turbin dengan rotor <i>hybrid</i> Darrieus dan Savonius	22
Gambar 2.25 representasi model turbin Letcher T.....	23
Gambar 2.26 grafik perbandingan antara koefisien daya yang dihasilkan oleh tiap <i>aspect ratio</i> yang berbeda terhadap TSR.....	26
Gambar 2.15 model yang digunakan dalam analisa (a) $D/H = 0.998$, (b) $D/H = 0.8$, (c) $D/H=0.571$	26
Gambar 2. 12 Grafik koefisien daya terhadap torsi untuk masing – masing jenis profil sudu Darrieus.....	27
Gambar 2. 13 Grafik koefisien daya terhadap TSR dengan variasi jumlah sudu.....	27
Gambar 2.26 Turbin angin pertama rancangan Pou La Cour pada tahun 1891 ...	32
Gambar 2.28 Turbin angin sumbu vertikal.....	33
Gambar 2.27 Turbin angin sumbu vertikal (a), dan turbin angin sumbu horizontal (b).	33
Gambar 2.29. Turbin Angin Darrieus VAWT Tipe <i>Eggbeater</i> (atau <i>Curved Bladed</i>)...	36
Gambar 2.30. Turbin Angin Darrieus VAWT Tipe <i>Straight-bladed</i>	36
Gambar 2.31. Turbin Angin Darrieus VAWT Tipe H-Rotor.....	36
Gambar 2.24. Kondisi aliran angin akibat ekstraksi energi mekanik aliran bebas	38
Gambar 2.3 Skema elemen pada sudu (<i>blade element</i>); c , panjang <i>chord</i> ; d , lebar elemen; r , panjang sudu.	42
Gambar 2.33 Efisiensi optimal pada turbin angin	44
Gambar 2.26. Grafik koefisien daya terhadap <i>tip speed ratio</i>	45
Gambar 2.27 Bentuk bagian potongan pada airfoil.....	47
Gambar 2.7. Model airfoil NACA 0012. (Airfoil Tool. NACA 0012 airfoil).....	49
Gambar 2.34. Aliran laminar.....	51

Gambar 2.35 Aliran turbulen.....	51
Gambar 2.36 Aliran transisi.....	51
Gambar 2.37. Aliran <i>viscous</i>	52
Gambar 2.37. Domain kontinyu dan domain yang telah terdiskritkan	56
Gambar 2.38. <i>Grid</i> yang digunakan pada analisa aliran airfoil	56
Gambar 2.39. Bentuk rektangul sel.....	57
Gambar 3.5 <i>Boundary condition</i> pada simulasi airfoil.....	68
Gambar 3.6 Geometri airfoil NACA 0012.....	68
Gambar 3.7 <i>C-Mesh</i> domain dengan titik tengah sebagai airfoil.....	69
Gambar 3.8 <i>Structured mesh</i> yang digunakan pada simulasi airfoil.....	69
Gambar 3.9 Pengaturan awal untuk proses simulasi	70
Gambar 3.10 Pengaturan material untuk proses simulasi ntuk proses simulasi	70
Gambar 3.11 Pengaturan kecepatan sebagai fungsi dari sudut serang pada airfoil	71
Gambar 3.12 Pengaturan monitor parameter kontrol solusi numerik.....	71
Gambar 3.13 Domain sapuan turbin angin.....	72
Gambar 3.16 Sketsa pengujian.....	76
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	77
Gambar 3.1 Tahapan detil proses pembuatan <i>mesh</i> pada volume kontrol dan objek simulasi.....	78
Gambar 3.1 Tahapan detail proses pekerjaan persiapan simulasi numerik	79
Gambar 4.1. Ukuran Airfoil Turbin yang di gunakan yang digunakan pada turbin	82
Gambar 4.2. Ketinggian Turbin yang digunakan.....	83
Gambar 4.3. Dimensi Turbin yang digunakan	84
Gambar 4.4. (a)gambar isometris Turbin darius (b) Tiga dimensi Turbin darius	84
Gambar 4.5. Geometri Fluida Turbin.....	84

Gambar 4.6. Parameter Kualitas <i>Mesh</i> dengan Skewness Metrik (ANSYS, 2018).....	85
Gambar 4.7. Jenis Mesh 10 mm (a) dan Mesh (b)	86
Gambar 4.8. Global Mesh Setting.....	86
Gambar 4.9. Mesh Skewness.....	86
Gambar 4.10. Mesh orthogonal quality	87
Gambar 4.11. Grafik torsi yang mampu direkam masing- masing jenis mesh pada putaran steady	88
Gambar 4.12. jenis meshing yang di gunakan dalam simulasi, mesh tipe (a) dengan jumlah cells sebesar 800000 Mesh tipe (b) dengan jumlah cells sebesar 800000	88
Gambar 4.13 Pengaturan pada sofwerd.....	89
Gambar 4.14 Lokasi inlet.....	89
Gambar 4.15. Lokasi outlet.....	90
Gambar 4.16. Lokasi wall.....	90
Gambar 4.17. Lokasi interface.....	90
Gambar 4.18. Lokasi fluid stationary	91
Gambar 4.19. Lokasi fluid rotating.....	91
Gambar 4.20. Lokasi wall blade.....	91
Gambar 4.21 Pemantauan Konvergensi pada Residual Persamaan kecepatan freestream 6 m/s TSR 3.....	94
Gambar 4.22 Pemantauan Konvergensi pada Resudual Persamaan kecepatan freestream 7 m/s TSR 2.....	95
Gambar 4.23 Pemantauan Konvergensi pada Resudual Persamaan kecepatan <i>freestream</i> 8 m/s TSR 5.....	95
Gambar 4.24 Pemantauan Konvergensi pada Resudual Persamaan kecepatan freestream 7 m/s TSR 4	96
Gambar 4.25 Pemantauan Konvergensi pada Resudual Persamaan kecepatan freestream 4,8 m/s TSR 5.....	96

Gambar 4.26	Pemantauan Konvergensi pada Residual Persamaan kecepatan freestream 8 m/s TSR 5.....	97
Gambar 4.27	a. Pemantauan Konvergensi pada Gaya Dorong kecepatan freestream 6 m/s TSR 3 b. Pemantauan Konvergensi Turbin pada Torsi kecepatan freestream 6 m/s TSR 3 c. Pemantauan Konvergensi pada Gaya Angkat pada Turbin kecepatan freestream 6 m/s TSR 3 d. Pemantauan Konvergensi pada Gaya Hambat kecepatan freestream 6 m/s TSR 3	98
Gambar 4.28	a. Pemantauan Konvergensi pada Gaya Dorong kecepatan freestream 7 m/s TSR 2 b. Pemantauan Konvergensi Turbin pada Torsi kecepatan freestream 7 m/s TSR 2 c. Pemantauan Konvergensi pada Gaya Angkat kecepatan freestream 7 m/s TSR 2 d. Pemantauan Konvergensi pada Gaya Hambat kecepatan freestream 7 m/s TSR 2.....	99
Gambar 4. 29	a.)Pemantauan Konvergensi pada Gaya Dorong kecepatan freestream 8 m/s TSR 5 b.)Pemantauan Konvergensi pada Torsi kecepatan freestream 8 m/s TSR 5 c.) Pemantauan Konvergensi pada Gaya Angkat kecepatan freestream 8 m/s TSR 5 d.) Pemantauan Konvergensi pada Gaya Hambat kecepatan freestream 8 m/s TSR 5.....	99
Gambar 4. 30	a) Pemantauan Konvergensi pada Gaya Dorong kecepatan <i>freestream</i> 7 m/s TSR 4 b.) Pemantauan Konvergensi pada kecepatan <i>freestream</i> 7 m/s TSR 4 c.) Pemantauan Konvergensi pada Gaya Aangkat kecepatan <i>freestream</i> 7 m/s TSR 4 d.) Pemantauan Konvergensi pada Gaya Hambat kecepatan <i>freestream</i> 7 m/s TSR 4	100
Gambar 4.31	a.) Pemantauan Konvergensi pada Gaya Dorong kecepatan <i>freestream</i> 4,8 m/s TSR 5 b.) Pemantauan Konvergensi pada Torsi kecepatan <i>freestream</i> 4,8 m/s TSR 5 c.) Pemantauan Konvergensi pada Gaya Angkat kecepatan <i>freestream</i> 4,8 m/s TSR 5 d.) Pemantauan Konvergensi pada Gaya Hambat kecepatan <i>freestream</i> 4,8 m/s TSR 5	100
Gambar 4.32	a.)Pemantauan Konvergensi pada Gaya Hambat kecepatan freestream 8 m/s TSR 5 b.) Pemantauan Konvergensi pada Gaya Angkat kecepatan freestream 8 m/s TSR 5 c.) Pemantauan Konvergensi pada Torsi kecepatan freestream 8 m/s TSR 5 d.) Pemantauan Konvergensi pada Gaya Dorong kecepatan freestream 8 m/s TSR 5.....	101

Gambar 4.33 Analisa gaya-gaya yang bekerja pada sudu turbin angin Darrieus pada sudut putar tertentu (Brusca Dkk, 2014).....	105
Gambar 4.34. Skema turbin angin yang di gunakan pada simulasi.....	106
Gambar 4.35. Distribusi velocity turbin angin pada berbagai sudut putar Airfoil dengan kecepatan freestream 9 m/s dengan TSR 32	107
Gambar 4.36. Distribusi velocity turbin angin pada berbagai sudut putar Airfoil dengan kecepatan freestream 9 m/s dengan TSR 11.....	108
Gambar 4.37. Distribusi velocity turbin angin pada berbagai sudut putar Airfoil dengan kecepatan freestream 10 m/s TSR 29.....	109
Gambar 4.38. Distribusi velocity turbin angin pada berbagai sudut putar Airfoil dengan kecepatan <i>freestream</i> 4,8 m/s TSR 5.....	110
Gambar 4.39 Distribusi velocity turbin angin pada berbagai sudut putar Airfoil dengan kecepatan freestream 10 m/s TSR 9.....	111
Gambar 4.40. Distribusi velocity turbin angin pada berbagai sudut putar Airfoil dengan kecepatan <i>freestream</i> 4,8 m/s TSR 5	112
Gambar 4.41 Distribusi velocity turbin angin pada berbagai sudut putar Airfoil dengan kecepatan freestream 9 m/s TSR 6,6.....	113
Gambar 4.42 Distribusi velocity turbin angin pada berbagai sudut putar Airfoil dengan kecepatan <i>freestream</i> 6 m/s TSR 3.....	114
Gambar 4.43. Distribusi velocity turbin angin pada berbagai sudut putar Airfoil dengan kecepatan freestream 7 m/s TSR 2	115
Gambar 4.44 Distribusi velocity turbin angin pada berbagai sudut putar Airfoil dengan kecepatan freestream 8 m/s TSR 5	116
Gambar 4.45 Distribusi velocity turbin angin pada berbagai sudut putar Airfoil dengan kecepatan freestream 7 m/s TSR 4	117
Gambar 4.46. Distribusi velocity turbin angin pada berbagai sudut putar Airfoil dengan kecepatan freestream 9 m/s dengan TSR 32.....	119
Gambar 4.47. Distribusi velocity turbin angin pada berbagai sudut putar Airfoil dengan kecepatan freestream 9 m/s dengan TSR 11	120
Gambar 4.48. Distribusi velocity turbin angin pada berbagai sudut putar Airfoil dengan kecepatan <i>freestream</i> 10 m/s TSR 29	121
Gambar 4.49. Distribusi velocity turbin angin pada berbagai sudut putar Airfoil dengan kecepatan freestream 4,8 m/s TSR 5.....	122

Gambar 4.50 Distribusi velocity turbin angin pada berbagai sudut putar Airfoil dengan kecepatan <i>freestream</i> 10 m/s TSR 9	123
Gambar 4.51 Distribusi velocity turbin angin pada berbagai sudut putar Airfoil dengan kecepatan freestream 4,8 m/s TSR 5	124
Gambar 4.52 Distribusi velocity turbin angin pada berbagai sudut putar Airfoil dengan kecepatan freestream 9 m/s TSR 6,6	125
Gambar 4.53 Distribusi velocity turbin angin pada berbagai sudut putar Airfoil dengan kecepatan freestream 6 m/s TSR 3.....	126
Gambar 4.54 Distribusi velocity turbin angin pada berbagai sudut putar Airfoil dengan kecepatan freestream 7 m/s TSR 2.....	127
Gambar 4.55 Distribusi velocity turbin angin pada berbagai sudut putar Airfoil dengan kecepatan freestream 8 m/s TSR 5	128
Gambar 4.56 Distribusi velocity turbin angin pada berbagai sudut putar Airfoil dengan kecepatan freestream 7 m/s TSR 4.....	129
Gambar 4.57 Grafik torsi terhadap Tip Speed Ratio dengan variasi kecepatan freestream 4,8 m/s Sampai dengan Kecepatan Freestream 10 m/s.....	131
Gambar 4.58 Grafik torsi terhadap kecepatan angin turbin angin kecepatan freestream 4,8 m/s Sampai dengan Kecepatan Freestream 10 m/s.....	133
Gambar 4.59 Grafik koefisien Momen terhadap TSR pada berbagai variasi freestream 4,8 m/s Sampai dengan Kecepatan Freestream 10 m/s	134
Gambar 4.60 Grafik koefisien daya terhadap TSR pada berbagai variasi kecepatan freestream 4,8 m/s Sampai dengan Kecepatan Freestream 10 m/s.....	136

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Geometri yang digunakan pada model uji	8
Tabel 2.2. Ukuran <i>mesh</i> pada model yang diujikan	9
Tabel 2.2 pengaruh <i>aspect ratio</i> terhadap hasil 2D.....	11
Tabel 2.3 tabel perbandingan numerik performa dari turbin 3D.....	13
Tabel 2.5 perbandingan performa suatu turbin vertikal skala kecil	24
Tabel 2.6. Tingkatan kecepatan angin 10 meter di atas permukaan tanah	31
Tabel 2.7 Nilai <i>Tip Speed Ratio</i> terhadap jumlah sudu turbin	37
Tabel 3.1 Variasi jumlah sudu dan kecepatan angin	64
Tabel 3.1 Menu-menu yang digunakan dalam <i>ANSYS Fluent Release 17</i>	66
Tabel 4.1. Data yang digunakan dalam simulasi	81
Tabel 4.2. <i>Time step</i> kecepatan angin	82
Tabel 4.3 Hasil Pembentukan <i>Mesh</i>	85
Tabel 4.4 Hasil uji grid independency	87

NOMENKLATUR

P_{angin}	Daya angin	[W]
η	Efisiensi	-
F_D	Gaya drag	[N]
F_L	Gaya lift	[N]
M	Gaya momen	[Nm]
R	Jari-jari	[m]
V	Kecepatan	[m/s]
ω	Kecepatan sudut	[rad/s]
n	Kecepatan putar	[rpm]
C_P	Koefisien daya	-
C_D	Koefisien drag	-
C_L	Koefisien lift	-
C_M	Koefisien Momen	-
A	Luas sapuan sudu	[m ²]
ρ	Massa jenis	[kg/m ³]
c	Panjang airfoil, biasa disebut <i>chord</i>	[m]
L	Panjang aliran	[m]
Re	<i>Reynolds number</i>	-
AoA	Sudut serang	[°]
λ	<i>Tip speed ratio</i>	-
T	Torsi	[Nm]
μ	Viskositas dinamik	[kg/ms]
ν	Viskositas kinematik	[m ² /s]

ABSTRAK

Indonesia memiliki potensi tenaga angin yang cukup besar yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik, Angin menjadi salah satu alternatif sumber energi yang dapat dikonversi. Turbin angin adalah alat yang dapat mengkonversikan energi kinetik pada angin menjadi energi listrik. Efisiensi dan kinerja turbin angin tergantung pada desain dan bentuk sudu turbin angin itu sendiri. Turbin angin yang digunakan untuk analisa adalah turbin angin tipe sumbu Vertikal.

Penelitian ini dilakukan dengan cara simulasi numerik untuk mengetahui kinerja Turbin Angin Sumbu Vertikal dan performa dari turbin angin Darius dengan tipe Airfoil NACA 0021 dengan menggunakan *Computational Fluid Dynamics* (CFD) yang dapat membantu untuk mengganti persamaan-persamaan integral atau parsial derivatif yang menjelaskan permasalahan fluida dengan bentuk aljabar yang dipecahkan secara numerik agar memperoleh angka suatu aliran pada titik yang berlainan. *Airfoil* NACA 0021 digunakan sebagai bentuk dasar dari sudu turbin angin, sehingga *airfoil* ini merupakan bagian dari objek simulasi untuk mengetahui Kofisiensi Daya, Cofisien Momen, Torsi Rata-rata dan *Teep Speed Ration* pada sudu turbin angin dengan kombinasi Kecepatan angin 4, 7, 8, 9, dan 10 m/s.

Setelah Simulasi Numerik dilakukan, maka dapat dilihat bahwa torsi dan koefisien daya mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan tip speed ratio. Torsi yang dihasilkan akan meningkat seiring bertambahnya kecepatan angin. Torsi maksimum yang mampu dihasilkan oleh turbin angin terjadi pada kecepatan 7 m/s dan Koefisien daya maksimum yang dihasilkan oleh Turbin terjadi pada kecepatan 10 m/s.

Kata Kunci: Turbin Angin Darrieus, *Computational Fluid Dynamics* (CFD), Kecepatan Angin Airfoil NACA 0021.