

**ANALISIS KINERJA TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL TIPE
H -DARRIEUS DENGAN SUDU NACA 0015 MENGGUNAKAN
PENDEKATAN *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC (CFD)***



NICOLAS YOGA PRANASMARA
NIM: 41319120114

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCUBUANA
JAKARTA 2022

ANALISIS KINERJA TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL TIPE H-DARRIEUS
DENGAN SUDU NACA 0015 MENGGUNAKAN PENDEKATAN
COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC (CFD)



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Disusun Oleh:

Nama : Nicolas Yoga Prasmara

NIM : 41319120114

Program Studi : Teknik Mesin

MERCU BUANA

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)
AGUSTUS 2022

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS KINERJA TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL TIPE H-DARRIEUS
DENGAN SUDU NACA 0015 MENGGUNAKAN PENDEKATAN
COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC (CFD)

Disusun Oleh:

Nama : Nicolas Yoga Pranasmara
NIM : 41319120114
Program Studi : Teknik Mesin

Telah diperiksa dan disetujui pada tanggal: Agustus 2022

Telah dipertahankan di depan penguji,

Pembimbing TA

Penguji Sidang I


(Vera Septy Saryeva S., S.T., M.T)


(Alief Avicenna Luthfie, ST., M.Eng)

NIK/NIP. 197580940

NIK/NIP. 216910097

Penguji Sidang II

Penguji Sidang III


(Gilang Awan Yudhistira, M.T)


(Gian Villany Golwa, M.Si)

NIK/NIP: 221900211

NIK/NIP: 119800639

Mengetahui,

Kaprodi Teknik Mesin

Koordinator TA




(Muhammad Fitri, Ph.D)


(Alief Avicenna Luthfie, ST., M.Eng)

NIK/NIP. 118690617

NIK/NIP. 216910097

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Nicolas Yoga Pranasmara

NIM : 41319120114

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Judul Tugas Akhir : Analisis Kinerja Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe H-Darrieus Dengan Sudu NACA 0015 Menggunakan Pendekatan *Computational Fluid Dynamic (CFD)*

Dengan ini menyatakan bahwa saya melakukan Tugas Akhir dengan sesungguhnya dan hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

MERCU BUANA

Jakarta, Agustus 2022



Nicolas

Nicolas Yoga Pranasmara

PENGHARGAAN

Puji syukur saya kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat, rahmat dan penyertaannya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Kinerja Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe H-Darrieus Dengan Sudu NACA 0015 Menggunakan Pendekatan *Computational Fluid Dynamic* (CFD)”.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat kelulusan perkuliahan di Universitas Mercu Buana program studi Teknik jurusan Teknik Mesin. Penulis menyadari bahwa terselesaikannya Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak yang telah meluangkan waktu demi kelancaran Tugas Akhir.

Dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan penghargaan dan ucapan terima kasih kepada:

1. Dr. Harwikarya, M.T selaku Plt. Rektor Universitas Mercu Buana.
2. Dr. Ir. Mawardi Amin, M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
3. Hadi Pranoto, ST., MT., Ph.D selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana
4. Muhamad Fitri, Ph.D selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
5. Alief Avicenna Luthfie, S.T., M.Eng selaku Koordinator Tugas Akhir yang memberikan arahan tentang Tugas Akhir dan Dosen Penguji Tugas Akhir
6. Vera Septy Sayeva, S.T., M.T selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah mendampingi, membimbing dan memberikan ilmunya dalam proses pembuatan Tugas Akhir.
7. Gilang Awan Yudhistira, M.T selaku Dosen Penguji Tugas Akhir.
8. Gian Villany Golwa, M.Si selaku Dosen Penguji Tugas Akhir.
9. Hilarius Brian dan Fathi Rahma atas semua dukungan dan semangatnya.
10. Ayah, Ibu, Kakak dan Adik di rumah yang tiada henti memberi semangat, dukungan dan doanya.
11. Kepada seluruh teman-teman Teknik Mesin Universitas Mercubuana yang telah ikut memberikan bantuan baik berupa tenaga, pikiran dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

12. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun dari semua pihak merupakan masukan yang berharga agar penulis dapat menyempurnakan Laporan Tugas Akhir ini.

Jakarta, Agustus 2022



Nicolas Yoga Prasmara



DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
PENGHARGAAN	iii
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR SINGKATAN	xiii
DAFTAR SIMBOL	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. RUMUSAN MASALAH	4
1.3. TUJUAN	4
1.4. MANFAAT	4
1.5. RUANG LINGKUP DAN BATASAN MASALAH	4
1.6. SISTEMATIKA PENULISAN	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. STUDI LITERATUR	6
2.2. ENERGI ANGIN	10
2.2.1. Kecepatan Angin	11
2.2.2. Jenis Aliran Angin	14
2.3. TURBIN ANGIN	15
2.3.1. Karakteristik Turbin Angin	16
2.3.2. Turbin Angin Sumbu Vertikal (TASV)	19
2.3.3. TASV Darrieus	20

2.3.4.	Perhitungan	20
2.4.	<i>AIRFOIL</i>	24
2.4.1.	<i>Airfoil</i> NACA (National Advisory Committee for Aeronautics)	25
2.5.	<i>COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC (CFD)</i>	26
2.5.1.	Persamaan <i>Navier-Stokes</i>	26
2.5.2.	Langkah Utama Pemodelan CFD	28
2.5.3.	Geometri	29
2.5.4.	<i>Meshing</i>	29
2.5.5.	<i>Boundary Conditions</i>	30
2.5.6.	Diskritisasi Model Persamaan CFD	30
2.5.7.	Model-Model Turbulensi	31
2.5.8.	Metode-Metode Solusi (<i>Solution Method</i>)	32
2.5.9.	Metode rotasi sudu turbin angin	33
BAB III METODOLOGI		35
3.1.	DIAGRAM ALIR	35
3.1.1.	Proses Simulasi Sudu Turbin Angin	36
3.1.2.	Metode Simulasi	39
3.2.	ALAT DAN BAHAN	51
3.2.1.	Alat	51
3.2.2.	Bahan	51
3.3.	BORANG DATA HASIL SIMULASI	52
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		54
4.1.	STUDI SENSITIFITAS <i>MESH</i>	54
4.2.	PEMBAHASAN HASIL SIMULASI	55
4.2.1.	Verifikasi Model 1 (Satu) Sudu <i>Airfoil</i> Naca 0015	55

4.3.	ANALISIS SIMULASI TURBIN ANGIN	58
4.3.1.	Simulasi TASV 2 (Dua) Sudu dengan Variasi Kecepatan Angin	59
4.3.2.	Simulasi TASV 3 (Tiga) Sudu dengan Variasi Kecepatan Angin	61
4.3.3.	Perbandingan TASV 2 (Dua) Sudu dengan TASV 3 (Tiga) Sudu	63
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		66
5.1.	KESIMPULAN	66
5.2.	SARAN	66
DAFTAR PUSTAKA		67



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Aliran Laminar	15
Gambar 2.2. Aliran Transisi	15
Gambar 2.3. Aliran Turbulen	15
Gambar 2.4. Jenis TASH, (a) <i>Downwind Turbine</i> , (b) <i>Upwind Turbine</i>	16
Gambar 2.5. Jenis TASV, (a) H-Darrieus, (b) Savonius	16
Gambar 2.6. Grafik Berbagai Macam Turbin Angin	18
Gambar 2.7. Klasifikasi Turbin Angin	18
Gambar 2.8. <i>Operation Savonius Turbin</i>	19
Gambar 2.9. <i>Operation Darrieus Turbin</i>	19
Gambar 2.10. Sejarah Perkembangan TASV Darrieus	20
Gambar 2.11. <i>Airfoil</i>	25
Gambar 2.12. NACA 0015	26
Gambar 2.13. (a) <i>Structured Mesh</i> , (b) <i>Unstructured Mesh</i> (c) <i>Hybrid Mesh</i>	29
Gambar 3.1. Diagram Alir	35
Gambar 3.2. Proses Pembuatan Geometri dan <i>Mesh</i>	37
Gambar 3.3. Proses Simulasi Numerik	38
Gambar 3.4. Geometri <i>Airfoil</i> NACA 0015	40
Gambar 3.5. <i>Boundary Condition</i> Satu Sudu	40
Gambar 3.6. <i>Structured Mesh</i> Tampak Keseluruhan	41
Gambar 3.7. <i>Structured Mesh</i> pada Bagian <i>Airfoil</i>	41
Gambar 3.8. Pengaturan Awal Simulasi	41
Gambar 3.9. Pembuatan Geometri Dua dan Tiga Sudu	44
Gambar 3.10. <i>Hybrid Mesh</i> Dua Sudu (Kiri) dan Tiga Sudu (Kanan)	45
Gambar 3.11. <i>Mesh</i> pada <i>Area airfoil wall</i>	45
Gambar 3.12. <i>Boundary Condition</i> Dua Sudu (Atas) dan Tiga Sudu (Bawah)	46
Gambar 3.13. Geometri TASV Dua Sudu dan TASV Tiga Sudu	52
Gambar 3.14. Sudu NACA 0015	52
Gambar 4.1. Grafik Studi Sensitifitas <i>Mesh</i> untuk Dua Sudu	55
Gambar 4.2. Grafik Studi Sensitifitas <i>Mesh</i> untuk Tiga Sudu	55
Gambar 4.3. Nilai C_L Hasil Simulasi dengan <i>NACA Report No. 586</i>	56
Gambar 4.4. Nilai C_D Hasil Simulasi dengan <i>NACA Report No. 586</i>	58

Gambar 4.5. Rasio Perbandingan Nilai C_L/C_D terhadap Variasi Sudut Serang	58
Gambar 4.6. Kecepatan Angin terhadap <i>Coefficient Moment</i>	59
Gambar 4.7. Kecepatan Angin terhadap <i>Coefficient Power (Cp)</i>	60
Gambar 4.8. Kecepatan Angin terhadap Daya Turbin (P_{turbin})	61
Gambar 4.9. Kecepatan Angin terhadap <i>Coefficient Moment</i>	61
Gambar 4.10. Kecepatan Angin terhadap <i>Coefficient Power (Cp)</i>	62
Gambar 4.11. Kecepatan Angin terhadap Daya Turbin (P_{turbin})	63
Gambar 4.12. Kecepatan Angin terhadap <i>Coefficient Power (Cp)</i>	63
Gambar 4.13. Kecepatan Angin terhadap Daya Turbin (P_{turbin})	64
Gambar 4.14. Kecepatan Angin terhadap Efisiensi Turbin (η)	64



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Penelitian Terdahulu	6
Tabel 2.2. Tingkat Kecepatan Angin Menurut Beaufort	11
Tabel 2.3. Perbandingan Karakteristik TASV dengan TASH	17
Tabel 3.1. Data Konfigurasi <i>Solver, Viscous Model, Material</i>	42
Tabel 3.2. Data Konfigurasi <i>Boundary Condition</i> pada <i>Velocity Inlet</i>	42
Tabel 3.3. Data Konfigurasi <i>Boundary Condition</i> pada <i>Airfoil Wall</i>	43
Tabel 3.4. Data Pengaturan <i>Solution Methods</i>	43
Tabel 3.5. Data Pengaturan <i>Residual Monitor</i>	44
Tabel 3.6. Data Konfigurasi <i>Solver, Viscous Model, Material</i>	47
Tabel 3.7. Data Konfigurasi <i>Cell Zone Condition</i>	47
Tabel 3.8. Data Konfigurasi <i>Boundary Condition</i>	48
Tabel 3.9. Data Pengaturan <i>Solution Methods</i>	49
Tabel 3.10. Data Pengaturan <i>Residual Monitor</i>	50
Tabel 3.11. Konfigurasi Dimensi Turbin Angin	51
Tabel 3.12. Borang Nilai C_L Hasil Simulasi dengan <i>NACA Report No. 586</i>	53
Tabel 3.13. Borang Skema Simulasi TASV 2 dan 3 Sudu	53
Tabel 3.14. Borang Perhitungan C_p , P_{turbin} , dan η	53
Tabel 4.1. Perbandingan Nilai C_L Hasil Simulasi dengan <i>NACA Report No. 586</i>	56
Tabel 4.2. Skema Simulasi Dua Sudu dan Tiga Sudu	59
Tabel 4.3. Perhitungan Nilai C_p , P_{turbin} , dan η	60
Tabel 4.4. Perhitungan Nilai C_p , P_{turbin} , dan η	62

DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Keterangan
TASH	Turbin Angin Sumbu Horizontal
TASV	Turbin Angin Sumbu Vertikal
NACA	<i>National Advisory Committee for Aeronautics</i>
TSR	<i>Tip Speed Ratio</i>
SNL	<i>Sandia National Laboratories</i>
Re	<i>Reynold Number</i>
CFD	<i>Computational Fluid Dynamics</i>



DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
P_{angin}	daya yang tersedia pada angin (Watt)
A	luas penampang sudu (m^2)
ρ	masa jenis udara (kg/m^3)
v	kecepatan angin (m/s)
P_{turbin}	daya yang dihasilkan turbin (Watt)
ω	kecepatan sudut (rad/s)
λ	<i>Tip Speed Ratio (TSR)</i>
T	Torsi (N.m)
r	jari-jari sudu turbin angin (m)
η	efisiensi turbin angin (%)
C_p	Koefisien daya
C_m	Koefisien momen
C_l	Koefisien angkat
Re	<i>Reynold Number</i>

UNIVERSITAS
MERCU BUANA