

**ANALISA NUMERIK PENGARUH SUDUT SERANG TERHADAP
KARAKTERISTIK TURBIN ANGIN SUMBU HORIZONTAL DENGAN
NACA 4412**



AGUNG SAPUTRO

NIM: 41317310049

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA 2021**

LAPORAN TUGAS AKHIR

ANALISA NUMERIK PENGARUH SUDUT SERANG TERHADAP
KARAKTERISTIK TURBIN ANGIN SUMBU HORIZONTAL DENGAN
NACA 4412



Disusun Oleh :

Nama : Agung Saputro

NIM : 41317310049

Program Studi : Teknik Mesin

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

JULI 2021

HALAMAN PENGESAHAN**ANALISA NUMERIK PENGARUH SUDUT SERANG TERHADAP
KARAKTERISTIK TURBIN ANGIN SUMBU HORIZONTAL DENGAN
NACA 4412**

Disusun Oleh:

Nama : Agung Saputro

NIM : 41317310049

Program Studi : Teknik Mesin

Telah diperiksa dan disetujui Pada Tanggal: 08 Agustus 2021

Telah dipertahankan di depan penguji,

Pembimbing TA



(Fajar Anggara, S.T., M.Eng)

NIK. 118910610

Penguji Sidang I



(Henry Carles, S.T., M.T)

NIK. 0301087304

Penguji Sidang II



(Andi Firdaus Sudarma, ST, M.Eng)

NIK. 0327118104

Penguji Sidang III

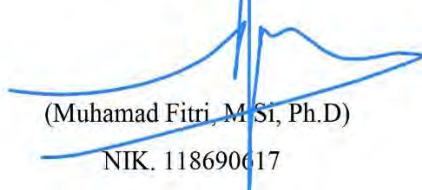


(Fajar Anggara, S.T., M.Eng)

NIK. 118910610

Mengetahui,

Kaprosdi Teknik Mesin



(Muhamad Fitri, M.Si, Ph.D)

NIK. 118690617

Koordinator TA



(Fajar Anggara, S.T., M.Eng)

NIK. 118910610

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Agung Saputro

NIM : 41317310049

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Judul Tugas Akhir : Analisa Numerik Pengaruh Sudut Serang Terhadap
Karakteristik Turbin Angin Sumbu Horizontal Dengan
Naca 4412

Dengan ini menyatakan bahwa saya melakukan Tugas Akhir dengan sesungguhnya dan hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya saya 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.

Jakarta, 20 Juli 2021



(Agung Saputro)

PENGHARGAAN

Dengan memanjatkan puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala kemudahan dan kebahagiaan dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Laporan Tugas Akhir ini dimaksudkan untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai gelar sarjana S-1. Dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini, penyusun banyak mendapat bantuan, arahan dan dorongan dari banyak pihak, terutama dosen pembimbing, pembimbing lapangan, rekan sejawat dan keluarga. Pada kesempatan ini saya sampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Ngadino Surip, MS selaku Rektor Universitas Mercubuana.
2. Bapak Dr. Ir. Mawardi Amin, M.T. selaku dekan Fakultas Teknik Universitas Mercubuana
3. Bapak Muhamad Fitri, M.Si, Ph.D selaku Kepala program studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana Bekasi.
4. Bapak Fajar Anggara, S.T., M.Eng. selaku Kordinator Tugas Akhir Universitas Mercu Buana.
5. Bapak Fajar Anggara, S.T., M.Eng. sebagai Dosen Pembimbing Tugas Akhir Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
6. Kedua Orang Tua yang selalu Mendidik untuk menjadi seorang yang mandiri, bertanggung jawab dan disiplin dalam menjalankan tugas.
7. Teman-teman dari kelas Karyawan Universitas Mercu Buana Kampus Bekasi program studi Teknik Mesin Angkatan-31 yang selalu kompak kuliah sampai saat sekarang ini.

Laporan Tugas Akhir ini mungkin jauh dari sempurna, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan guna penyempurnaan. Akhirnya semoga Laporan Tugas Akhir ini bermanfaat kepada pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di Indonesia dan bermanfaat bagi siapa saja yang membaca.

Bekasi, 20 Juli 2021



Agung Saputro

ABSTRAK

Angin merupakan salah satu energi terbarukan yang memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan dalam pembangkit energi listrik. Turbin angin adalah sebuah alat yang digunakan untuk merubah energi angin menjadi energi putar. Turbin angin yang digunakan pada penelitian ini adalah turbin angin tipe horizontal. Analisa kinerja turbin angin ini menggunakan metode simulasi *Computational Fluid Dynamics (CFD)*. Dalam penelitian ini dikemukakan hasil-hasil perhitungan numerik 2 dan 3 dimensi. Simulasi aerodinamika pada airfoil NACA 4412 dengan variasi sudut serang 0 – 16 derajat digunakan untuk mengetahui karakteristik aerodinamika airfoil. Variasi kecepatan angin 3.8 m/s, 4.3 m/s dan 5.8 m/s digunakan untuk simulasi 3 dimensi pada turbin angin. Berdasarkan hasil simulasi aerodinamika, diperoleh nilai ratio lift/drag terbaik berada pada sudut serang 8° dengan nilai 72.54692. Sedangkan nilai koefisien power tertinggi pada simulasi turbin angin sumbu horizontal terjadi pada variasi kecepatan angin 3,8 m/s dengan sudut serang 8° yang memiliki nilai koefisien power 0,5306. Kondisi ini menunjukkan bahwa kecepatan angin dan sudut serang mempengaruhi daya keluaran turbin angin sumbu horizontal.

Kata kunci : *CFD, koefisien drag (CD), koefisien lift (Cl), turbin angin sumbu horizontal, coefficient of power*



ABSTRACT

Wind is one of the renewable energies that has great potential to be utilized in generating electrical energy. A wind turbine is a device used to convert wind energy into rotary energy. The wind turbine used in this study is a horizontal type wind turbine. Analysis of the performance of this wind turbine using the Computational Fluid Dynamics (CFD) simulation method. In this study, the results of 2 and 3 dimensional numerical calculations are presented. Aerodynamic simulation on the NACA 4412 airfoil with a variation of the angle of attack 0-16 degrees is used to determine the aerodynamic characteristics of the airfoil. Wind speed variations of 3.8 m/s, 4.3 m/s and 5.8 m/s were used for 3-dimensional simulations of wind turbines. Based on the aerodynamic simulation results, the best lift/drag ratio value is found at an angle of attack of 8° with a value of 72.54692. While the highest power coefficient value in the horizontal axis wind turbine simulation occurs at wind speed variations of 3.8 m/s with an angle of attack of 8° which has a power coefficient value of 0.5306. This condition shows that the wind speed and angle of attack affect the output power of the horizontal axis wind turbine.

Keywords: *CFD, drag coefficient (CD), lift coefficient (Cl), horizontal axis wind turbine, coefficient of power*



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
PENGHARGAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR SIMBOL	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	3
1.3 TUJUAN PENELITIAN	3
1.4 BATASAN MASALAH	4
1.5 SISTEMATIKA PENULISAN	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 SUMBER ENERGI	6
2.1.1 Sumber Energi terbarukan	6
2.1.2 Sumber energi tak terbarukan	7
2.2 ENERGI ANGIN	8
2.2.1 Energi yang Terdapat pada Angin	9
2.2.2 Teori Momentum Elementer Betz	10
2.3 TURBIN ANGIN	11
2.3.1 Turbin Angin Sumbu Horizontal (TASH)	12
2.3.2 Turbin angin poros vertical (VAWT)	12
2.4 KARAKTERISTIK TURBIN ANGIN	13
2.4.1 Tip Speed Ratio	13
2.4.2 Koefisien daya (Cp)	14
2.4.3 Efisiensi Rotor	15
2.4.4 Efisiensi Sistem	16
2.4.5 Sudut Serang (<i>Angle Of Attack</i>)	17
2.4.6 Airfoil	18

2.5	BILANGAN REYNOLDS	20
2.6	COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD)	20
2.6.1	Proses simulasi CFD	21
2.6.2	Metode Diskritasi CFD	22
2.6.3	Jenis pemodelan turbulen	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		25
3.1	DIAGRAM ALIR PENELITIAN (FLOW CHART)	25
3.2	METODE PENELITIAN	28
3.3	VALIDASI SIMULASI	29
3.4	DESAIN GAMBAR	29
3.3.1.	Airfoil	30
3.3.2.	Turbin Angin	30
3.3.3.	Rotating Region	31
3.3.4.	Stationary Region	32
3.5	SIMULASI AIRFOIL 2 DIMENSI	33
3.4.1.	Geometry	33
3.4.2.	Mesh	33
3.4.3.	Tahap set up	36
3.6	SIMULASI 3 DIMENSI	41
3.5.1.	Tahap Geometri	41
3.5.2.	Tahap Meshing	42
3.5.3.	Independence Of Mesh	45
3.5.4.	Tahap Set Up	46
3.7	ANALISIS HASIL	50
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		51
4.1.	PENDAHULUAN	51
4.2.	SIMULASI AIRFOIL 2 DIMENSI	51
4.2.1	Kontur tekanan dan kontur kecepatan	54
4.3.	VALIDASI SIMULASI AIRFOIL 2 DIMENSI	55
4.4.	SIMULASI 3 DIMENSI	55
4.3.1	Independence Of Mesh	56
4.3.2	Kontur Kecepatan	58
4.3.3	Perbandingan Kontur Kecepatan Dengan Tekanan	59
4.5.	ANALISA PERBANDINGAN TORSI	61

4.6.	ANALISIS PERBANDINGAN DAYA	63
4.7.	ANALISA PERBANDINGAN KOEFISIEN POWER	66
4.8.	ANALISIS EFISIENSI TOTAL	69
4.9.	VALIDASI DATA SIMULASI 3 DIMENSI	70
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		72
5.1	KESIMPULAN	72
5.2	SARAN	72
DAFTAR PUSTAKA		73



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Teori Momentum Dengan Mempertimbangkan Bangun Rotor Berputar	10
Gambar 2. 2 Model Aliran dari Teori Momentum Beltz	11
Gambar 2. 3 Aerodinamika sudu	17
Gambar 2. 4 Bentuk Bagian Airfoil	18
Gambar 2. 5 penampang airfoil 4412	19
Gambar 3. 1 Diagram Alir Metodologi Pelaksanaan Simulasi 2 Dimensi	26
Gambar 3. 2 Diagram Alir Metodologi Pelaksanaan Simulasi 3 Dimensi	27
Gambar 3. 3 Geometry Airfoil NACA 4412	30
Gambar 3. 4 Desain turbin	31
Gambar 3. 5 Addressing zone airfoil	32
Gambar 3. 6 Addressing zone Turbine	32
Gambar 3. 7 Domain Airfoil	33
Gambar 3. 8 Struktur Mesh Airfoil	36
Gambar 3. 9 Pengaturan awal untuk proses simulasi pada airfoil	37
Gambar 3. 10 Toolbar menu general pada airfoil	37
Gambar 3. 11 Toolbar menu models pada airfoils	38
Gambar 3. 12 Toolbar menu materials pada airfoils	39
Gambar 3. 13 Toolbar menu cell zone conditions pada airfoils	39
Gambar 3. 14 Toolbar menu Boundary conditions pada airfoils	40
Gambar 3. 15 Toolbar menu Boundary conditions farfield pada airfoils	40
Gambar 3. 16 Toolbar menu monitor pada airfoils	41
Gambar 3. 17 Domain turbin	42
Gambar 3. 18 Hasil Meshing pada turbin	45
Gambar 3. 19 Toolbar menu general pada turbin	46
Gambar 3. 20 Toolbar menu models pada turbin	47
Gambar 3. 21 Toolbar menu materials pada turbin	48
Gambar 3. 22 Toolbar menu cell zone conditions pada turbin	48
Gambar 3. 23 Toolbar menu boundary conditions pada turbin	49
Gambar 3. 24 Toolbar menu mesh interface pada turbin	49
Gambar 3. 25 Toolbar menu monitors pada turbin	50
Gambar 4. 1 Grafik ratio coefisient lift/drag	46
Gambar 4. 2 Kontur tekanan airfoil pada sudut serang 8 derajat	47
Gambar 4. 3 Kontur tekanan airfoil pada sudut serang 8 derajat	47
Gambar 4. 4 Grafik validasi simulasi aerodinamika NACA 4412	48
Gambar 4. 5 Meshing tampak depan	49
Gambar 4. 6 Meshing tampak samping	50
Gambar 4. 7 Grafik Independence of mesh	50
Gambar 4. 8 Kontur kecepatan variasi 1	51
Gambar 4. 9 Kontur kecepatan variasi 2	51
Gambar 4. 10 Kontur tekanan dan kontur kecepatan variasi 1	52
Gambar 4. 11 Kontur tekanan dan kecepatan variasi 2	53
Gambar 4. 12 Grafik perbandingan torsi dan TSR dengan kecepatan angin 5,8 m/s	55
Gambar 4. 13 Grafik perbandingan torsi dan kecepatan angin dengan nilai TSR 6	55
Gambar 4. 14 Grafik perbandingan antara daya dan kecepatan angin	58

Gambar 4. 15 Grafik perbandingan antara koefisien daya dan kecepatan angin	61
Gambar 4. 16 grafik Validasi daya turbin berdasarkan teoritis dan eksperimen	63



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Potensi energi terbarukan di Indonesia	7
Tabel 2. 2 Nilai Tip Speed Ratio terhadap jumlah sudu turbin	14
Tabel 3. 1 Geometri Sudu Turbin	31
Tabel 3. 2 Detail of “Mesh” wind turbine	34
Tabel 3. 3 Detail of “Mesh” wind turbine	43
Tabel 4. 1 Tabel coefisient Lift dan Drag pada airfoil	45
Tabel 4. 2 Torsi turbin angin dengan variasi kecepatan angin dan TSR	54
Tabel 4. 3 Daya turbin angin	58
Tabel 4. 4 Koefisien daya turbin	61
Tabel 4. 5 efisiensi total turbin agin sumbu horizontal	62
Tabel 4. 6 Validasi daya turbin berdasarkan teoritis dan eksperimen	63



DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
A	luas penampang
D	diameter rotor
λ	<i>tip Speed Ratio</i>
R	jari-jari rotor
ω	Kecepatan sudut rotor turbin
v	kecepatan awal udara
P_{angin}	Daya Angin
$P_{mekanik}$	Daya Turbin Angin
ρ	Massa Jenis Udara
V	Kecepatan Udara
η	Efisiensi
Ω	Omega (putaran rotor)



 UNIVERSITAS
 MERCU BUANA