

**PENGARUH SUDUT SUDU TERHADAP KINERJA TURBIN ANGIN
SUMBU HORIZONTAL KECIL (*SHORT HORIZONTAL AXIS WIND
TURBINE/HAWT*): STUDI EKSPERIMENTAL DAN NUMERIK**



HENDY UTAMA
NIM: 41320120050

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA 2024

LAPORAN TUGAS AKHIR

**PENGARUH SUDUT SUDU TERHADAP KINERJA TURBIN ANGIN
SUMBU HORIZONTAL KECIL (*SHORT HORIZONTAL AXIS WIND
TURBINE/HAWT*): STUDI EKSPERIMENTAL DAN NUMERIK**



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Disusun oleh:

Nama : Hendy Utama
NIM : 41320120050
Program Studi : Teknik Mesin

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)
DESEMBER 2024

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : HENDY UTAMA

NIM : 41320120050

Program Studi : Teknik Mesin

Judul Laporan Tugas Akhir : Pengaruh Sudut Sudu terhadap Kinerja Turbin Angin Sumbu Horizontal Kecil (*Short Horizontal Axis Wind Turbine/HAWT*): Studi Eksperimental dan Numerik.

Telah berhasil dipertahankan pada sidang di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata 1 pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana.

Disahkan oleh:

Pembimbing : Subekti, S.T., M.T.

NIDN : 0323117307

(Subekti)

Penguji 1 : Haris Wahyudi, S.T., M.Sc.

NIDN : 0329037803

(Haris Wahyudi)

Penguji 2 : Nurato, S.T., M.T., Ph.D.

NIDN : 0313047302

(Nurato)

Jakarta, 28 Desember 2024

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T.

NIDN. 0307037202

Kaprodi Teknik Mesin



Dr. Eng. Imam Hidayat, S.T., M.T.

NIDN. 0005087502

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Hendy Utama

NIM : 41320120050

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Judul Tugas Akhir : Pengaruh Sudut Sudu Terhadap Kinerja Turbin Angin Sumbu Horizontal Kecil (*Short Horizontal Axis Wind Turbin/HAWT*): Studi Eksperimental dan Numerik.

Dengan ini menyatakan bahwa penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian 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 Universitas Mercu Buana.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 23 Desember 2024



Hendy Utama

PENGHARGAAN

Puji syukur diucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan hidayah, sehingga penulisan Laporan Tugas Akhir yang berjudul Pengaruh Sudut Sudu terhadap Kinerja Turbin Angin Sumbu Horizontal Kecil (*Short Horizontal Axis Wind Turbine/HAWT*): Studi Eksperimental dan Numerik.

Laporan Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan sarjana strata satu (S1) di Universitas Mercu Buana. Laporan Tugas Akhir ini dibuat berdasarkan data-data dan informasi yang di dapatkan dari proses pengkajian pustaka, perhitungan, dan proses simulasi menggunakan metode CFD.

Banyak pihak yang membantu hingga terselesaikannya penulisan Laporan Tugas Akhir ini. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Andi Adriansyah, M.Eng., selaku Rektor Universitas Mercu Buana.
2. Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
3. Dr. Eng. Imam Hidayat, S.T., M.T. selaku Kaprodi Teknik Mesin dan koordinator tugas akhir Universitas Mercu Buana.
4. Subekti, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
5. Dwi Tanto dan Tri Widayani selaku orang tua yang selalu memberikan semangat, dukungan dan mendoakan kelancaran penyusunan laporan Tugas Akhir.
6. Aditya Putra Widodo, S.T., M.T. sebagai teman diskusi memecahkan masalah selama melakukan simulasi dan menyelesaikan laporan Tugas Akhir.
7. Semua pihak yang telah membantu penulis selama proses pengambilan data, percobaan menggunakan simulasi dan pengerjaan laporan ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih memiliki banyak kekurangan, maka dari itu penulis berharap adanya kritik dan saran yang membangun dari pembaca semua.

Harapan penulis semoga laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat kepada penulis pada khususnya dan kepada pembaca pada umumnya. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi kemajuan perkembangan ilmu pengetahuan terutama bagi mahasiswa Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.

Jakarta, 23 Desember 2024

Penulis



(Hendy Utama)



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

ABSTRAK

Seiring dengan meningkatnya kesadaran global mengenai perubahan iklim dan kebutuhan untuk beralih ke sumber energi yang lebih bersih dan berkelanjutan. Indonesia memiliki potensi energi angin yang signifikan, diperkirakan sekitar 60 gigawatt (GW), dengan daerah seperti Nusa Tenggara Timur, Sulawesi Selatan, dan Papua memiliki kecepatan angin yang ideal untuk menghasilkan listrik. Pada penelitian disarankan untuk melakukan modifikasi sudut kemiringan sudu, maka dalam penelitian ini berfokus pada analisis sudut kemiringan sudu turbin angin propeller menggunakan metode *Computational Fluid Dynamic* (CFD) untuk meningkatkan kinerja turbin dan Uji lab menggunakan *wind tunnel* untuk membanding dengan hasil simulasi. Proses simulasi dan uji lab menggunakan *wind tunnel* menggunakan parameter kecepatan angin 5 m/s dan 627 rpm. Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah Ansys (*Fluent with Meshing*). Hasil dan kesimpulan dari penelitian ini bahwa sudut 12° merupakan desain terbaik dengan daya paling besar yaitu 0,79 watt dan daya yang didapatkan dari hasil eksperimen di *wind tunnel* sebesar 0,46 watt.

Kata Kunci: *Wind Tunnel, Turbine Propeller, ANSYS Fluent, CFD, Performance Turbine*



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

THE EFFECT OF BLADE ANGLE ON THE PERFORMANCE OF SMALL HORIZONTAL AXIS WIND TURBINES (HAWT): EXPERIMENTAL AND NUMERICAL STUDY

ABSTRACT

As global awareness of climate change increases, there is a growing need to shift to cleaner and more sustainable energy sources. Indonesia has significant wind energy potential, estimated at around 60 gigawatts (GW), with regions such as East Nusa Tenggara, South Sulawesi, and Papua having ideal wind speeds for electricity generation. This research suggests modifying the blade pitch angle, focusing on the analysis of the pitch angle of propeller wind turbine blades using Computational Fluid Dynamics (CFD) methods to improve turbine performance. Additionally, laboratory tests using a wind tunnel will be conducted to compare the results with the simulations. The simulation process and wind tunnel tests will use wind speed parameters of 5 m/s and 627 rpm. The software used for this research is ANSYS (Fluent with Meshing). The results and conclusion of this study indicate that an angle of 12° is the optimal design, with the highest power output of 0.79 watts, while the power obtained from the experimental results in the wind tunnel was 0.46 watts.

Keywords: Wind Tunnel, Turbine Propeller, ANSYS Fluent, CFD, Performance Turbine



DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
PENGHARGAAN	iii
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
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 DAN RUANG LINGKUP PENELITIAN	4
1.5 SISTEMATIKA PENULISAN	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 PENDAHULUAN	6
2.2 PENELITIAN YANG RELEVAN	6
2.3 PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN	7
2.3.1. Turbin Angin	12
2.3.2. Turbin Angin Sumbu Horizontal	13
2.3.3. Performasi <i>Turbine</i>	14
2.4 TURBIN ANGIN	14

2.5	TURBIN PROPELLER	15
2.5.1	<i>Ansys Fluent</i>	15
2.5.2	Tahapan Process CFD	15
2.5.3	<i>Geometry</i>	16
2.5.4	<i>Meshing</i>	16
2.5.5	<i>Setup</i>	18
2.5.6	<i>Solution</i>	19
2.5.7	<i>Result</i>	19
2.6	ANSYS DALAM DESAIN DAN ANALISIS TURBIN ANGIN	15
2.7	ALAT BANTU PENELITIAN	19
2.7.1	Perangkat Lunak Simulasi	19
2.7.2	Peralatan Pengukuran	19
2.7.3	<i>Wind Tunnel</i>	20
2.7.4	Metode Analisis Data	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		21
3.1	DIAGRAM ALIR	21
3.2	STUDI LITERATUR	22
3.3	DESAIN PENELITIAN	22
3.4	PROSEDUR SIMULASI	23
3.4.1	Tahap <i>Geometry</i>	23
3.4.2	Tahap <i>Meshing</i>	24
3.5	TAHAP <i>SET-UP</i>	25
3.6	TAHAP <i>SOLUTION</i>	26
3.7	TAHAP <i>RESULT</i>	27
3.8	MANUFACTURING	27
3.9	PERAKITAN TURBINE PROPELLER	28
3.10	ALAT BANTU PENELITIAN	29
3.11	UJI COBA	29

3.12	PENGAMBILAN DATA	30
3.13	PENGOLAHAN DATA	30
3.14	ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	31
BAB IV PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		32
4.1	PENDAHULUAN	32
4.2	ANALISA PERBANDINGAN DAYA TURBIN 3 VARIASI	32
4.3	EKSPERIMEN PADA WIND TUNNEL	33
4.3.1	Data Hasil Eksperimen	34
4.3.2	Perbandingan hasil eksperimen dengan desain sebelumnya	34
4.4	PERBANDINGAN ANTARA HASIL EKSPERIMEN DENGAN HASIL SIMULASI CFD	35
BAB V PENUTUP		37
5.1	KESIMPULAN	37
5.2	SARAN	37
DAFTAR PUSTAKA		38
LAMPIRAN		40

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Ilustrasi luas daerah sapuan angin	9
Gambar 2. 2. Diagram yang menunjukkan beberapa jenis turbin angin dan koefisien daya rotor serta rasio kecepatan ujungnya	11
Gambar 2. 3. Jenis turbin angin sumbu horizontal berdasarkan jumlah sudu	14
Gambar 2. 4. <i>Polyhedral Mesh</i>	19
Gambar 2. 5. <i>Poly-Hexcore Mesh</i>	19
Gambar 2. 6. <i>Tetrahedral Mesh</i>	20
Gambar 2. 7. <i>Hexcore Mesh</i>	20
Gambar 3. 1. Diagram alir penelitian	21
Gambar 3. 2. Contoh desain turbin propeller variasi 3	22
Gambar 3. 3. Tahap <i>geometry</i> pada ANSYS	23
Gambar 3. 4. Tahap <i>meshing</i> pada ANSYS	24
Gambar 3. 5. Tahap <i>setup</i> pada ANSYS	25
Gambar 3. 6. Tahap <i>solution</i> pada ANSYS	26
Gambar 3. 7. Tahap <i>results</i> pada ANSYS (contour velocity)	27
Gambar 3. 8. Generator <i>permanent magnet</i>	28
Gambar 3. 9. <i>Wind tunnel</i> universitas mercu buana	30
Gambar 3. 10 Posisi turbin propeller saat di pasang pada <i>wind tunnel</i> .	33
Gambar 4. 1. Grafik perbandingan hasil simulasi daya turbin 3 variasi	36
Gambar 4.1. Grafik perbandingan daya hasil simulasi dan eksperimen	37

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Penelitian relevan	6
Tabel 2. 2. Kecepatan rata-rata angin di Indonesia	8
Tabel 2. 3. Penentuan <i>inlet-outlet</i> pada proses <i>setup</i> pada ansys fluent	19
Tabel 3. 1. Spesifikasi analisis CFD menggunakan ANSYS	26
Tabel 4. 1. Perbandingan daya turbin hasil simulasi menggunakan ansys	35
Tabel 4. 2. Data hasil eksperimen <i>turbine propeller</i> pada <i>wind tunnel</i>	37
Tabel 4. 1. Perbandingan hasil eksperimen dengan desain sebelumnya	37
Tabel 4. 4. Perbandingan daya hasil eksperimen dan simulasi variasi 3	38



DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
E_k	Energi kinetik (joule)
m	Massa (kg)
v	Kecepatan (m/s)
A	Luas daerah sapuan angin (m ²)
r	Jari-jari lingkaran turbin/rotor (m)
d	Diameter lingkaran turbin/rotor (m)
Q	Debit (kg/m ³)
ρ	Masa jenis fluida (kg/m ³)
P_w	Daya angin (watt)
λ	<i>Tip speed ratio</i>
n	Putaran rotor (rpm)
V	Tegangan listrik (volt)
I	Arus listrik (Ampere)
P_{gen}	Daya generator (watt)
T	Torsi (n/m)
Ω	Kecepatan sudut (rad/s)
Π	Phi (22/7 atau 3.14)
C_p	Coefisient power adalah (0.60)