

**ANALISIS VARIASI KECEPATAN ANGIN TERHADAP KINERJA TURBIN
ANGIN SUMBU *HORIZONTAL* POROS KONVENSIIONAL TIPE TIGA
BILAH *SPIRAL* TANPA *AIRGAP* MENGGUNAKAN *WIND TUNNEL***



HASBY ZUNIYAR ZAIN
NIM: 41319120011

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA 2022

ANALISIS VARIASI KECEPATAN ANGIN TERHADAP KINERJA TURBIN
ANGIN SUMBU *HORIZONTAL* POROS KONVENSIONAL TIPE TIGA BILAH
SPIRAL TANPA *AIRGAP* MENGGUNAKAN *WIND TUNNEL*



Disusun oleh:

Nama : Hasby Zuniyar Zain
NIM : 41319120011
Program Studi : Teknik Mesin

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

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS VARIASI KECEPATAN ANGIN TERHADAP KINERJA TURBIN ANGIN SUMBU *HORIZONTAL* POROS KONVENSIIONAL TIPE TIGA BILAH *SPIRAL* TANPA *AIRGAP* MENGGUNAKAN *WIND TUNNEL*

Disusun oleh:

Nama : Hasby Zuniyar Zain
NIM : 41319120011
Program Studi : Teknik Mesin

Telah diperiksa dan disetujui pada tanggal XX (bulan) XXXX

Telah dipertahankan di depan penguji,

Pembimbing TA



Dr. Abdul Hamid, M.Eng.

NIP. 190460031

Penguji Sidang I



Dafit Feriyanto, M.Eng., Ph.D

NIK/NIP. 118900633

Penguji Sidang II



Alief Avicenna Luthfie, S.T., M.Eng

NIP. 216910097

Penguji Sidang III

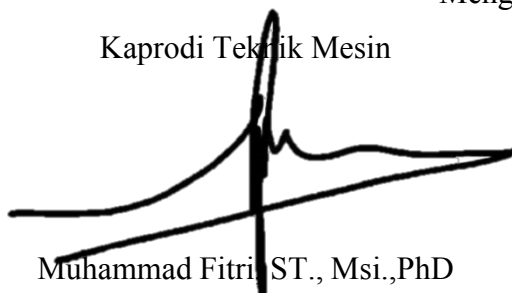


Subekti, S.T., M.T

NIP. 323117307

Mengetahui,

Kaprodi Teknik Mesin



Muhammad Fitri, ST., Msi., PhD

NIP. 118690617

Koordinator TA



Alief Avicenna Luthfie, ST., M.Eng

NIP. 216910097

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Hasby Zuniyar Zain

NIM : 41319120011

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Judul Tugas Akhir : Analisis Variasi Kecepatan Angin Terhadap Kinerja Turbin Angin Sumbu *Horizontal* Poros Konvensional Tipe Tiga Bilah *Spiral* Tanpa *Airgap* Menggunakan *Wind Tunnel*

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.

Jakarta, 31 Maret 2022



Hasby Zuniyar Zain

PENGHARGAAN

Segala puji bagi Tuhan Yang Maha Esa Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah memberi limpahan berkat dan karunia-Nya kepada penulis sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan tepat waktu.

Dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini penulis menyadari begitu banyak dukungan dan bantuan dari berbagai pihak baik secara moral maupun langsung. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya, kepada:

1. Bapak Muhamad Fitri, Ph.D, selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
2. Bapak Alief Avicenna Luthfie, S.T., M.Eng, selaku Sekretaris Program Studi dan Koordinator Tugas Akhir.
3. Bapak Gian Villany Golwa, S.T., M.T., selaku Koordinator Laboratorium Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
4. Bapak Dr. Abdul Hamid, M.Eng, selaku pembimbing Tugas Akhir Akhir yang telah mengarahkan dan memberikan bimbingan kepada penulis hingga menyelesaikan laporan Tugas Akhir.
5. Kedua orang tua penulis, H. Zaenal Abidin dan Hj. Iis Sumiati, S.Ag. yang telah memberikan dukungan moral maupun materiil.
6. Istri Penulis, dr. Indri Larassandi Fratiwi yang selalu memberi dukungan semangat yang tak henti untuk menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.
7. Semua rekan-rekan penulis Dhian Adi S., Rega Wahyu, I Kadek Benny H., dan Hernawan Bayu yang telah membantu dalam peminjaman alat-alat untuk penelitian Tugas Akhir.
8. Semua pihak yang telah membantu seluruh rangkaian kegiatan Tugas Akhir yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu. Penulis sangat menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam laporan dan jauh dari kata sempurna.

Jakarta, 31 Maret 2022


Hasby Zunyar Zain

ABSTRAK

Permintaan akan *green technology* meningkat pesat di seluruh dunia, penting bagi para peneliti pada umumnya, khususnya di Indonesia untuk memanfaatkan keunggulan geografis Indonesia yang mempunyai angin rendah berkisar antara 3.0 m/s bagi pemanfaatan proyek pembangkit listrik bertenaga angin. Penggunaan poros kerucut pada model turbin angin sumbu horisontal spiral dengan tiga bilah hanya menghasilkan koefisien daya tertinggi yaitu 0,55 pada kecepatan angin 7m/s. Dalam penelitian ini, jenis model turbin angin sumbu horizontal (TASH) tiga bilah spiral dengan menggunakan poros konvensional yang terbuat dari *Polylactic Acid* (PLA) memiliki dimensi; Panjang rotor = 125 mm, diameter turbin 269 mm, *aspect ratio* 125 : 269 mm, serta sudut putar spiral bilah turbin 220°. Pengujian dilakukan di *wind tunnel* laboratorium Prodi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana. Turbin angin menjalani serangkaian tes pada variasi kecepatan diukur bersamaan dengan nilai tegangan dan arus keluaran dari turbin angin. Dari hasil pengujian didapatkan nilai *actual* daya turbin tertinggi sebesar 26,56 W dan *actual* torsi tertinggi sebesar 0,155 N.m pada kecepatan angin 11 m/s, koefisien daya tertinggi yaitu 0,57 pada kecepatan angin 9 m/s, koefisien torsi tertinggi yaitu 0,22 pada kecepatan angin 3 m/s, serta *tip speed ratio* tertinggi sebesar 0,99 pada kecepatan 11 m/s.

Kata Kunci: TASH bilah *spiral*; *actual* daya; *actual* torsi; koefisien daya; koefisien torsi; *Tip Speed Ratio*.



ANALYSIS OF WIND SPEED VARIATIONS ON THE PERFORMANCE OF HORIZONTAL AXIS WIND TURBINES CONVENTIONAL THREE SPIRAL BLADE TYPE WITHOUT AIRGAP USING WIND TUNNEL

ABSTRACT

The demand for green technology is increasing rapidly throughout the world, it is important for researchers in general, especially in Indonesia to take advantage of Indonesia's geographical advantage which has low winds ranging from 3.0 m/s for the use of wind power projects. The use of a conical axis on a spiral horizontal axis wind turbine model with three blades only produces the highest power coefficient of 0.55 at a wind speed of 7m/s. In this study, the type of horizontal axis wind turbine model (TASH) three spiral blades using a conventional shaft made of Polylactic Acid (PLA) has dimensions; Rotor length = 125 mm, turbine diameter 269 mm, aspect ratio 125: 269 mm, and turbine blade spiral angle of 220°. The test was carried out in the wind tunnel laboratory of the Mechanical Engineering Study Program, Mercu Buana University. The wind turbine undergoes a series of tests on the speed variation measured along with the rated voltage and current output of the wind turbine. From the test results, the highest turbine power actual value is 26.56 W and the highest actual torque is 0.155 N.m at a wind speed of 11 m/s, the highest power coefficient is 0.57 at a wind speed of 9 m/s, the highest torque coefficient is 0.22 at a wind speed of 3 m/s, and the highest tip speed ratio of 0.99 at a speed of 11 m/s.

Keywords: TASH spiral blades; actual power; actual torque; power coefficient; torque coefficient; Tip Speed Ratio.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
PENGHARGAAN	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR SIMBOL	xiii
DAFTAR SINGKATAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	2
1.3 TUJUAN	2
1.4 MANFAAT	2
1.5 RUANG LINGKUP DAN BATASAN MASALAH	3
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 KAJIAN TERDAHULU	4
2.2 ENERGI ANGIN	14
2.3 TURBIN ANGIN SUMBU HORIZONTAL (TASH)	17
2.4 PARAMETER PENGUJIAN TURBIN ANGIN	20
2.4.1 <i>Coefficient of Power (Cp)</i>	20
2.4.2 <i>Daya Output</i>	21

2.4.3	<i>Daya Input</i>	21
2.4.4	<i>Coefficient of Torque (CT)</i>	22
2.4.5	Kecepatan Sudut	22
2.4.6	<i>Tip Speed Ratio</i>	22
2.5	WIND TUNNEL	23
2.6	KOMPONEN TURBIN ANGIN	23
2.6.1	<i>Anemometer</i>	23
2.6.2	<i>Blades (Sudu)</i>	24
2.6.3	Pengontrol Putaran	24
2.6.4	Generator	24
2.6.5	Rem	24
2.6.6	<i>Nacelle (Rumah Mesin)</i>	25
2.6.7	Menara	25
BAB III METODOLOGI		26
3.1	DIAGRAM ALIR	26
3.1.1	Pemasangan Turbin Angin	28
3.1.2	Setup Wind Tunnel	29
3.1.3	Pengukuran Kecepatan Angin	29
3.1.4	Pengukuran Tegangan	30
3.1.5	Pengukuran Arus Listrik	30
3.1.6	Pengukuran Putaran Turbin	31
3.1.7	Pengukuran Torsi	32
3.2	ALAT DAN BAHAN	32
3.2.1	Multimeter	32
3.2.2	Tachometer	33
3.2.3	<i>Anemometer</i>	33

3.2.4	Wind Tunnel	34
3.2.5	<i>Generator DC 12 Volt</i>	35
3.2.6	Dudukan Turbin Angin	35
3.2.7	<i>Polylactic Acid</i>	36
3.3	METODE PEMBUATAN TURBIN	36
3.3.1	Desain Turbin Angin	37
3.3.2	Pengaturan Posisi Objek	37
3.3.3	<i>Setting</i> Tingkat Kerapatan dan Kecepatan Pada 3D	37
3.3.4	Persiapan Konektivitas	38
3.3.5	Pengaturan Mesin 3D <i>Printer</i> dengan Komputer	38
3.3.6	Penyimpanan <i>File</i> Desain 3D	38
3.3.7	Pencetakan Objek	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		40
4.1	HASIL PENGAMBILAN DATA	40
4.2	HASIL PERHITUNGAN PADA PENGUJIAN TURBIN ANGIN	40
4.3	HASIL PERHITUNGAN DAYA TURBIN	41
4.3.1	Hubungan Kecepatan Angin Terhadap Tip Speed Ratio	45
4.3.2	Hubungan <i>Tip Speed Ratio</i> Terhadap Koefisien Daya Turbin (CP)	46
4.3.3	Hubungan Kecepatan Angin Terhadap Koefisien Torsi (CT)	47
BAB V PENUTUP		50
5.1	KESIMPULAN	50
5.2	SARAN	50
DAFTAR PUSTAKA		51
LAMPIRAN		52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Peta Kecepatan Angin Indonesia ketinggian 50 m	16
Gambar 2.2. Turbin Angin Sumbu Horisontal	18
Gambar 2.3. Gearbox Turbin Angin	19
Gambar 2.4. Diameter Blades	20
Gambar 2.5. Wind Tunnel	23
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian	26
Gambar 3.2. Diagram Alir Eksperimen Turbin Angin Sumbu Horisontal	27
Gambar 3.3. Pemasangan Turbin Angin pada Wind Tunnel	28
Gambar 3.4. Setup Wind Tunnel	28
Gambar 3.5. Pengukuran Kecepatan Angin	29
Gambar 3.6. Pengukuran Tegangan	30
Gambar 3.7. Pengukuran Arus Listrik	31
Gambar 3.8. Pengukuran Putaran Turbin	31
Gambar 3.9. Pengukuran Torsi	31
Gambar 3.10. Multimeter	33
Gambar 3.11. Tachometer	33
Gambar 3.12. Anemometer Digital	34
Gambar 3.13. Wind Tunnel	34
Gambar 3.14. Generator DC 24 Volt	35
Gambar 3.15. Balok Kayu	36
Gambar 3.16. Turbin Angin Sumbu Horisontal	36
Gambar 3.17. <i>Polylactic Acid</i>	36
Gambar 3.18. Desain Turbin Angin	37
Gambar 4.1. Grafik Kecepatan Angin Terhadap Daya Turbin	44
Gambar 4.2. Grafik Kecepatan Angin Terhadap <i>Tip Speed Ratio</i>	45
Gambar 4.3. Grafik <i>Tip Speed Ratio</i> Terhadap Koefisien Daya Turbin (CP)	46
Gambar 4.4. Grafik Kecepatan Angin Terhadap Koefisien Torsi (CT)	47

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kajian Terdahulu	4
Tabel 2.2 Tingkat kecepatan angin 10 meter di atas permukaan tanah	16
Tabel 4.1 Hasil Pengambilan Data Turbin Angin	40
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Data Turbin Angin	42
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Koefisien Torsi	42
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan <i>Tip Speed Ratio</i>	43



DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
ω	Kecepatan aliran sudut [rad/s]
ρ	Massa jenis angin [kg/m ³]
π	Konstanta matematika [3,14]
λ	Ratio kecepatan ujung sudu-sudu



DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Keterangan
CO ₂	<i>Carbon Dioxide</i>
TASH	Turbin Angin Sumbu Horizontal
CP	<i>Coefficient of Power</i>
CT	<i>Coefficient of Torque</i>
TSR	<i>Tip Speed Ratio</i>
P3TKEBTKE	Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Ketenagalistrikan, Energi Baru, Terbarukan, dan Konservasi Energi
TASV	Turbin Angin Sumbu Vertikal
TASH	Turbin Angin Sumbu Horizontal
DC	<i>Direct Current</i>
AC	<i>Alternating Current</i>
PLN	Perusahaan Listrik Negara



UNIVERSITAS
MERCU BUANA