



**ANALISIS KINERJA BILAH *TAPERLESS*
HORIZONTAL AXIS WIND TURBINE (HAWT)
MENGUNAKAN *AIRFOIL* USA 40 DAN USA 35-B
PADA TSD-500.
(STUDI KASUS DI PT. LENTERA BUMI NUSANTARA)**

SKRIPSI

CAHYANI PUTRI PANGESTU

17101311062

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN
2021**



**ANALISIS KINERJA BILAH *TAPERLESS*
HORIZONTAL AXIS WIND TURBINE (HAWT)
MENGUNAKAN *AIRFOIL* USA 40 DAN USA 35-B
PADA TSD-500.**

(STUDI KASUS DI PT. LENTERA BUMI NUSANTARA)

SKRIPSI

**DIAJUKAN UNTUK MENDAPATKAN GELAR SARJANA
TEKNIK**

CAHYANI PUTRI PANGESTU

17101311062

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN
2021**

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Cahyani Putri Pangestu

NIM : 1710311062

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

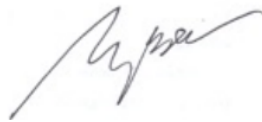
Judul Skripsi : ANALISIS PERFORMANSI BILAH *TAPERLESS HORIZONTAL AXIS WIND TURBINE* (HAWT) MENGGUNAKAN *AIRFOIL USA40* DAN *USA35-B* PADA TSD-500. (STUDI KASUS DI PT. LENTERA BUMI NUSANTARA)

Telah berhasil dipertahankan dihadapan tim penguji dan diterima sebagai bagian dari persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar sarjana teknik pada Program Studi S-1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta.



Fahrudin ST., M.T.

Penguji Utama



Ir. M. Galbi Bethalembah, M.T.

Penguji Lembaga



Dr.Ir. Reda Riza, B.Sc, M.Si

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Damora Rhakasywi, S.T., M.T.

Penguji Pembimbing



Nur Cholis, ST, M.Eng

Ka. Prodi Teknik Mesin

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal ujian : 14 Juli 2021

PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi ini diajukan oleh :

NAMA : Cahyani Putri Pangestu

NIM : 1710311062

PROGRAM STUDI : Teknik Mesin

FAKULTAS : TEKNIK

JUDUL : ANALISIS PERFORMANSI BILAH *TAPERLESS HORIZONTAL AXIS WIND TURBINE* (HAWT) MENGGUNAKAN *AIRFOIL USA40* DAN *USA35-B* PADA TSD-500. (STUDI KASUS DI PT. LENTERA BUMI NUSANTARA)

Telah dikoreksi dan diperbaiki oleh penulis atas arahan dari dosen pembimbing



Dr. Damora Rhakasywi ST, MT, IPP
Pembimbing 1



M. As'Adi ST, M.Eng
Pembimbing 2



Nur Cholis, ST, M.Eng

Kepala Program Studi Teknik Mesin

PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil saya sendiri dan semua sumber yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Cahyani Putri Pangestu

NIM 1710311062

Program Studi : Teknik Mesin

Bilamana dikemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan saya ini maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, 22 Juli 2021

Yang menyetakan



METERAI
TEMPEL
30D6AJX408830712

(Cahyani Putri Pangestu)

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Cahyani Putri Pangestu

NIM : 1710311062

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Mesin

Demi Pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*Non- exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul ;

ANALISIS PERFORMANSI BILAH *TAPERLESS HORIZONTAL AXIS WIND TURBINE* (HAWT) MENGGUNAKAN *AIRFOIL USA40* DAN *USA35-B* PADA TSD-500. (STUDI KASUS DI PT. LENTERA BUMI NUSANTARA)

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti ini Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mengaplikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Yang Menyatakan,



(Cahyani Putri Pangestu)

ANALISIS PERFORMANSI BILAH *TAPERLESS HORIZONTAL AXIS WIND TURBINE* (HAWT) MENGGUNAKAN *AIRFOIL USA40* DAN *USA35-B* PADA TSD-500. (STUDI KASUS DI PT. LENTERA BUMI NUSANTARA)

Cahyani Putri Pangestu

ABSTRAK

Kondisi energi dunia sekarang ini sudah mengarah ke arah energi terbarukan. Banyak ragam energi terbarukan yang ada di dunia ini, salah satunya adalah energi angin. Energi angin digadang – gadang akan menjadi salah satu sumber energi terbarukan yang menjanjikan di Indonesia. Dalam pengubahan energi angin menjadi energi listrik digunakan sebuah kincir angin, yaitu turbin angin yang dimana didalamnya terdapat salah satu komponen penting dalam proses perubahan energi, yaitu Bilah. Bilah memiliki fungsi sebagai pengubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik yang nantinya akan menjadi energi mekanik untuk menggerakkan generator untuk menghasilkan energi listrik. Bilah dengan tipe *taperless* dapat digunakan pada keadaan angin cepat maupun keadaan angin lambat. *Airfoil* merupakan bagian dari bilah yang menyebabkan suatu bilah mempunyai gaya *aerodinamis*. Pada penulisan skripsi ini jenis *airfoil* yang digunakan adalah USA 40 dan juga USA 35-. Pengujian pada penulisan skripsi ini dilakukan dengan menggunakan metode simulasi pada *software* berbasis BEM (*Blade Element Momentum*) dan juga observasi pada pengujian lapangan. Analisa dilakukan pada daya turbin sebesar 500 watt, pada kecepatan angin yang bervariasi, lebar bilah sebesar 0,12 m, bilah sebanyak 3 buah dan TSR sebesar 7. Hasil pengujian ini menandakan bahwa dari kedua tipe *airfoil* USA 40 memiliki kinerja yang lebih baik dari USA 35-B baik dari segi simulasi maupun pengujian di lapangan secara langsung.

Kata Kunci : Energi angin, Turbin Angin, Bilah, *Airfoil*, *Taperless*.

**PERFORMANACE ANALYSIS OF HORIZONTAL AXIS WIND TURBINE
(HAWT) TAPERLESS BLADES USING AIRFOIL USA40 AND USA35-B
ON TSD-500. (CASE STUDY AT PT. LENTERA BUMI NUSANTARA)**

Cahyani Putri Pangestu

ABSTRACT

The current state of world energy has turned towards renewable energy. There are many types of renewable energy in the world, one of which is wind energy. Wind energy is predicted to be one of the promising renewable energy sources in Indonesia. In converting wind energy into electrical energy, a windmill is used, namely a wind turbine in which there is one important component in the energy change process, namely the blade. The blade has a function as a converter of wind kinetic energy into mechanical energy which will later become mechanical energy to drive a generator to produce electrical energy. The blade with the taperless type can be used in both fast and slow wind conditions. Airfoil is part of the blade that causes a blade to have an aerodynamic force. In writing this thesis, the type of airfoil used is USA 40 and USA 35-. Testing in writing this thesis was carried out using a simulation method on BEM (Blade Element Momentum)-based software and also observations on field testing. The analysis was carried out on a turbine power of 500 watts, at varying wind speeds, 0.12 m wide blades, 3 blades, and a TSR of 7. The results of this test indicate that the two types of airfoil USA 40 have better performance than the USA. 35-B both in terms of simulation and direct field testing.

Keyword : *Wind Energy, Wind Turbine, Blade, Airfoil, Taperless.*

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah SWT. atas segala rahmat dan karunianya yang selalu menyertai saya sehingga saya dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini yang berjudul “Analisis Kinerja Bilah *Taperless Horizontal Axis Wind Turbine* (HAWT) Menggunakan *Airfoil USA 40* Dan *USA 35-B* Pada TSD-500. (Studi Kasus Di PT. Lentera Bumi Nusantara)” dan juga saya ucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Pertama dan utama yaitu diri saya sendiri yang selalu kuat dan tegar dalam menghadapi segala persoalan yang ada dari saat saya lahir sampai pada masa penulisan skripsi.
2. Alm. Ayah, Ibu, dan adik saya yang selalu ada dan menjadi *support system* utama yang membuat penulis menjadi semangat dalam melakukan penulisan skripsi.
3. Sanak dan keluarga yang ikut membantu penulis dalam memberikan dukungan moril dan materil.
4. Dr. Damora Rhakasywi, ST, MT dan M. As’adi, MT selaku dosen pembimbing sekaligus pembimbing akademis yang telah bersedia membantu dan meluangkan waktu, memberikan arahan serta nasihat sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dengan baik.
5. Dr. Ir. Reda Rizal, M.Si selaku Kepala Prodi Teknik Mesin, beserta segenap dosen serta karyawan Fakultas Teknik yang bersedia membagi pengetahuan dan pengalaman kepada penulis.
6. Bpk. Ricky Elson beserta para pembimbing dari PT. Lentera Bumi Nusantara yang telah bersedia berbagi pengetahuan dasar tentang turbin angin saat Kerja Praktikum dan Tugas Akhir di Ciheras.
7. Teman – teman Reformasi yaitu, Riris Khairunisa Rizki, Ridha Fauziyanti, Fikri Hanif, dan juga Ahmad Arief Rivaldi yang telah menjadi *support system* terbaik selama penulis melakukan pengujian lapangan.
8. Teman – teman Bumi Sementara yaitu, Aulia Dwiyanti, Pepy Rohimah, Adzhani Zalfa Aliadin, Rosmawan Arum, dan Leni Hermawati yang menjaga dan merawat penulis selama masa pengujian lapangan.

9. Teman – teman dan rekan Mahasiswa/I Teknik Mesin UPNVJ, terkhusus untuk Angkatan 2017 yang banyak memberi pengalaman dan pelajaran yang berharga untuk penulis selama masa pembelajaran di UPNVJ.

Akhir kata, semoga hasil penelitian dari skripsi ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Jakarta, 14 Juli 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iv
PERNYATAAN ORISINALITAS	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	2
1.3 BATASAN MASALAH	2
1.4 TUJUAN PENELITIAN	3
1.5 SISTEMATIKA PENULISAN	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 ENERGI ANGIN SEBAGAI SUMBER ENERGI TERBARUKAN.....	5
2.1.1 Pengertian Angin.....	5
2.1.2 Jenis – jenis Angin	6
2.1.3 Kecepatan Angin.....	7
2.2 TURBIN ANGIN	8
2.2.1 Komponen Turbin Angin	9
2.2.2 Jenis -jenis Turbin Angin.....	10

2.2.3	Perhitungan Daya Angin	11
2.2.4	<i>Tip Speed Ratio (TSR)</i> dan <i>Coefficient of Performance (Cp)</i>	13
2.3	BILAH TURBIN ANGIN	14
2.3.1	Jenis-jenis Bilah	15
2.3.2	Properti Bilah	16
2.4	<i>AIRFOIL</i>	16
2.5	PERHITUNGAN PARAMETER <i>AIRFOIL</i>	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		20
3.1	SKEMA PENELITIAN.....	20
3.2	WAKTU DAN LOKASI PENGAMBILAN DATA.....	21
3.3	ANALISIS DATA.....	21
3.4	<i>SOFTWARE</i> YANG DIGUNAKAN.....	21
3.5	MATERIAL DAN PERALATAN YANG DIGUNAKAN	23
BAB IV HASIL DAN ANALISA		25
4.1	PENENTUAN PARAMETER AERODINAMIS BILAH.....	25
4.2	PENENTUAN PARAMETER GEOMETRI PERANCANGAN BILAH 26	
4.3	HASIL SIMULASI <i>AIRFOIL</i> USA 40 DAN USA 35-B.....	30
4.4	VALIDASI DATA	33
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		38
5.1	KESIMPULAN	38
5.2	SARAN	39
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Peta sebaran potensi energi angin di Indonesia (KEMENTRIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL, 2010).....	5
Gambar 2.2 Kincir Angin di Eropa (Wikitionary, 2010).....	8
Gambar 2.3 Komponen Turbin Angin Skala Mikro (Lenteran Angin Nusantara, 2014)	9
Gambar 2.4 HAWT dan VAWT (Sinaga, 2016).....	10
Gambar 2.5 Pengaruh jumlah bilah terhadap nilai TSR dan CP suatu turbin angin (John, 2012)	13
Gambar 2.6 Jenis – jenis bilah (Lenteran Angin Nusantara, 2014)	15
Gambar 2.7 Properti bilah (Piggot, 2001).....	16
Gambar 2.8 Airfoil	16
Gambar 3.1 Flowchart Penelitian yang dilakukan	20
Gambar 3.2 Tampilan software pengolah kata dan angka (Pangestu, 2021)	22
Gambar 3.3 Software yang digunakan untuk BEM (Pangestu, 2021)	22
Gambar 3.4 Tampilan software CAD (Pangestu, 2021)	23
Gambar 3.5 Mesin Ketam (Pangestu, 2021)	23
Gambar 3.6 Mesin Gerinda (Pangestu, 2021).....	24
Gambar 4.1 Grafik linierisasi pada titik 75% untuk airfoil USA 40.....	29
Gambar 4.2 Grafik linierisasi pada titik 75% untuk airfoil USA 35-B.....	29
Gambar 4.3 Airfoil USA 40 dan USA 35-B	30
Gambar 4.4 Grafik Cl/Cd terhadap sudut alpha (sudut serang) USA 40 dan USA 35-B.....	30
Gambar 4.5 Geometri bilah USA 40	31
Gambar 4.6 Geometri Bilah USA 35-B	31
Gambar 4.7 Grafik Hasil Simulasi Cp terhadap TSR	32
Gambar 4.8 Grafik hasil simulasi Power terhadap Rotational Speed	32
Gambar 4.9 Grafik perolehan daya USA 40	36
Gambar 4.10 Grafik arus dan tegangan USA 40.....	36
Gambar 4.11 Grafik perolehan daya USA 35-B	37
Gambar 4.12 Grafik tegangan dan arus USA 35-B.....	37

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tingkat kecepatan angin menurut skala Beaufort (Gymnastiar, 2018) ..	7
Tabel 4.1 Parameter aerodinamis yang telah ditetapkan untuk airfoil USA 40 dan USA 35-B.....	25
Tabel 4.2 Parameter Geometri untuk Airfoil USA 40	26
Table 4.3 Parameter Geometri untuk Airfoil USA 35-B	27
Tabel 4.4 Hasil pengujian pada observasi lapangan untuk USA 40	33
Tabel 4.5 Hasil pengujian pada observasi lapangan untuk USA 35-B	34

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Lembar Hasil Pemeriksaan Turnitin.....	42
Lampiran 2 Lembar Bebas Plagiarisme.....	63