



**PENGUJIAN KINERJA HASIL RANCANGAN
MENGUNAKAN AIRFOIL K3311 (*SMOOTHED*) DAN GOE
549 BILAH *TAPERLESS* PADA *HORIZONTAL AXIS WIND*
TURBINE (HAWT) SKALA MIKRO**

SKRIPSI

**FAHRIS MULIYA
18101311034**

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



**PENGUJIAN KINERJA HASIL RANCANGAN
MENGUNAKAN AIRFOIL K3311 (*SMOOTHED*) DAN GOE
549 BILAH *TAPERLESS* PADA *HORIZONTAL AXIS WIND*
TURBINE (HAWT) SK ALA MIKRO**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Teknik**

FAHRIS MULIYA

18101311034

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN

2021

PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi ini diajukan oleh :

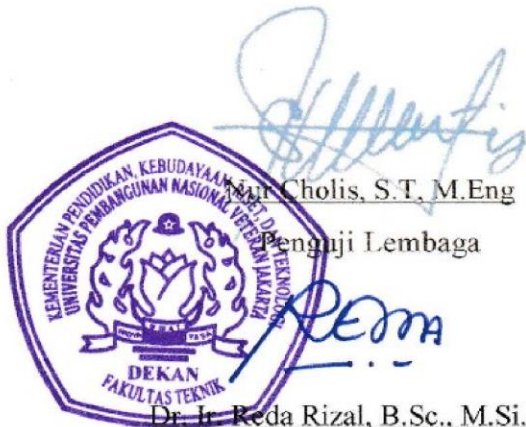
Nama : Fahris Muliya
NIM : 1810311034
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : PENGUJIAN KINERJA HASIL RANCANGAN
MENGUNAKAN *AIRFOIL K3311 (SMOOTHED)* DAN
GOE 549 BILAH TAPERLESS PADA *HORIZONTAL*
AXIS WIND TURBINE (HAWT) SKALA MIKRO.

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.



Ir. M. Galbi Bethalembah, M.T.

Penguji Utama



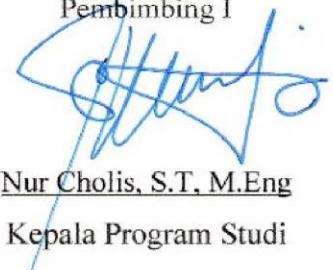
Dr. Ir. Reda Rizal, B.Sc., M.Si., IPU

Dekan



Fahrudin ST., MT.

Pembimbing I



Nur Cholis, S.T., M.Eng

Kepala Program Studi

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal Ujian : 13 Desember

PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi ini diajukan oleh :

NAMA : Fahrís Muliya
NIM : 1810311034
PROGRAM STUDI : Teknik Mesin
FAKULTAS : TEKNIK
JUDUL : PENGUJIAN KINERJA HASIL RANCANGAN
MENGUNAKAN *AIRFOIL K3311 (SMOOTHED)* DAN
GOE 549 BILAH TAPERLESS PADA *HORIZONTAL
AXIS WIND TURBINE (HAWT)* SKALA MIKRO .

Telah dikoreksi dan diperbaiki oleh penulis berdasarkan arahan dari dosen pembimbing.



Fahrudin ST., MT.

Pembimbing I



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

Pembimbing II

Kepala Program Studi Teknik Mesin



Nur Cholis, ST, M.Eng

PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Fahris Muliya

NIM : 1810311034

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, 2021 yang menyatakan,



(Fahris Muliya)

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

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

Nama : Fahris Muliya
NIM : 1810311034
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 :

PENGUJIAN KINERJA HASIL RANCANGAN
MENGUNAKAN *AIRFOIL* K3311 (*SMOOTHED*) DAN GOE 549 BILAH
TAPERLESS PADA *HORIZONTAL AXIS WIND TURBINE* (HAWT) SKALA
MIKRO

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.

Dibuat di : Jakarta

Pada Tanggal : 5 Januari 2021

Yang Menyatakan,



(Fahris Muliya)

**PENGUJIAN KINERJA HASIL RANCANGAN
MENGUNAKAN *AIRFOIL* K3311 (*SMOOTHED*) DAN GOE
549 BILAH *TAPERLESS* PADA HORIZONTAL AXIS WIND
TURBINE (HAWT) SKALA MIKRO**

Fahris Muliya

ABSTRAK

Indonesia memiliki keadaan geografis yang sangat mendukung untuk sumber daya energi baru terbarukan. Berlandaskan kebijakan Nasional mengenai PP No.79 tahun 2014 tentang target pembaruan energi baru. Turbin Angin merupakan pembangkit tenaga listrik terbarukan. Bilah merupakan salah satu komponen penting pada suatu turbin angin, dimana fungsinya adalah mengubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik yang nantinya akan menghasilkan energi angin. *Airfoil* merupakan bentuk aerodinamis suatu bilah yang sangat mempengaruhi performa kinerja bilah, pada setiap model airfoil mempunyai performanya tersendiri begitu dengan K3311 (*Smoothed*) dengan GOE 549. Pada penelitian ini, telah berhasil dirancang, dibuat dan diuji bilah untuk turbin skala mikro. Bentuk geometri bilah yang dipilih adalah *taperless*. Analisa dilakukan pada daya turbin skala mikro pada kecepatan angin maksimal 12 m/s, lebar bilah sebesar 0,12 m, bilah sebanyak 3 buah dan TSR sebesar 7 dan twist yang terlinearisasi. *Airfoil* yang digunakan telah melalui perbandingan terhadap beberapa *Airfoil* lainnya dengan melakukan simulasi pada software Q-Blade dan membandingkan hasil grafik Cl/Cd terhadap *angle of attack* pada setiap *Airfoil*. Hasil simulasi menunjukkan bilah GOE 549 memiliki C_p maksimum sebesar 0,52 pada TSR 5,2 dan K3311 (*Smoothed*) memiliki C_p maksimum sebesar 0,53 pada TSR 5,10. Rancangan bilah dibuat dan telah melewati uji kesetimbangan, lalu dipasang di tower setinggi 5 meter untuk diambil datanya. Pengujian selama 6 hari menunjukkan setiap bilah menghasilkan daya rata-rata 21,56 watt untuk K3311 (*Smoothed*) dan 32,79 watt untuk GOE 549.

Kata Kunci : Turbin skala mikro, *Airfoil*, Bilah.

PERFORMANCE TESTING OF THE DESIGN USING AIRFOIL K3311 (SMOOTHED) AND GOE 549 TAPERLESS BLADES ON HORIZONTAL AXIS WIND TURBINE (HAWT) MICRO SCALE

Fahris Muliya

ABSTRACT

Indonesia has a very favorable geographical situation for new and renewable energy sources. Based on the National policy regarding PP No. 79 of 2014 regarding the target of renewing new energy. Wind Turbine is a renewable power plant. The blade is one of the important components in a wind turbine, where its function is to convert the kinetic energy of the wind into mechanical energy which will produce wind energy. Airfoil is the aerodynamic shape of a blade that greatly influences blade performance, in each airfoil model it has its own performance as well as K3311 (Smoothed) with GOE 549. In this research, blades for micro-scale turbines have been successfully designed, manufactured and tested. The geometry of the selected blade is taperless. The analysis was carried out on a micro-scale turbine power at a maximum wind speed of 12 m/s, a blade width of 0.12 m, 3 blades and a TSR of 7 and a linearized twist. The airfoil used has been compared to several other airfoils by simulating the Q-Blade software and comparing the results of the Cl/Cd graph to the angle of attack on each Airfoil. The simulation results show the GOE 549 bar has a maximum C_p of 0.52 at a TSR of 5.2 and K3311 (Smoothed) has a maximum C_p of 0.53 at a TSR of 5.10. The blade design is made and has passed the equilibrium test, then it is installed in a 5 meter high tower for data collection. Testing for 6 days showed that each blade produces an average power of 21.56 watts for the K3311 (Smoothed) and 32.79 watts for the GOE 549.

Keywords: Micro scale turbine, Airfoil, Blade.

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT. atas segala ridho dan rahmat-Nya yang selalu menyertai saya sehingga saya dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini yang berjudul “PENGUJIAN KINERJA HASIL RANCANGAN MENGGUNAKAN *AIRFOIL K3311 (SMOOTHED)* DAN *GOE 549 BILAH TAPERLESS* PADA *HORIZONTAL AXIS WIND TURBINE* (HAWT) SKALA MIKRO” dan juga saya mengucapkan terima kasih 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. Keluarga saya terutama ALM. Ibu yang pernah ada dan menjadi *support system* utama hingga detik-detik terakhir dalam hidupnya yang membuat penulis menjadi semangat dalam melakukan penulisan skripsi.
3. Fahrudin, ST., MT. dan Dr. Damora Rhakasywi, ST, 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.
4. Bapak Ricky Elson B.Eng.,M.Eng. yang telah bersedia berbagi pengetahuan dasar tentang turbin angin.
5. Teman – teman hotel *California*, Pyongyang dan *Learning* Indonesia yang telah menjadi *support system* terbaik selama penulis melakukan pengujian lapangan.
6. Teman – teman dan rekan Mahasiswa/I Teknik Mesin UPNVJ, terkhusus untuk Angkatan 2018 dan 2017 yang banyak memberi pengalaman dan pelajaran yang berharga.

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

Jakarta, 4 Januari

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PENGESAHAN PENGUJI	ii
PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iiiv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	3
1.3 BATASAN MASALAH	3
1.4 TUJUAN PENELITIAN	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penelitian Sebelumnya	5
2.2 Energi Angin	6
2.1.1 Jenis – jenis angin	9
2.1.2 Faktor Terjadinya Angin	10
2.1.3 Kecepatan Angin.....	10
2.1.4 Karakteristik Angin.....	11

2.2 Turbin Angin.....	12
2.2.1 Pengertian Turbin Angin.....	12
2.2.2 Jenis – jenis Turbin Angin	12
2.3 Komponen turbin skala mikro.....	13
2.3.1 Generator.....	13
2.3.2 Fin	13
2.3.3 <i>Flange</i>	14
2.3.4 <i>Controller</i>	14
2.3.5 <i>Bilah</i>	14
2.3.6 Desain Bilah	17
2.3.7 <i>Airfoil</i>	18
2.3.8 Perancangan Bilah Pada Turbin Angin	19
2.4 <i>Software Q-Blade</i>	25
2.4.1 <i>Momentum Theory</i>	25
2.4.2 <i>Blade Element Theory</i>	26
2.4.3 Q-Balde	27
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	32
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan	32
3.2 Metode pengambilan data	32
3.3 <i>Software</i> yang digunakan	33
3.3.1 Software penyusun kata dan perhitungan numerik	33
3.3.2 <i>Blade Elemental Method</i> Software.....	34
3.3.3 <i>Design Software</i>	35
3.4 Alat dan Bahan yang digunakan	39
3.5 Langkah Kerja.....	40
3.5.1 Pembuatan Bilah	40

3.5.2 Perakitan dan Pemasangan Bilah	41
3.5.3 Metode Pengujian Bilah.....	42
3.5.4 Metode Pengambilan data	42
3.6 Diagram alir penelitian.....	44
BAB IV HASIL DAN ANALISA.....	45
4.1 Paramter Penentuan Airfoil.....	45
4.2 Perancangan Bilah untuk turbin skala mikro	45
4.2 Penentuan Parameter Geometri Perancangan Bilah.....	47
4.3 Hasil Simulasi Airfoil K3311(smoothed) dan GOE 549	50
4.4 Pembuatan Bilah Untuk turbin Skala Mikro	54
4.4.1 Persiapan Material Kayu	54
4.4.2 Pembuatan Mal.....	55
4.4.3 Pembentukan Bilah	56
4.3.4 Pengujian Balancing.....	58
4.4.4 Finishing Pemberian Lapisan Pelindung pada Bilah	59
4.4.5 Pengujian Vibrasi	60
4.5 Pengujian Kinerja Bilah pada turbin skala mikro	61
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	74
5.1 Kesimpulan	74
5.2 Saran.....	75
DAFTAR PUSTAKA	
RIWAYAT HIDUP	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Perbandingan Cl/Cd terhadap α	5
Gambar 2.2 Peta Angin Indonesia(‘PRAKIRAAN ANGIN LAPISAN 3000 FEET’, 2021)	8
Gambar 2.3 Jenis – jenis turbin angin berdasarkan letak pada sumbunya.....	12
Gambar 2.4 Generator TSD (Nusantara, 2014)	13
Gambar 2.5 Fin (Nusantara, 2014).....	13
Gambar 2.6 Flange(Nusantara, 2014)	14
Gambar 2.7 Controller (Nusantara, 2014).....	14
Gambar 2.8 Bilah jenis Invers Taper(Kuntara, 2021).....	15
Gambar 2.9 Bilah jenis Taper (Kuntara, 2021).....	16
Gambar 2.10 Bilah jenis Taperless (Kuntara, 2021).....	17
Gambar 2.11 Desain bilah(Piggott, 1997)	18
Gambar 2.12 Gambar Tata nama Airfoil (Manwell, Jon McGowan and Rogers, 2009)	18
Gambar 2.13 Airfoil Goe 549 (Muliya,2021)	19
Gambar 2.14 Airfoil K3311 (<i>Smoothed</i>) (Muliya,2021)	19
Gambar 2.15 Diagram penambahan Rugi-rugi pada Turbin Angin(Piggott, 1997)	20
Gambar 2.16 Ilustrasi Aliran pada bilah (Manwell, Jon McGowan and Rogers, 2009)	23
Gambar 2.17 Interface Q-Balde	28
Gambar 2.18 Airfoil design Q-Blade	29
Gambar 2.19 Graph Setting Q-Blade	29
Gambar 2.20 Ekstrapolasi polar	30
Gambar 2.21 Perancangan Bilah.....	30
Gambar 2.22 Grafik - Grafik BEM Simulation	31
Gambar 3.1 Peta Lentera Bumi Nusantara.....	32
Gambar 3.2 Tampilan software penyusun kata dan perhitungan angka.	33

Gambar 3.3 Tampilan software <i>Blade Element Method</i>	34
Gambar 3.4 Tampilan <i>software design</i>	35
Gambar 3.5 Flowchart.....	44
Gambar 4.1 Grafik linierisasi pada titik 75% untuk airfoil K3311 (<i>Smoothed</i>)...50	
Gambar 4.2 Grafik linierisasi pada titik 75% untuk airfoil GOE 549.....	50
Gambar 4.3 Airfoil	51
Gambar 4.4 Cl/Cd terhadap Alpha.....	51
Gambar 4.5 Geometri Bilah K3311 (<i>smoothed</i>)	52
Gambar 4.6 Geometri Bilah GOE 549	52
Gambar 4.7 <i>Coefficient Power terhadap Tip Speed Ratio</i>	53
Gambar 4.8 Power [W] terhadap Rotation [rpm].....	53
Gambar 4.9 Pembelian kayu Mahoni.....	54
Gambar 4.10 Penjemuran kayu	55
Gambar 4.11 Mal bilah GOE 549 dan K3311 (<i>Smoothed</i>).	56
Gambar 4.12 Pembuatan garis bantu	56
Gambar 4.13 Penempelan airfoil.....	56
Gambar 4.14 Pengamplasan menggunakan Mesin gerinda	57
Gambar 4.15 Pengikisan kayu menggunakan mesin ketam.....	57
Gambar 4.16 Pembuatan pangkal bilah	58
Gambar 4.17 Pelubangan menggunakan mesin	58
Gambar 4.18 Pemberian timah pada bilah	58
Gambar 4.19 Proses Balancing	59
Gambar 4.20 Pengecetan bilah.....	60
Gambar 4.21 pengujian vibrasi	61
Gambar 4.22 Hasil pengambilan data K3311 pada 17 November 2021	64
Gambar 4.23 Hasil pengambilan data K3311 pada 18 November 2021	65
Gambar 4.24 Hasil pengambilan data K3311 pada 19 November 2021	66
Gambar 4.25 Hasil pengambilan data GOE 549 pada 21 November 2021	67

Gambar 4.26 Hasil pengambilan data GOE 549 pada 22 November 2021	68
Gambar 4.27 Hasil pengambilan data GOE 549 pada 23 November 2021	69
Gambar 4.28 Daya keluaran terhadap kecepatan angin bilah K3311(smoothed). 72	
Gambar 4.29 Daya keluaran terhadap kecepatan angin bilah GOE 549	72

DAFTAR TABEL

Table 2.1 Skala Beaufort (Aji and Cahyadi, 2015)	10
Table 3.1 Data yang diperlukan untuk merancang bilah	36
Table 3.2 Tip Speed Ratio di setiap elemen	38
Table 3.3 Data yang diperlukan untuk membuat bilah	39
Table 3.4 Skema kerja PLTB lokasi pengujian bilah	43
Table 4.1 Parameter - parameter yang telah ditetapkan untuk airfoil	45
Table 4.2 Parameter Geometri untuk GOE 549	48
Table 4.3 Parameter Geometri untuk K3311(smoothed)	48
Table 4.4 Hasil pengambilan data	62