

**PERANCANGAN BILAH HORIZONTAL AXIS WIND TURBINE
(HAWT) TIPE TAPER DENGAN AIRFOIL NACA 4412 UNTUK
KINCIR ANGIN TSD 500W**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Drajat Sarjana Strata S-1
Pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta**



Disusun Oleh:

Machmud Abdul Azis Arrifa'i

20160130053

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
YOGYAKARTA**

2021

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Machmud Abdul Azis Arrifa'i

Nomor Mahasiswa : 20160130053

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir ini adalah asli dari hasil karya saya dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di Perguruan Tinggi dan pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya dalam naskah dan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 29 Januari 2021



Machmud Abdul Azis Arrifa'i

MOTTO

“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari satu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain). Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap”

(Q.S. Al-Insyirah: 6-8)

“Hidup adalah seberapa sungguh-sungguh bercerita”

(Ricky Elson)

“Segera Kerjakan, Pastikan kerjakan dengan benar, kerjakan hingga tuntas”

(Ricky Elson)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah rabbil 'alamin kupersembahkan kepada Allah SWT, atas segala rahmat dan juga kesempatan dalam menyelesaikan tugas akhir Saya dengan segala kekurangannya. Puja dan puji syukur saya ucapkan kepadaMu Ya Rabb, karena sudah menghadirkan orang-orang berarti disekeliling Saya. Yang selalu memberi semangat dan doa, sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

Karya kecil ini kupersembahkan untuk:

Orang Tua tercinta, Bapak Mahmudi dan Ibu Umi Kulsum. Apa yang saya dapatkan sekarang ini belum mampu membayar semua kebaikan, keringat, dan juga air mata buat saya. Terima kasih atas dukungan baik dalam bentuk materi maupun moril. Semoga saya bisa membuat kalian bangga kelak dengan jerih payah saya sendiri

Adikku tersayang Lailia Safitri Agustina Mahmudah, yang selalu menjadikan ingat bahwa sudah waktunya membantumu dengan kerja keras saya dan Mega Kristina yang selalu memberikan semangat, dukungan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

Keluarga Asrama Putra Jember dan Ikatan Pelajar Mahasiswa Jember di Yogyakarta, terima kasih sudah menjadi keluarga selama menempuh Pendidikan di Yogyakarta, maaf jika masih banyak salah dengan maaf yang tak terucap. Terima kasih atas supportnya.

Sahabat dan teman-teman di kampus UMY, terima kasih atas support dan dukungannya. Tanpa kalian mungkin masa kuliah saya akan menjadi biasa-biasa saja, maaf jika masih banyak salah atas tingkah laku saya pada kalian, semoga tali persaudaraan tidak terputus.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil ‘alamin, puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan segala kenikmatan, kesehatan, rahmat, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul “Perancangan Bilah *Horizontal Axis Wind Turbine* (HAWT) Tipe Taper dengan Airfoil NACA 4412 untuk Kincir Angin TSD 500 W ”. Shalawat serta salam tercurahkan kepada Nabi akhir zaman yaitu Nabi Muhammad SAW, yang telah membimbing kita dari zaman kegelapan sampai zaman terang benderang ini. Pada tugas akhir ini penulis melakukan sebuah perancangan tentang bilah turbin angin dengan menggunakan NACA 4412 dan mengetahui daya yang dihasilkan pada bilah.

Penulis sangat bersyukur karena dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang menjadi syarat untuk mencapai derajat Strata-1 pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Selain itu, penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis selama proses penyusunan tugas akhir ini.

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan serta kesalahan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak sangat diharapkan bagi penulis untuk dapat memperbaiki dan menyempurnakan penulisan lain yang akan datang.

Yogyakarta, 29 Januari 2021

Penulis



Machmud Abdul Azis Arrifa'i

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
MOTTO	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR NOTASI	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xi
INTISARI	xvi
ABSTRACT	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan Perancangan.....	3
1.5. Manfaat Perancangan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	5
2.1. Tinjauan Pustaka	5
2.2. Landasan Teori.....	7
2.2.1. Energi Angin.....	7
2.2.2. Potensi Angin di Indonesia	8
2.2.3. Pembangkit Listrik Tenaga Bayu Berskala Kecil	9
2.2.4. Bilah Turbin Angin	13
2.2.4.1. Gaya yang Bekerja pada Bilah.....	13
2.2.4.2. Jenis - jenis Bilah	15
2.2.4.3. Jumlah Bilah	17

2.2.4.4. <i>Airfoil</i>	17
2.2.4.5. <i>Airfoil</i> NACA.....	19
2.2.4.6. Material Bilah.....	19
2.2.4.7. Pembuatan Bilah Bermaterialkan Kayu.....	21
2.2.4.8. Pengeringan Kayu	21
2.2.4.9. Perancangan Bilah.....	22
2.2.4.10. Keseimbangan	26
2.2.5. <i>Software</i> yang digunakan	27
2.2.5.1. Microsoft Excel.....	27
2.2.5.2. Qblade	28
2.2.5.3. Solidworks	29
BAB III METODELOGI PERANCANGAN	30
3.1. Bahan dan Alat Pembuatan.....	30
3.1.1. Bahan Pembuatan	31
3.1.2. Alat Pembuatan.....	31
3.1.3. Tahapan Perancangan	33
3.2. Menjalankan Simulasi Menggunakan <i>Software</i> Qblade.....	34
3.3. Menentukan geometri Bilah	34
3.4. Merancang Bilah	35
3.5. Langkah Perancangan	35
3.6. Penyeimbangan Sudu	36
3.7. Prosedur Perancangan	38
3.8. Tahap Perancangan	38
3.9. Tahap Pembuatan	38
3.10. Tahap Pengujian	38
3.11. Tahap Pengambilan Data	39
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	40
4.1. Proses Desain pada Bilah	40
4.1.1. Perancangan awal Bilah.....	40

4.1.2. Penentuan Geometri Bilah	42
4.1.3. Pembuatan Desain 3D Sudu Turbin Angin.....	49
4.2. Simulasi Material Mahoni	51
4.3. <i>Manufacturing</i> Bilah	53
4.3.1. Pembuaatan Mal Bilah	53
4.3.2. Pemotongan Kayu	54
4.3.3. Pembuatan Garis bantu Kayu	54
4.3.4. Penempelan Mal <i>Airfoil</i> pada Kayu	55
4.3.5. Pengetaman pada kayu	55
4.3.6. Pengamplasan pada Kayu.....	56
4.3.7. Pengukuran menggunakan Mal <i>Airfoil</i>	56
4.3.8. Pengeboran pada Pangkal Bilah	57
4.3.9. Finishing	57
4.3.10. <i>Balancing</i> Bilah.....	58
4.4. Hasil Pengujian.....	62
4.3.1. Pengujian pada Bilah Taper	62
BAB V PENUTUP	68
5.1. Kesimpulan	68
5.2. Saran	68
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Peta potensi energi angin Indonesia (Sumber: Badan Penelitian dan Pengembangan KESDM, 2017).....	9
Gambar 2.2	Pembangkit Listrik Tenaga Bayu skala kecil (sumber: Master Information Technology)	10
Gambar 2.3	Macam-macam turbin angin (sumber : mechanicalbooster.com).....	11
Gambar 2.4	Komponen turbin angin (Permana, 2007)	11
Gambar 2.5	Kecepatan angin dan gaya yang bekerja pada bilah (sumber: Padmaja, 2013).....	13
Gambar 2.6	Kecepatan (kiri) dan gaya (kanan) yang bekerja pada bilah (sumber: Burton, 2011)	13
Gambar 2.7	Bilah Jenis Taper	15
Gambar 2.8	Bilah Jenis Taperless	16
Gambar 2.9	Bilah jenis Invers Taper	16
Gambar 2.10	Hubungan coefficient lift dengan angle of attack (sumber: piggot, 1997).....	18
Gambar 2.11	Bagian pada airfoil (sumber: Anderson, 2011).....	18
Gambar 2.12	Kayu Mahoni	20
Gambar 2.13	Langkah-langkah pembuatan bilah (sumber: Piggot, 1997) Pada buku Piggot (1997)	21
Gambar 2.14	Kurva CP terhadap TSR untuk jenis-jenis turbin angin	24
Gambar 2.15	Logo Microsoft Excel (sumber: Wikipedia).....	28
Gambar 2.16	Logo Qblade (sumber: Qbalde.org)	28

Gambar 2.17 Logo SolidWorks (Sumber: www.solidworks.com)	29
Gambar 3.1 Kayu Mahoni	30
Gambar 3.2 Mesin Gerinda.....	30
Gambar 3.3 Mesin Tam.....	31
Gambar 3.4 Laptop Lenovo	31
Gambar 3.5 Data Logger.....	32
Gambar 3.6 <i>Controller</i>	32
Gambar 3.7 Diagram Alir	33
Gambar 4.1 Hasil simulasi <i>airfoil</i> NACA di Qblade	42
Gambar 4.2 Nilai Cl/Cd dari Alpha	42
Gambar 4.3 Linerarisasi nilai <i>twist</i>	45
Gambar 4.4 Linerarisasi nilai chord.....	46
Gambar 4.5 Grafik koefisien daya terhadap TSR	47
Gambar 4.6 Grafik daya mekanik terhadap rpm	47
Gambar 4.7 Desain Bilah Taper Naca 4412.....	49
Gambar 4.8` Airfoil Bilah Taper.....	50
Gambar 4.9 Geometri pangkal bilah	50
Gambar 4.10 Kurva <i>thrust</i> terhadap RPM	51
Gambar 4.11 Hasil Simulasi Von Mises/Tegangan	52
Gambar 4.12 Hasil Simulasi Factor of Safety	52
Gambar 4.13 Proses pengeringan kayu mahoni.....	53
Gambar 4.14 Mal <i>airfoil</i>	53
Gambar 4.15 Pemotongan Kayu	54
Gambar 4.16 Pembuatan garis bantu	54
Gambar 4.17 Penempelan mal <i>airfoil</i>	55
Gambar 4.18 Pengetaman kayu.....	55
Gambar 4.19 Pengamplasan Bilah	56
Gambar 4.20 Pengukuran menggunakan mal	56

Gambar 4.21 Pengeboran pangkal Bilah.....	57
Gambar 4.22 <i>Finishing</i> Bilah.....	57
Gambar 4.23 Proses Kesetimbangan: A) Posisi bilah jika setimbang, B) Proses pengujian bilah 1	59
Gambar 4.24 Proses Kesetimbangan: C) Proses pengujian kesetimbangan bilah 3, D) Proses pengujian kesetimbangan bilah 2.....	60
Gambar 4.25 Proses <i>balancing</i> bilah	61
Gambar 4.26 Hasil Pengambilan data tanggal 20 September 2020	63
Gambar 4.27 Hasil Pengambilan data tanggal 21 September 2020	64
Gambar 4.28 Hasil Pengambilan data tanggal 22 September 2020	65

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Potensi energi angin di wilayah Indonesia (sumber: perpres No. 22/2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN).....	8
Tabel 4.1 Penentuan parameter awal bilah	40
Tabel 4.2 Parameter kedua dalam bilah taper	43
Tabel 4.3 Geometri dari bilah awal.....	43
Tabel 4.4 Geometri dari bilah yang sudah di liniarisasi	48
Tabel 4.5 Data geometri bilah taper di Qblade	49
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Bilah	62

DAFTAR NOTASI

ρ	=	massa jenis	(kg/m ³)
A	=	luas sapuan bilah	(m ²)
B	=	banyaknya bilah	Meter
c	=	lebar <i>chord</i>	Meter
C_D	=	<i>drag coefficient</i>	
C_L	=	<i>lift coefficient</i>	
C_m	=	<i>torque coefficient</i>	
C_p	=	<i>coefficient of performance</i>	
C_r	=	lebar <i>chord</i>	Meter
D	=	gaya hambat / <i>drag</i>	
E_k	=	energi kinetik	Joule
F_x	=	gaya dorong / <i>thrust</i>	
F_θ	=	gaya tangensial bilah	
I	=	arus	ampere
L	=	gaya angkat / <i>lift</i>	N
m	=	massa	kg
P	=	daya	Watt
Q	=	torsi	N.m
R	=	jari-jari bilah	Meter
r	=	jari-jari parsial	Meter
T	=	torsi	N.m
t	=	durasi waktu	Second
U	=	kecepatan angin	m/s
v	=	kecepatan angin	m/s
ν	=	viskositas kinematik	Kg/m ³
V	=	volume	m ³
V	=	tegangan	Volt
W	=	kecepatan angin relatif	m/s
W_a	=	daya angin	Watt
W_e	=	daya listrik	Watt
α	=	<i>angle of attack</i>	Derajat
β	=	<i>twist</i>	Derajat
Φ	=	<i>flow angle</i>	Derajat
η	=	efisiensi	%
λ	=	<i>tip speed ratio</i>	TSR
λ_r	=	<i>tip speed ratio</i> parsial	TSR
σ_r	=	<i>rotor solidity</i>	%
ω	=	kecepatan sudut	Rad/s

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Kordinart Airfoil.....	72
Lampiran 2 : Desain Bilah	73
Lampiran 3 : Bilah yang sudah jadi	74
Lampiran 4 : Pemasangan bilah di tower	75
Lampiran 5 : Spesiffikasi Turbine Sky Dancer (TSD)	76