

**TUGAS AKHIR**

**RANCANG BANGUN TURBIN ANGIN**  
**SUMBU VERTIKAL *MIKRO WIND ENERGY***  
**SKALA RUMAH TANGGA**



**Disusun :**

**PURWANTO EKO NUGROHO**

**NIM : D200060068**

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**  
**MARET 2011**

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:  
**Rancang Bangun Turbin Angin Sumbu Vertikal *Mikro Wind Energy***  
**Skala Rumah Tangga** yang dibuat untuk memenuhi sebagai syarat memperoleh derajat sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di lingkungan Universitas Muhammadiyah Surakarta atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya saya cantumkan sebagai mana mestinya.

Surakarta, Februari 2011

Yang menyatakan,

Purwanto Eko Nugroho

## HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas akhir yang berjudul "**Rancang Bangun Turbin Angin Sumbu Vertikal Mikro Wind Energy Skala Rumah Tangga**", telah disetujui oleh pembimbing dan diterima untuk memenuhi sebagai persyaratan memperoleh derajat sarjana S1 pada Jurusan Teknik mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

Dipersiapkan oleh :

Nama : **PURWANTO EKO NUGROHO**

NIM : **D200.06.0068**

Disetujui pada :

Hari :

Tanggal :

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

Ir, Sartono Putro. MT

Nur Aklis, ST

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir berjudul “**Rancang Bangun Turbin Angin Sumbu Vertikal Mikro Wind Energy Skala Rumah Tangga**”, telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan telah dinyatakan sah untuk memenuhi sebagai syarat memperoleh gelar sarjana S1 pada pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : **PURWANTO EKO NUGROHO**

NIM : **D200.06.0068**

Disahkan pada :

Hari :

Tanggal :

Tim Penguji :

Ketua : Ir. Sartono Putro, MT : .....

Anggota 1 : Ir. Subroto, MT : .....

Anggota 2 : Nur Akliis, ST : .....

Dekan,

Ketua Jurusan,

Ir, Agus Riyanto, MT.

Ir, Sartono Putro, MT.

# **RANCANG BANGUN TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL MIKRO WIND ENERGY SKALA RUMAH TANGGA**

**Purwanto Eko Nugroho, Sartono Putro, Nur Aklis**

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. Ahmad Yani Pabelan Kartasura, tromol pos 1 telp (0271) 715448

Email : purwantoen@yahoo.co.id

## **ABSTRAKSI**

*Makin berkurangnya ketersediaan sumber daya energi fosil sebagai pembangkit listrik, serta makin meningkatnya kesadaran akan usaha untuk melestarikan lingkungan, menyebabkan kita harus berfikir untuk mencari alternatif penyediaan energi listrik yang ramah lingkungan. Salah satu energi yang bisa menjadi alternatif adalah energi angin. Tenaga angin bisa dimanfaatkan untuk pembangkit energi listrik dengan menggunakan alat berupa turbin angin. Turbin angin yang dibuat adalah Mikro Wind Energy yang secara khusus diartikan turbin angin yang memerlukan dorongan tenaga angin kecil. Alat ini didesain untuk skala rumah tangga, dalam artian murah dalam pembuatan dan pengoperasian, sehingga dapat dijangkau oleh masyarakat. Dimulai dengan mendapatkan desain dan konstruksi turbin angin, menguji performa turbin angin terhadap faktor kecepatan angin, dan menguji efisiensi turbin angin terhadap pembebanan kelistrikan. Terdapat batasan masalah diberikan, seperti tipe turbin angin adalah VAWT (Vertical Axis Wind Turbine), turbin angin menggunakan empat bilah sudu, dan penggunaan NACA 0016-Mod pada pembentukan Airfoilnya, dan pengujian dilakukan terhadap faktor kecepatan angin.*

*Sebelum melakukan perancangan terlebih dahulu melakukan perhitungan untuk menentukan spesifikasi turbin angin secara teoritik. Desain perancangan termasuk pemilihan Airfoil NACA, modifikasi sudu dan penggambaran detail dilakukan sebelum proses pembuatan turbin angin. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kerja prestasi turbin.*

*Pada pengujian turbin angin Mikro Wind Energy didapatkan sudut optimal sudu turbin angin adalah  $10^{\circ}$ . Turbin angin mampu berputar pada kecepatan range angin  $>0,8$  m/s. Turbin angin tanpa pembebanan mampu berputar dengan kecepatan 238 rpm, dan dengan pembebanan sebesar 226 rpm pada kecepatan angin 3,8 m/s. Turbin angin dengan panghasil listrik Alternator mampu mengeluarkan arus sebesar 3,4 ampere dengan voltase 12 Volt DC, saat kecepatan angin  $>3$ m/s.*

**Kata Kunci : Mikro Wind Energy, VAWT, NACA 0016-Mod.**

## MOTTO

Berambisilah.

Sesungguhnya,  
ambisimu menentukan ketinggianmu.

Perbaikilah pengertian umum  
yang salah mengenai ambisi.

Orang yang membenci ambisi  
adalah mereka yang merasa  
terlukai dan direndahkan oleh  
ambisi orang lain.

Maka pastikanlah ambisimu,  
yaitu kerinduanmu untuk menjadi  
pribadi besar yang berwenang  
memajukan kebaikan bagi  
sesamamu dan alam,  
menjadikanmu pribadi yang  
santun dan penuh kasih.

(Mario Teguh “Ambisi”)

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alikum. Wr. Wb*

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan ridho-Nya sehingga Laporan Tugas Akhir ini bisa cepat terselesaikan. Sholawat serta salam senantiasa tetap tercurahkan pada junjungan kita Nabi Muhammad SAW.

Dalam memasuki Era Industrialisasi, pencapaiannya sangat ditentukan oleh penguasaan teknologi. Karena teknologi adalah mesin penggerak pertumbuhan melalui industri. Oleh sebab itu, tepat momentumnya jika kita merenungkan masalah teknologi, menginventarisasi yang kita miliki, memperkirakan apa yang ingin kita capai dan bagaimana caranya memperoleh teknologi yang kita perlukan itu, serta mengamati betapa besar dampaknya terhadap transformasi budaya kita.

Ada berbagai pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian dan penulisan laporan ini. Untuk itu perkenankanlah penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Ir. Sartono Putro, MT, selaku pembimbing utama.
2. Nur Aklis, ST. Selaku pembimbing pendamping.
3. *Recognition And Mentoring Program (RAMP)* Institut Pertanian Bogor, yang telah memberikan pelatihan dan pembiayaan.
5. Ayah dan Ibu yang selalu memberikan motivasi.
6. I-Con (*Industries Connectivity*) yang memberikan pelajaran desain.
7. Rekan-rekan dari Institut Teknologi Bandung, yang memberikan motivasi.
7. Adik Rona Marisca Tanjung, yang selaku memberikan dukungan dan semangat.
8. Rekan-rekan seperjuangan yang selalu memberikan dukungan.

Dalam penelitian dan penulisan laporan ini penulis menyadari bahwa hasil laporan yang penulis kemukakan masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca akan penulis terima dengan senang hati. Selain itu penulis juga berharap dengan adanya laporan ini bisa membantu memberikan tambahan pengetahuan dan motivasi untuk pembaca pada umumnya dan penulis khususnya guna meningkatkan pengetahuan di Indonesia.

*Wassalamu'alaikum. Wr. Wb.*

Surakarta, Maret 2011

Penulis



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI .....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR .....	v
MOTTO.....	vi
ABSTRAKSI.....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xv
DAFTAR SIMBOL.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.1 Latar Belakang .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.2 Perumusan Masalah.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.3 Tujuan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.4 Manfaat.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.5 Batasan Masalah.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.6 Sistematika Penulisan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1 Studi Literatur .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2 Teori Penunjang .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2.1 Definisi Energi Angin .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2.2 Turbin Angin .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2.3 Jenis Turbin Angin .....	15
2.2.4 Sistem Konversi Energi Angin (SKEA).....	22
2.2.5 Pertimbangan Gaya Aerodinamik .....	29
2.2.6 Teori NACA.....	33
2.2.7 Teori Perancangan Rotor.....	35
2.3 Alternator .....	44
BAB III METODE PERANCANGAN DAN PENGUJIAN .....	52
3.1 Metode Penelitian .....	52
3.2 Tahapan Penelitian.....	52
3.3. Menentukan Spesifikasi Turbin Angin .....	54
3.3.1 Menentukan Kecepatan Angin Nominal .....	54

3.3.2 Pemilihan Diameter Rotor, Koefisien Rotor Dan <i>Tip Speed Ratio</i> .....	54
3.3.3 Daya Mekanik Total Yang Terkandung Dalam Angin Yang Melalui Suatu Penampang .....	55
3.3.4 Perhitungan Daya Mekanik Turbin Pada Suatu Penampang .....	55
3.3.5 Perhitungan Putaran Rotor .....	55
3.3.6 Perhitungan Daya Rotor .....	56
3.3.7 Perhitungan Kecepatan Sudut Rotor .....	56
3.3.10 Perhitungan Torsi Rotor .....	56
3.4 Menentukan Profil Airfoil .....	57
3.5 Pemilihan Bentuk Sudu .....	58
3.6 Perancangan Geometri Sudu .....	58
3.7 Metode Perancangan .....	61
3.8 Desain Perancangan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.9 Perancangan Dan Pembuatan Komponen Turbin .....	62
3.9.1 <i>Blade Arm</i> (Lengan Sudu) .....	62
3.9.2 <i>Bearing House</i> (Rumah Bearing) .....	62
3.9.3 <i>Central Buffer</i> Penyangga Rumah Bearing .....	63
3.9.4 <i>Gear Bushing</i> .....	63
3.9.5 Gear .....	63
3.9.6 <i>Central Axis</i> (Penyangga Tengah) .....	63
3.9.7 <i>Reel Buffer</i> (Dudukan Turbin Angin) .....	64
3.9.8 Alternator .....	64
3.9.9 Perakitan Komponen Turbin .....	64
3.10 Mekanisme Pengujian Turbin Angin .....	64
3.11 Tahapan Pengujian .....	65
3.11.1 Metode Pengujian .....	66
3.11.2 Pengujian Kecepatan Angin .....	67
3.11.3 Pengujian Prestasi Turbin Angin Skala LAB .....	67
3.11.4 Pengujian Turbin Angin Tanpa Pembebanan Di Ketinggian 92 m DPL .....	68
3.11.5 Pengujian Turbin Angin Tanpa Pembebanan Di Ketinggian 0 m DPL .....	68
3.11.6 Pengujian Turbin Angin Dengan Pembebanan Di Ketinggian 0 m DPL .....	69

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	70
4.1 Spesifikasi Turbin Angin .....	70
4.2 Hasil Rancangan Desain .....	71
4.3 Analisis Kecepatan Sudu.....	72
4.3.1 Kecepatan pada sudu 1: .....	72
4.3.2 Kecepatan pada sudu 2 .....	73
4.3.3 Kecepatan pada sudu 3 .....	74
4.3.4 Kecepatan pada sudu 4 .....	74
4.3.5 Kecepatan sudu pada sudut $-10^{\circ}$ : .....	75
4.3.6 Kecepatan sudu pada sudut $0^{\circ}$ : .....	76
4.3.7 Kecepatan sudu pada sudut $10^{\circ}$ : .....	76
4.4 Analisis Pengukuran Kecepatan Angin Di Lokasi Pengujian. ..	77
4.5 Hasil Pengujian prestasi turbin angin skala LAB dengan variasi sudut sudu. ....	79
4.6 Hasil Pengujian Tanpa Pembebanan Di Ketinggian 92 m Di Atas Permukaan Air Laut. ....	80
4.7 Hasil Pengujian Tanpa Pembebanan Di Ketinggian 0 m Di Atas Permukaan Air Laut. ....	80
4.8 Hasil Pengujian Dengan Pembebanan Di Ketinggian 0m Di Atas Permukaan Air Laut.....	81
4.9 Perbandingan Hasil Kecepatan Turbin Terhadap Faktor Kecepatan Angin Pada Pengujian Pembebanan Dan Tanpa Pembebanan Turbin Angin Di Ketinggian 0m Di Atas Permukaan Air Laut.....	83
4.10 Perbandingan Hasil Kecepatan Putar Turbin Terhadap Faktor Kecepatan Angin Pada Pengujian Tanpa Pembebanan Di Ketinggian 92 m Dan 0 m DPL.....	84
4.11 Hasil Keluaran Daya Alternator .....	85
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	 87
5.1 Kesimpulan.....	87
5.2 Saran.....	87

DAFTAR PUSTAKA  
LAMPIRAN-LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Foto Satelit Gerakan Angin	9
Gambar 2.2. Peta energi angin di Indonesia	10
Gambar 2.3. Sketsa Sederhana Kincir Angin	13
Gambar 2.4. Torsi Rotor Untuk Berbagai Jenis Turbin Angin	14
Gambar 2.5. Berbagai Jenis Turbin Angin	15
Gambar 2.6. Turbin Angin Jenis <i>Upwind</i> Dan <i>Downwind</i>	17
Gambar 2.8. Perubahan Penampang Aliran Udara	25
Gambar 2.9. Koefisien Daya Terhadap Rasio Kecepatan Aliran Udara	29
Gambar 2.10. Efisiensi Aerodinamik Pelat Datar	31
Gambar 2.11. Efisiensi Aerodinamik Berbagai Airfoil Untuk Bilangan Reynold $10^5$	31
Gambar 2.12. Gaya Aerodinamik Yang Dialami Sudu Ketika Dilalui Aliran Udara	33
Gambar 2.13. Naca Airfoil Seri “empat angka”	34
Gambar 2.14. Airfoil NACA Simetris	35
Gambar 2.15. Nilai Koefisien Daya Dan Tip Speed Ratio Untuk Berbagai Turbin Angin	37
Gambar 2.17. Elemen Kecepatan Yang Terjadi Pada Blade	39
Gambar 2.18. Gaya-Gaya Yang Terjadi Pada Blade	40
Gambar 2.19. Kondisi Kecepatan Dan Gaya Yang Terjadi Pada Sudu	41
Gambar 2.20. Fenomena <i>Stall</i> Pada Kondisi Angin Dan Sudut Pitch Tertentu Menyebabkan Separasi Aliran Udara	42
Gambar 2.21. Alternator	46
Gambar 2.22. Rangkaian Sistem Pengisian Pada Alternator	46
Gambar 2.23. Identitas Terminal Pada Alternator	47
Gambar 2.24. Bagian Dalam Alternator	47
Gambar 2.25. <i>Carbon Brush</i>	48
Gambar 2.26. <i>IC Regulator</i>	49
Gambar 2.27. <i>Diode Rectifier</i>	49
Gambar 2.28. Rangkaian Rotor	50
Gambar 3.1. Diagram Alir Metode Penelitian	53
Gambar 3.2. Airfoil NACA 0016 Mod	57
Gambar 3.3. Potongan Airfoil NACA 0016 Mod	57
Gambar 3.4. Airfoil NACA 0016 Yang Telah Dimodifikasi Dengan <i>AutoCAD</i>	59
Gambar 3.5. Airfoil NACA 0016 Mod. Penggambaran Modifikasi Dengan <i>Solidwork</i>	59
Gambar 3.6. Sudu Turbin Penggambaran Dengan <i>Solidwork</i>	60
Gambar 3.7. Diagram Alir Metode Perancangan	61
Gambar 3.8. Diagram Alir Pengujian	66
Gambar 3.9. Anemometer Jenis <i>Holdpeak</i> Yang Dipakai	67
Gambar 4.1. Rancangan Turbin Angin	71
Gambar 4.2. Segitiga Kecepatan Pada Semua Sudu	72

Gambar 4.3. Kecepatan Pada Sudu 1 .....	72
Gambar 4.4. Kecepatan Pada Sudu 2 .....	73
Gambar 4.5. Kecepatan Pada Sudu 3 .....	74
Gambar 4.6. Kecepatan Pada Sudu 4 .....	74
Gambar 4.7. Kecepatan Pada Sudut $-10^{\circ}$ .....	75
Gambar 4.8. Kecepatan Pada Sudut $0^{\circ}$ .....	76
Gambar 4.9. Kecepatan Pada Sudut $10^{\circ}$ .....	76
Gambar 4.10. Grafik Pengaruh Sudu Terhadap Putaran Kincir .....	79
Gambar 4.11. Grafik Hubungan Kecepatan Angin Dengan Kecepatan Putar Turbin Tanpa Pembebanan (Ketinggian 92 m DPI)	80
Gambar 4.12. Grafik Hubungan Kecepatan Angin Dengan Kecepatan Putar Turbin Tanpa Pembebanan (Ketinggian 0 m DPI) ..	81
Gambar 4.13. Grafik Hubungan Kecepatan Angin Dengan Kecepatan Putar Turbin Dengan Pembebanan (Ketinggian 0 m DPI)	82
Gambar 4.14. Grafik Hubungan Kecepatan Angin Dengan Kecepatan Putar Turbin Tanpa Pembebanan Dan Dengan Pembebanan (Ketinggian 0 m DPI) .....	83
Gambar 4.15. Grafik Hubungan Kecepatan Angin Dengan Kecepatan Putar Turbin Tanpa Pembebanan Di Ketinggian 92m DPL Dan 0m DPL .....	84
Gambar 4.16. Grafik Hubungan Kecepatan Angin Dengan Arus Keluar Alternator .....	85

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Kondisi Angin.....	11
Tabel 4.1. Spesifikasi Turbin Angin Teoritik.....	70
Tabel 4.2. Kecepatan Angin Pada Ketinggian 0 m Di Atas Permukaan Air Laut.....	77