

TUGAS AKHIR

**Studi Kinerja Turbin Angin Sumbu Horizontal
NACA 4412 Dengan Modifikasi Sudu Tipe Flat
Pada Variasi Sudut Kemiringan 0° , 10° , 15°**



**Disusun Sebagai Syarat Untuk Mencapai Gelar Sarjana Teknik
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta**

Disusun oleh :

**MARET ENGGAR PRASETYA
D 200 110 077**

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2015**

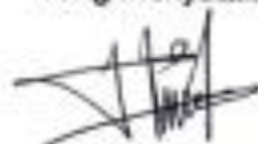
PERNYATAAN KEASLIAN TOPIK TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa usulan judul tugas akhir.

**Studi Kinerja Turbin Angin Sumbu Horizontal NACA 4412
dengan Modifikasi Sudu Tipe Flat Pada Variasi Sudut
Kemiringan 0° , 10° , 15°**

Yang saya ajukan pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, sejauh saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Muhammadiyah Surakarta atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya saya cantumkan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 20 Februari 2015
Yang menyatakan,



Maret Enggar Prasetya

HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir berjudul “ **Studi Kinerja Turbin Angin Sumbu Horizontal NACA 4412 dengan Modifikasi Sudu Tipe Flat Pada Variasi Sudut Kemiringan 0°, 10°, 15°** ”, telah disetujui Pembimbing dan diterima sebagai syarat memperoleh gelar sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh:

Nama : **MARET ENGGAR PRASETYA**

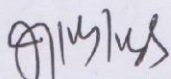
NIM : **D. 200 110 077**

Disetujui pada

Hari : *Selasa*

Tanggal : *17 Maret 2015*

Pembimbing Utama


Nur Aklis, ST., M.Eng

Pembimbing Pendamping


Nurmuntaha A.N, ST.,Pg.Dip

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir berjudul : "Studi Kinerja Turbin Angin Sumbu Horisontal NACA 4412 dengan Modifikasi Sudu Tipe Flat Pada Variasi Sudut Kemiringan $0^{\circ}, 10^{\circ}, 15^{\circ}$ " telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan telah dinyatakan sah untuk memenuhi syarat memperoleh gelar sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : MARET ENGGAR PRASETYA

NIM : D 200 110 077

Disahkan pada :

Hari : Sabtu

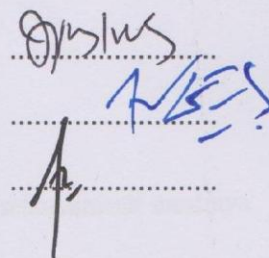
Tanggal : 14 November 2015

Tim Penguji :

Ketua : Nur Aklis, ST., M.Eng

Anggota 1 : Nurmuntaha A.N, ST., Pg.Dip

Anggota 2 : Amin Sulistyanto, ST

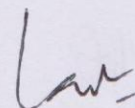




Dekan

Ir. Sri Sunarjono, MT., Ph.D

Ketua Jurusan



Tri Widodo Besar R, ST., M.Sc., Ph.D

LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Berdasarkan surat Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta
66/A.3-II/TM/TA/III/2015.

Nomor Tanggal 17 Maret 2015

dengan ini :

Nama : Nur Aklis, ST, M.Eng.
Pangkat/Jabatan : Asisten Ahli
Kedudukan : Pembimbing Utama / Pembimbing Kedua *)
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

memberikan Soal Tugas Akhir kepada mahasiswa :

Nama : Maret Enggar Prasetya
Nomor Induk : D 200 110 077
NIRM : -
Jurusan/Semester : Teknik Mesin / Akhir
Judul/Topik : STUDI KINERJA TURBIN ANGIN SUMBU HORIZONTAL NACA 4412 DENGAN MODIFIKASI
SUDU TIPE FLAT PADA VARIASI SUDUT KEMIRINGAN 0° , 15° , 30° .
Rincian Soal/Tugas :
- DESAIN DAN PEMBUATAN
- PENGUJIAN TANPA BEBAN DAN PEMBEBANAN

Demikian soal tugas akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 17 Maret 2015

Pembimbing

Nur Aklis, ST, M.Eng.

Cc. : Marwan Effendy, ST, MT, Ph.D.
Lektor Kepala

Keterangan :

*) Coret salah satu

1. Warna biru untuk Kajur

2. Warna kuning untuk Pembimbing I

3. Warna merah untuk Pembimbing II

4. Warna putih untuk mahasiswa

MOTTO

*“ Barang siapa yang menginginkan kebahagiaan di dunia,
haruslah dengan ilmu
Barang siapa yang menginginkan kebahagiaan di akhirat,
haruslah dengan ilmu
Dan barang siapa yang menginginkan kebahagiaan dunia
akhirat, juga harus dengan ilmu ”*

(Al-Hadist)

*“ Janganlah kamu mencari ilmu karena 3 hal :
Untuk berdebat, untuk dibanggakan, karena pamrih.
dan jangan pula kamu meninggalkannya karena 3 hal :
Karena malu mencarinya, karena zuhud (menjauh) darinya,
karena rela untuk tidak mengetahuinya.”*

(Umar Ibn Al Khattab)

*“ Jangan berhenti melantunkan kebaikan ke sesama “
(Ir. Pramuko)*

*“ Nglakokne barang kang ono supoyo biso tumoto “
(Sastra Jawa)*

“ Sekarang atau tidak sama sekali ”

ABSTRAKSI

Turbin Angin adalah alat yang digunakan untuk mengkonversi energi angin menjadi energi listrik melalui sudu turbin yang kemudian diteruskan ke generator. Dimensi, sudut serang, maupun material yang digunakan sering kali dimodifikasi oleh para peneliti untuk mendapatkan efisiensi optimum. Dalam penelitian ini modifikasi dilakukan pada sudu turbin dengan material plat besi dengan tebal 3mm. Sudu didesain dengan tipe Flat berdasarkan profil NACA 4412 (*National Advisory Committee for Aeronautics*) pada variasi sudut kemiringan 0° , 10° , 15° .

Proses pembuatan turbin angin diawali dengan mendesain turbin pada software AutoCAD dan SolidWorks. Setelah itu dilanjutkan dengan proses pemindahan desain ke plat besi dengan tebal 3mm yang selanjutnya dilakukan proses *shearing* sesuai dengan bentuk sudu. Setelah didapatkan bentuk sudu kemudian dilanjutkan proses bending sesuai dengan sudut yang sudah didapatkan dari profil NACA 4412. Proses yang tak kalah penting yaitu proses balancing sudu dengan cara menimbang sudu agar didapatkan berat sudu ketiga-tiganya sama. Proses terakhir yaitu proses pengecekan dengan memasang seluruh instalasi turbin angin dan mencobanya sebelum pengujian di alam.

Pada pengujian turbin angin kali ini dilakukan di alam pada ketinggian 8 meter dan variasi sudut kemiringan 0° , 10° , 15° . Pengambilan data meliputi kecepatan angin, daya, energi dan juga Rpm dilakukan selama 2 jam pada masing – masing sudut kemiringan.

Dari hasil pengujian didapatkan hasil bahwa Rpm tertinggi yang didapat saat pengujian dengan pembebanan yaitu sebesar 587 Rpm, pada kemiringan sudut 15° . Sedangkan Rpm terendah yaitu sebesar 127,3 Rpm pada pengukuran sudut 10° . Untuk akumulasi energi terbesar didapatkan pada kemiringan sudut 15° yaitu sebesar 51,85 watt.jam. Sedangkan untuk akumulasi energi paling sedikit yaitu pada kemiringan sudut 10° yaitu sebesar 14,96 watt.jam. Sedangkan efisiensi terbesar didapatkan pada pengujian dengan kemiringan sudut 15° , yaitu sebesar 4,44%. Sedangkan nilai efisiensi terkecil didapatkan pada pengujian dengan kemiringan sudut 0° , yaitu sebesar 4,16%.

Kata Kunci : turbin angin, sudu, NACA, *flat*, efisiensi

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat, hidayah, dan inayahNya kepada kita semua, tak lupa sholawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang telah membawa kita dari jaman jahiliyyah ke jaman terang benderang seperti saat ini. Alhamdulillahirabbil 'aalamin penulis dapat menyelesaikan tugas sarjana berjudul "Studi Kinerja Turbin Angin Sumbu Horizontal NACA 4412 dengan modifikasi sudu tipe flat pada variasi sudut kemiringan 0° , 10° , 15° ". Tugas ini disusun sebagai salah satu syarat kelulusan di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Banyak hambatan dan rintangan yang penulis hadapi dalam penulisan tugas sarjana ini. Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sedalam-dalamnya pada berbagai pihak yang telah banyak membantu serta memberikan dukungan baik secara langsung maupun tidak sehingga penulis tetap istiqomah hingga laporan ini dapat terselesaikan, yaitu kepada :

1. Kedua orang tua tersayang, Samidi dan Sunarmi, yang senantiasa mendoakan yang terbaik untuk kami putra-putranya, sehingga kami bisa sampai saat ini.
2. Kakak tercinta, Septian Nugroho, yang senantiasa mengajarkan arti sebuah perjuangan hidup sehingga penulis mampu istiqomah sampai saat ini.
3. Nur Aklis, ST., M.Eng dan Nurmuntaha A.N, ST., Pg.Dip, selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan arahan dan masukan-masukan yang sangat bermanfaat bagi terselesaikannya tugas ini.
4. Tri Widodo Besar, Phd, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin.
5. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Mesin yang senantiasa meluangkan waktu untuk diajak berdiskusi.

6. Mas Topo, Mas Eko, selaku staff Jurusan Teknik Mesin yang selalu membantu mengurus masalah administrasi.
7. Keluarga Mahasiswa Teknik Mesin (KMTM), yang telah memberikan banyak pengalaman sehingga penulis dapat menjadi seperti saat ini.
8. Teman-teman seperjuangan 2011, yang telah 4 tahun berjuang bersama baik suka maupun duka.
9. Teman-teman Gumpang, Toriq, Punto, Domo, Aziz, Alif, yang telah mengajari arti sebuah kebersamaan.
10. Teman 1 kelompok tugas akhir, Andi, Toriq, yang telah sama-sama berjuang menyelesaikan tugas akhir ini.
11. Senior-senior di PLTH Pandansimo, yang telah memberikan kesempatan kami untuk belajar banyak disana.
12. Serta seluruh pihak lain yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu, yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini.

Semoga Allah SWT selalu memberikan rahmat-Nya yang berlimpah serta membalas amal baik dan segala bantuan yang telah diberikan kepada penulis.

Penulis juga menyadari bahwa masih banyak kesalahan dan kekurangan dalam penulisan tugas akhir ini. Maka dari itu, dengan rendah hati penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang bersifat membangun guna hasil yang lebih baik kedepannya. Harapan terakhir dari penulis, semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi diri sendiri maupun orang lain terutama para pembaca sekalian.

Surakarta, 7 November 2015

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	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR SIMBOL	xv
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Masalah	4
1.6 Sistematikan Penulisan	5
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	 8
2.1 Studi Literatur	8
2.2 Teori Penunjang	9
2.2.1 Asal Energi Angin	11
2.2.2 Turbin Angin	12
2.2.3 Jenis Turbin Angin	16
2.2.4 Konsep Dasar (SKEA)	23
2.2.5 Teori Momentum Elementer Betz	25

2.2.6 Pertimbangan Gaya Aerodinamika	31
2.2.7 Teori NACA	35
2.2.8 Teori Perancangan Sudu	37
BAB III METODE PENELITIAN	40
3.1 Diagram Alir Penelitian	40
3.1.1 Studi Pustakan dan Literatur	41
3.1.2 Perancangan dan desain	41
3.2 Pembuatan Turbin Angin	49
3.3 Pengujian Turbin Angin	50
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	54
4.1 Spesifikasi Turbin Angin	54
4.2 Data Hasil Pengujian	54
BAB V PENUTUP	62
5.1 Kesimpulan	62
5.2 Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN-LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Foto satelit gerakan angin di Indonesia	10
Gambar 2.2 Sketsa Sederhana Kincir Angin	13
Gambar 2.3 Torsi rotor untuk berbagai jenis turbin angin	14
Gambar 2.4 Berbagai jenis turbin angin	16
Gambar 2.5 Turbin angin jenis <i>upwind</i> dan <i>downwind</i>	18
Gambar 2.6 Varian turbin angin sumbu vertical	22
Gambar 2.7 Perubahan penampang aliran udara	26
Gambar 2.8 Koefisien daya terhadap rasio kecepatan aliran udara	30
Gambar 2.9 Efisiensi aerodinamik	32
Gambar 2.10 Gaya aerodinamik, Gaya rotor, dan Momen yang dialami sudu ketika dilalui aliran udara.....	34
Gambar 2.11 NACA Airfoil seri “empat angka”	36
Gambar 2.12 Airfoil NACA simetris	36
Gambar 2.13 Nilai koefisien daya dan <i>tip speed ratio</i> untuk berbagai turbin angin	39
Gambar 3.1 Profil NACA 4412 modifikasi	44
Gambar 3.2 Yaw Mechanism	45
Gambar 3.3 Sudu NACA 4412 modifikasi	46
Gambar 3.4 Flange	46
Gambar 3.5 Batang Sudu	47
Gambar 3.6 Ekor	48
Gambar 3.7 Dudukan Generator	48
Gambar 3.8 Instalasi Pengujian Turbin Angin	50
Gambar 3.9 Skema Pengujian tanpa pembebanan	52
Gambar 3.10 Skema Pengujian dengan pembebanan	53
Gambar 4.1 Grafik hubungan antara Kecepatan angin dengan Daya pada sudut 0°	56
Gambar 4.2 Grafik hubungan antara Kecepatan angin dengan Rpm tanpa pembebanan pada sudut 0°	56

Gambar 4.3 Grafik hubungan antara Kecepatan angin dengan Daya pada sudut 10°	58
Gambar 4.4 Grafik hubungan antara Kecepatan angin dengan Rpm tanpa pembebanan pada sudut 10°	58
Gambar 4.5 Grafik hubungan antara Kecepatan angin dengan Daya pada sudut 15°	60
Gambar 4.6 Grafik hubungan antara Kecepatan angin dengan Rpm tanpa pembebanan pada sudut 15°	60
Gambar 4.7 Energi Total yang dihasilkan pada berbagai variasi sudut	61

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kondisi Angin	12
Tabel 3.1 Daya teoritis keluaran turbin angin pada variasi kecepatan angin	43
Tabel 4.1 Data Pengujian sudut 0°	55
Tabel 4.2 Data Pengujian sudut 10°	57
Tabel 4.3 Data Pengujian sudut 15°	59

DAFTAR SIMBOL

E	Energi	(Joule)
m	Massa angin	(kg)
v	Kecepatan angin	(m/s)
V	Volume	(m ³ /s)
A	Luas sapuan	(m ²)
P	Daya Mekanik	(Watt)
P_0	Daya yang melewati rotor	(Watt)
F	Gaya	(N)
ρ	Densitas udara	(ρ rata-rata = 1.2 kg/m ³)
P_T	Daya mekanik turbin	(Watt)
F	Gaya	(Newton)
C_p	Koefisien daya turbin	
λ	<i>Tip Speed Ratio</i>	
D	Diameter	(m)
n	Putaran	(rpm)
C	lebar sudu (<i>chord</i>)	(m)
r	jarak dari pusat rotasi	(m)
B	jumlah sudu	
R	jari-jari rotor	(m)