

**DESAIN TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL
TIPE H-ROTOR KAPASITAS 1 kW
DI PANTAI SUWUK KEBUMEN**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik



Oleh :

ACHMAD GUSTIANTONO

NIM. I0411001

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2016**



SURAT TUGAS PEMBIMBING DAN PENGUJI TUGAS AKHIR
PROGRAM SARJANA TEKNIK MESIN UNS
Program Studi : **S1 Teknik Mesin**
Nomor : **0611/TA/S1/05/2015**

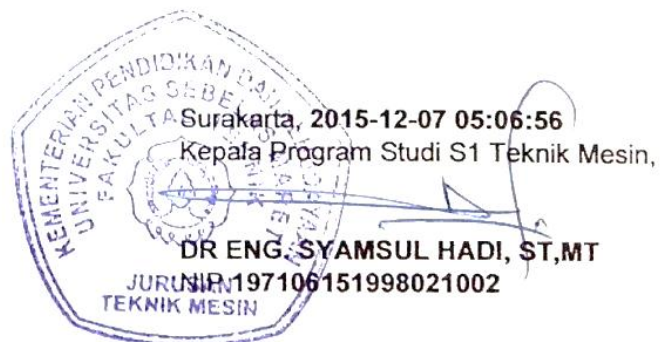
Nama : **ACHMAD GUSTIANTONO**
NIM : **10411001**
Bidang : **Konversi Energi**
Pembimbing 1 : **D. DANARDONO, ST, MT, PhD/196905141999031001**
Pembimbing 2 : **DR ENG. SYAMSUL HADI, ST,MT/197106151998021002**
Penguji : **1. EKO PRASETYO B., ST,MT/ 197109261999031002**
2. Indri Yaningsih, S.T.,M.T/ 198607042012122004
3. Prof. Dr. DWI ARIES HIMAWANTO, ST, MT/
197403262000031001

Mata Kuliah Pendukung

1. **GENERATOR UAP DAN GAS(MS06083-10)**
2. **POMPA DAN KOMPRESOR(MS06103-10)**
3. **MESIN KONVERSI ENERGI(MS76023-10)**

Judul Tugas Akhir

**"DESAIN TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL TIPE
H-ROTOR KAPASITAS 1kW DI PANTAI SUWUK
KEBUMEN"**



Tembusan:

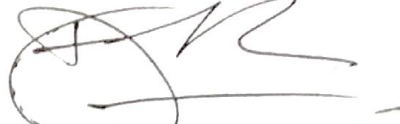
1. Mahasiswa ybs.
2. Dosen Pembimbing TA ybs.
3. Koordinator TA.
4. Arsip.

**DESAIN TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL TIPE H-ROTOR KAPASITAS 1kW
DI PANTAI SUWUK KEBUMEN**

Disusun Oleh

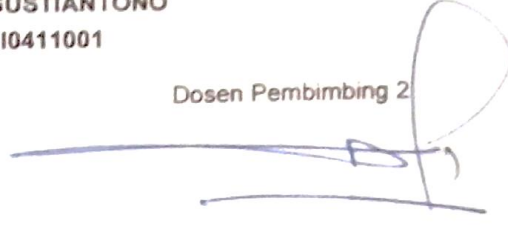
ACHMAD GUSTIANTONO
NIM : 10411001

Dosen Pembimbing 1



D. DANARDONO, ST, MT, PhD
NIP. 196905141999031001


Dosen Pembimbing 2

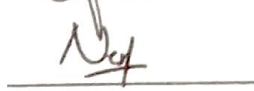


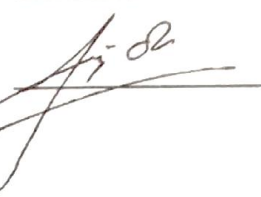
DR. ENG. SYAMSUL HADI, ST, MT
NIP. 197106151998021002

Telah dipertahankan di depan Tim Dosen Penguji pada tanggal **13-01-2016**, pukul **08:00:00**, bertempat di **M.101, Gd.1 FT-UNS**.

1. EKO PRASETYO B., ST, MT
197109261999031002
2. Indri Yaningsih, S.T., M.T
198607042012122004
3. Prof. Dr. DWI ARIES HIMAWANTO, ST, MT
197403262000031001





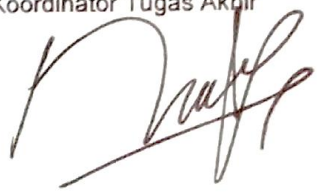


Kepala Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret
Surakarta



DR. ENG. SYAMSUL HADI, ST, MT
NIP. 197106151998021002

Koordinator Tugas Akhir

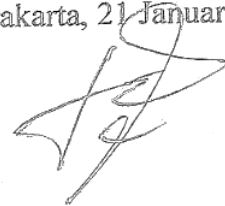


DR. NURUL MUHAYAT, ST, MT
NIP. 197003231998021001

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka. Jika terdapat hal-hal yang tidak sesuai dengan ini, maka saya bersedia derajat kesarjanaan saya dicabut.

Surakarta, 21 Januari 2016



Achmad Gustiantono

MOTTO

“Pendidikan merupakan senjata yang paling mematikan di dunia, karena dengan Pendidikan mampu mengubah dunia”

(Nelson Mandela)

“Sesungguhnya Allah tidak merubah keadaan suatu kaum sehingga mereka merubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri”

(Q.S. ArRa'ad : 11)

“Harga kebaikan manusia adalah diukur menurut apa yang telah diperbuatnya”

(Ali Bin Abi Thalib)

“Jadilah seperti karang di lautan yang kuat dihantam ombak dan kerjakanlah hal yang bermanfaat untuk diri sendiri dan orang lain, karena hidup hanyalah sekali. Ingat hanya pada Allah apapun dan di manapun kita berada kepada Dia-lah tempat meminta dan memohon”

PERSEMBAHAN

Dengan segala kerendahan hati seraya mengucapkan syukur kehadiran Illahi, kupersembahkan tulisan ini kepada:

1. Allah SWT, Pemilik segala keagungan, kemuliaan, kekuatan dan keperkasaan. Segala yang kualami adalah kehendak-Mu, semua yang kuhadapi adalah kemauan-Mu, segala puji hanya bagi-Mu, ya Allah, Pengatur alam semesta, tempat bergantung segala sesuatu, tempatku memohon pertolongan.
2. Junjungan Nabi besar Muhammad SAW, Manusia terbaik di muka bumi, uswatun hasanah, penyempurna akhlak, sholawat serta salam semoga selalu tercurah padanya, keluarga, sahabat dan pengikutnya yang istiqomah sampai akhir zaman.
3. Kasih sayang dan cinta yang tak pernah putus dari Bapak, Ibu, Kakak dan Adikku serta keluarga tercinta. Kasih sayang kalian tak akan pernah kulupakan sepanjang hidupku.
4. Bapak Danardono dan Bapak Syamsul Hadi yang tak pernah lelah untuk membimbing tugas akhir saya.
5. Seluruh dosen, karyawan, dan mahasiswa Teknik Mesin UNS.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayah kepada penulis sehingga mampu melaksanakan dan menyelesaikan skripsi dengan judul “Desain Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe H-Rotor Kapasitas 1 kW Di Pantai Suwuk Kebumen” dengan baik.

Skripsi ini disusun guna memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Dalam mengerjakan skripsi ini tidaklah mungkin dapat terselesaikan tanpa bantuan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan banyak terima kasih kepada semua pihak atas segala bantuan dan perhatian selama penulis menyelesaikan skripsi ini. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak D. Danardono, ST., MT., Ph.D selaku Dosen pembimbing I yang senantiasa memberikan nasehat, arahan dan bimbingan dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak DR Eng Syamsul Hadi ST., MT., selaku Dosen Pembimbing II yang turut serta memberikan motivasi, arahan dan bimbingan dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Prof. Dr. Dwi Aries Himawanto, S.T.,M.T., Bapak Eko Prasetya B, S.T.,M.T., dan Ibu Indri Yaningsih, S.T.,M.T. selaku dosen penguji tugas akhir saya yang telah memberi saran yang membangun.
4. Bapak D. Danardono, ST., MT., Ph.D selaku Pembimbing Akademis yang telah berperan sebagai orang tua penulis dalam menyelesaikan studi di Universitas Sebelas Maret ini.
5. Bapak DR Eng Syamsul Hadi ST., MT., selaku ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret.
6. Bapak DR Nurul Muhayat ST, MT. selaku koordinator Tugas Akhir.
7. Seluruh staf dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret yang telah turut serta mendidik penulis hingga menyelesaikan studi S1.

8. Seluruh staf karyawan administrasi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret yang telah memberikan kemudahan dalam hal administrasi.
9. Ayah, Ibu, kakak dan adikku atas do'a restu, nasihat, motivasi, dukungan material dan spiritual dalam menyelesaikan skripsi.
10. Rekan-rekan seperjuangan di Mecheng 11, kakak tingkat dan adik tingkat di Jurusan Teknik Mesin UNS, *M-solidarity forever!!*
11. Segenap Keluarga Mahasiswa Teknik Mesin yang telah memberikan pembelajaran berharga yang akan selalu saya ingat.
12. Dan semua pihak yang telah mendukung kelancaran skripsi penulis yang tidak bias penulis sebutkan satu-persatu.

Pada akhirnya penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari sempurna karena keterbatasan kemampuan dan pengetahuan penulis. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak supaya menjadi masukan yang sangat berguna bagi penulis untuk memperbaiki dan menyempurnakan penulisan lain yang akan datang. Akhir kata, penulis berharap semoga laporan skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua dan bagi penulis pada khususnya.

Surakarta, 7 Januari 2016

Penulis

**DESAIN TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL
TIPE H-ROTOR KAPASITAS 1 kW
DI PANTAI SUWUK KEBUMEN**

Achmad Gustiantono
Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret
Surakarta Indonesia
E-mail :achmadgustiantono@gmail.com

Abstrak

Tugas akhir ini membahas tentang analisa potensi energi angin di pantai Suwuk Kebumen dan perancangan turbin angin tipe H-Rotor yang sesuai dengan karakteristik angin di pantai tersebut. Analisa potensi energi angin menggunakan metode distribusi Weibull berdasarkan data kecepatan angin di lokasi pengukuran selama 2 tahun. Analisa distribusi Weibull menunjukkan karakteristik kecepatan angin di lokasi pengukuran yang akan dijadikan dasar dalam perancangan turbin angin H-Rotor. Perancangan turbin angin H-Rotor terdiri dari komponen-komponen seperti sudu, strut, dudukan strut, poros, tiang, dan generator. Diperoleh rancangan turbin angin H-Rotor dengan diameter x tinggi sebesar 2,7 x 2,7 meter menggunakan airfoil tipe NACA 0018 dengan kapasitas daya keluaran sebesar 1 kW.

Kata kunci: potensi angin, desain, turbin angin, h-rotor

**DESIGN OF 1 kW H-ROTOR TYPE VERTICAL AXIS WIND TURBINE
ON THE SUWUK BEACH KEBUMEN**

Achmad Gustiantono
Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret
Surakarta Indonesia
E-mail : achmadgustiantono@gmail.com

Abstract

The final project discusses the analysis of wind energy potential on the Suwuk beach Kebumen and design of H-Rotor type wind turbines based on the characteristics of the wind on the beach. The Weibull distribution is used to analyze the wind energy potential using wind-speed data at the location of measurement for a period of 2 years. The Weibull distribution analysis showed the characteristics of wind speed at the location of measurement that will be used as the basis for designing the H-rotor wind turbine. The design of the H-rotor wind turbine consists of components such as blades, struts, strut mounting, shaft, pole, and generator. The result showed that the diameter x height of H-Rotor wind turbine is 2.7 x 2.7 meters using NACA 0018 airfoil type. The power output of turbine is 1 kW.

Keywords: *wind potential, design, wind turbine, h-rotor*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR NOTASI.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1.Latar Belakang	1
1.2.Rumusan Masalah.....	2
1.3.Tujuan	2
1.4.Manfaat	3
1.5.Batasan Masalah	3
1.6.Sistematika Penyusunan.....	3
BAB II DASAR TEORI	5
2.1.Energi Angin.....	5
2.2.Potensi Energi Angin	6
2.3.Distribusi Weibull.....	7
2.4.Turbin Angin.....	10
2.4.1.Prinsip Kerja Turbin Angin.....	11
2.4.2.Jenis Turbin Angin	12
2.5.Turbin Angin H-Rotor	14
2.5.1.Jumlah sudu (n).....	15
2.5.2.Tip Speed Ratio (TSR)	15
2.5.3. <i>Solidity</i>	15
2.5.4.Koefisien Power (CP).....	16

2.5.5. Diameter Rotor (D)	17
2.5.6. <i>Aspect Ratio</i> (AR)	17
2.5.7. Airfoil	17
2.5.8. Aerodinamika Sudu	18
2.5.9. Generator	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1. Prosedur Penelitian	23
3.1.1. Studi Literatur dan Pendalaman Materi	23
3.1.2. Memilih Lokasi	23
3.1.3. Mengumpulkan Data Kecepatan Angin	23
3.1.4. Mengolah Data Kecepatan Angin	23
3.1.5. Mendesain Turbin Angin H-Rotor	24
3.1.6. Menggambar Desain Turbin Angin H-Rotor	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1. Analisa Potensi Energi Angin	26
4.1.1. Lokasi Pengambilan Data	26
4.1.2. Lokasi Perancangan Turbin Angin	26
4.1.3. Data Kecepatan Angin	27
4.1.4. Pengolahan Data Kecepatan Angin	28
4.2. Perancangan Turbin Angin H-Rotor	31
4.2.1. Perancangan Sudu Turbin	31
4.2.1.1. Jumlah Sudu	31
4.2.1.2. <i>Tip Speed Ratio</i>	32
4.2.1.3. <i>Solidity</i>	32
4.2.1.4. Koefisien Power	32
4.2.1.5. Diameter Turbin Angin	32
4.2.1.6. Panjang Sudu (b)	33
4.2.1.7. Panjang <i>Chord</i> Sudu Turbin (c)	33
4.2.1.8. Pemilihan Jenis Airfoil Sudu	33
4.2.1.9. Analisa Gaya Pada Airfoil	35
4.2.2. Perancangan Poros	39
4.2.3. Penentuan Ukuran Pasak	42

4.2.4.Dudukan Strut.....	43
4.2.5.Ukuran Strut	44
4.2.6.Bantalan Poros (<i>Bearing</i>)	46
4.2.7.Pemilihan Generator	48
4.2.8.Perancangan Tiang	50
4.2.9.Perancangan Sistem Transmisi	52
4.3. Performa Turbin Angin H-Rotor	53
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	56
5.1. Kesimpulan	56
5.2. Saran	57
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Grafik hubungan antara C_p dengan <i>tip speed ratio</i> (λ) berbagai jenis turbin angin	12
Gambar 2.2 Berbagai jenis turbin angin sumbu horizontal.....	13
Gambar 2.3 Berbagai jenis turbin angin sumbu vertikal.....	14
Gambar 2.4 Turbin angin H-Rotor	15
Gambar 2.5 Grafik hubungan antara <i>TSR</i> dengan C_p dengan pertimbangan nilai solidity antara 0,05-0,40	16
Gambar 2.6 NACA airfoil	18
Gambar 2.7 Segitiga kecepatan pada turbin angin H-Rotor.....	19
Gambar 2.8 Penentuan kecepatan angin relatif	20
Gambar 2.9 Diagram gaya pada sudu turbin angin	21
Gambar 2.10 Generator	22
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	24
Gambar 4.1 Pantai Pandansimo Bantul.....	26
Gambar 4.2 Pantai Suwuk Kebumen	27
Gambar 4.3 Fungsi <i>probability density</i>	29
Gambar 4.4 Fungsi distribusi kumulative	29
Gambar 4.5 Grafik potensi energi angin	30
Gambar 4.6 <i>Front view</i> sudu turbin angin.....	33
Gambar 4.7 Perbandingan <i>coefficient lift</i> NACA 0012, 0015, 0018.....	34
Gambar 4.8 Airfoil NACA 0018.....	34
Gambar 4.9 Kecepatan angin relatif.....	36
Gambar 4.10 Diagram gaya pada sudu turbin angin	38
Gambar 4.11 Sudu turbin angin	39
Gambar 4.12 Gaya yang terjadi pada poros	40
Gambar 4.13 Daftar nilai koefisien drag	40
Gambar 4.14 Pasak.....	42
Gambar 4.15 Dudukan strut	43
Gambar 4.16 Strut	45
Gambar 4.17 <i>Bearing</i>	46

Gambar 4.18	Gambar teknik generator GL-PMG-1000	48
Gambar 4.19	Kurva daya output terhadap putaran yang diberikan oleh generator GL-PMG-1000	49
Gambar 4.20	Gaya yang terjadi pada tiang turbin.....	50
Gambar 4.21	Tower turbin angin	51
Gambar 4.22	<i>Bevel gear</i>	52
Gambar 4.23	Transmisi turbin angin.....	53
Gambar 4.24	Turbin angin H-Rotor	53
Gambar 4.25	Kurva daya turbin angin H-Rotor.....	55

DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 1.1	Produksi minyak bumi di Indonesia	1
Table 4.1	Data kecepatan angin.....	28
Table 4.2	Potensi energi angin selama 2 tahun.....	31
Table 4.3	Variasi sudut serang dengan sudut <i>pitch</i>	35
Tabel 4.4	Koefisien <i>lift</i> dan <i>drag</i> pada variasi sudut serang menggunakan XFLR5	36
Table 4.5	Sudut β , sudut γ , dan kecepatan relatif pada variasi sudut <i>pitch</i>	37
Table 4.6	Gaya angkat, dorong, normal, dan <i>axial</i> pada variasi sudut <i>pitch</i>	38
Table 4.7	Sudu turbin	39
Table 4.8	Spesifikasi Ginlong Technologies GL-PMG-1000	48
Table 5.1	Dimensi Turbin Angin H-Rotor	56

DAFTAR NOTASI

A	luas area (m ²)
b	panjang sudu (m)
C	kapasitas beban dinamik
c	panjang <i>chord</i> sudu turbin angin (m)
c	parameter skala distribusi Weibull
C ₀	kapasitas beban statik
C _D	koefisien <i>drag</i>
C _L	koefisien <i>lift</i>
C _p	koefisien daya turbin
D	diameter turbin angin (m)
E _D	energi per satuan waktu
E _I	energi selama satu satuan waktu
F(V)	fungsi cumulative distribusi Weibull
f(V)	fungsi probability density distribusi Weibull
F _D	gaya <i>drag</i> (N)
H	tinggi turbin angin (m)
k	parameter bentuk distribusi Weibull
K _m	faktor kombinasi beban kejut dan lelah untuk pembebanan bending
K _s	faktor keamanan untuk bearing
K _t	faktor kombinasi beban kejut dan lelah untuk pembebanan torsi
l	panjang pasak (m)
L _h	umur bantalan/bearing
M	momen (N.m)
m _b	massa sudu (kg)
M _e	momen bending (N.m)
N	kecepatan putar (rpm)
N	safety factor
P	daya (Watt)
R	jari jari turbin angin (m)

S_y	tegangan yield material (N/m^2)
t	tebal pasak (m)
T	torsi yang dihasilkan oleh turbin angin (N.m)
T_e	twisting momen (N.m)
v	kecepatan angin (m/s)
$V_{(Z)}$	kecepatan angin yang diukur Badan Meteorologi (m/s)
$V_{(ZR)}$	kecepatan angin yang diukur pada ketinggian Z (m/s)
V_E	besar kecepatan angin yang menghasilkan energi maksimum (m/s)
V_F	kecepatan angin yang sering muncul selama satu periode waktu (m/s)
V_m	kecepatan rata rata (m/s)
W	beban radial ekivalen dinamik
w	lebar pasak (m)
W_A	beban aksial (N)
W_R	beban radial (N)
X	faktor beban radial
Y	faktor rotasi
Z	nilai gradien tinggi pada puncak lapis batas lokasi Badan Meteorologi
Z_R	nilai gradien tinggi pada puncak lapis batas lokasi yang ingin diketahui
α_1	kekasaran permukaan di lokasi Badan Meteorologi
α_2	kekasaran permukaan di lokasi yang ingin diketahui
λ	tip speed ratio
ρ	massa jenis udara (kg/m^3),
σ	solidity
σ	standar deviasi
σ_d	tegangan tarik ijin material untuk desain (N/m^2)
τ_d	tegangan geser ijin material untuk desain (N/m^2)
ω	kecepatan sudut putar turbin angin (rad/s)

DAFTAR LAMPIRAN

1. Tabel standar ukuran pasak
2. Tabel standar ukuran *safety factor*
3. Tabel harga nilai X dan Y untuk *bearing* beban dinamik
4. Tabel penentuan nilai C_0 dan C
5. Tabel kekuatan material
6. Tabel standar ukuran pipa
7. Bearing nomer 218
8. Gambar 2D desain turbin angin