

**UJI EKSPERIMENTAL PENGARUH RASIO DIAMETER
ROTOR DAN JUMLAH SUDU TERHADAP PERFORMA
TURBIN ANGIN CROSSFLOW**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik**



**Oleh :
SANDI SUSANTO
NIM I0413047**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA**

2017



KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS SEBELAS MARET - FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN

Jl Ir Sutami No. 36A Ketingan Surakarta Telp. 0271 632163 web: mesin.ft.uns.ac.id

**SURAT TUGAS PEMBIMBING DAN PENGUJI TUGAS AKHIR
PROGRAM SARJANA TEKNIK MESIN UNS**

Program Studi : **S1 Teknik Mesin**

Nomor : **0802/TA/S1/03/2017**

Nama : **SANDI SUSANTO**
NIM : **I0413047**
Bidang : **Konversi Energi**
Pembimbing 1 : **D. DANARDONO, ST, MT, PhD/196905141999031001**
Pembimbing 2 : **Dr. BUDI SANTOSO, ST, MT/197011052000031001**

Penguji : **1. Dr. BUDI KRISTIAWAN, ST., MT./ 197104251999031001**
2. DR. ENG. SYAMSUL HADI, S.T., M.T./
197106151998021002

Mata Kuliah Pendukung

1. **Turbin(MS04043-15)**
2. **Pompa dan Kompresor(MS06103-15)**
3. **Aero dan Hidro Dinamika(MS06033-15)**

Judul Tugas Akhir

**"UJI EKSPERIMENTAL PENGARUH RASIO DIAMETER
ROTOR DAN JUMLAH SUDU TERHADAP PERFORMA
TURBIN ANGIN CROSSFLOW"**



Surakarta, **2017-03-03 11:52:21**
Kepala Program Studi S1 Teknik Mesin,

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

Tembusan :

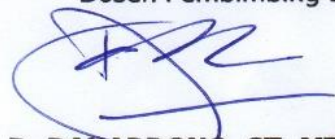
1. Mahasiswa ybs.
2. Dosen Pembimbing TA ybs.
3. Koordinator TA.
4. Arsip.

UJI EKSPERIMENTAL PENGARUH RASIO DIAMETER ROTOR DAN JUMLAH SUDU TERHADAP PERFORMA TURBIN ANGIN CROSSFLOW

Disusun Oleh

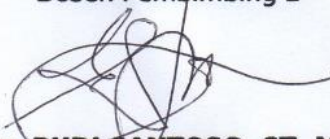
SANDI SUSANTO
NIM : **10413047**

Dosen Pembimbing 1



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

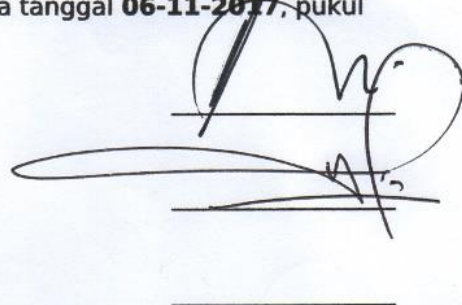
Dosen Pembimbing 2



Dr. BUDI SANTOSO, ST, MT
NIP. **197011052000031001**

Telah dipertahankan di depan Tim Dosen Penguji pada tanggal **06-11-2017**, pukul **13:00:00**, bertempat di **M.101, Gd.1 FT-UNS**.

1. Dr. BUDI KRISTIAWAN, ST., MT.
197104251999031001
2. DR. ENG. SYAMSUL HADI, S.T., M.T.
197106151998021002
- 3.

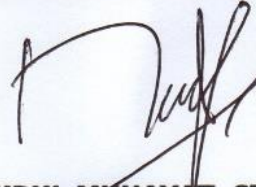


Kepala Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret
Surakarta



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

Koordinator Tugas Akhir



DR. NURUL MUHAYAT, ST, MT
NIP. **197003231998021001**

PERNYATAAN INTEGRITAS PENULIS

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



Surakarta, 16 September 2017

Sandi Susanto

MOTTO

Kerjakan apa yang telah dimulai sampai mendapatkan hasil yang diinginkan

There is no limit of struggling.

(Tidak ada batasan dari perjuangan).

The big or small problem is, depends on how we handle it.

(Besar atau kecilnya masalah, bergantung pada bagaimana kita mengatasinya).

Tiada hari untuk mengeluh, tiada hari tanpa belajar

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan segala kerendahan hati, saya persembahkan tulisan ini kepada:

1. Kedua orang tua yang telah memberikan doa restu, dan dukungannya.
2. Mas Panjiasmoro dan Mba Dian Sekartaji yang selalu memberikan doa, motivasi dan dukungannya dalam dunia *engineering*.
3. Dosen Pembimbing, Bapak Dominicus Danardono Dwi Prija Tjahja S.T., M.T., Ph.D. dan Bapak Dr. Budi Santoso S.T., M.T. yang telah memberikan arahan dan bimbingan dalam menyelesaikan tugas akhir menjadi lebih baik.
4. Seluruh Dosen dan Asisten Laboratorium Jurusan Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret yang telah memberikan ilmunya dan menuntun saya menjadi sarjana.
5. Universitas Sebelas Maret yang menjadi tempat untuk mendapatkan banyak ilmu pengetahuan dan pengalaman yang berharga
6. Negara Indonesia ku tercinta agar selalu menjadi Negara yang dinamis dan harmonis untuk kehidupan di dunia ini

Uji Eksperimental pengaruh rasio diameter rotor dan jumlah sudu terhadap performa turbin angin crossflow

Sandi Susanto

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret
Surakarta, Indonesia

Email: sandi.susanto@student.uns.ac.id

ABSTRAK

Turbin angin cross flow merupakan salah satu energi alternatif untuk daerah kecepatan angin rendah. Beberapa faktor yang mempengaruhi koefisien daya turbin angin crossflow adalah rasio diameter rotor dan jumlah sudu. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh jumlah sudu dan rasio diameter terhadap kinerja turbin angin cross flow dan untuk mengetahui konfigurasi terbaik antara jumlah sudu dengan rasio diameter turbin. Uji eksperimental dilakukan dengan beberapa variasi termasuk rasio diameter turbin antara diameter luar dan dalam turbin dan jumlah sudu. Variasi rasio diameter turbin antara diameter dalam dan luar terdiri dari 0,58, 0,63, 0,68 dan 0,73 sedangkan variasi jumlah sudu yang digunakan adalah 16, 20 dan 24. Uji eksperimental dilakukan dengan kecepatan angin tertentu yaitu 3 m/s sampai 4 m/s. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konfigurasi antara rasio diameter 0.68 dan jumlah sudu 20 adalah konfigurasi terbaik. Konfigurasi tersebut memiliki nilai koefisien daya 0,049 dan koefisien torsi 0,188

Keywords: Cross-flow wind turbine, Experimental study, Diameter ratio, Blade number, Power Coefficient

Experimental Tests Of The Effect Of Rotor Diameter Ratio And Blade Number To The Cross Flow Wind Turbine Performance

Sandi Susanto

Undergraduate School of Mechanical Engineering, Sebelas Maret University,
Surakarta, Indonesia

Email: sandi.susanto@student.uns.ac.id

ABSTRACT

Cross flow wind turbine is one of the alternative energy for low wind speeds area. Several factors that influence the power coefficient of cross flow wind turbine are the diameter ratio of blades and the number of blades. The aim of this study is to find out the influence of the number of blades and the diameter ratio on the performance of cross flow wind turbine and to find out the best configuration between number of blades and diameter ratio of the turbine. The experimental test were conducted under several variation including diameter ratio between outer and inner diameter of the turbine and number of blades. The variation of turbine diameter ratio between inner and outer diameter consisted of 0.58, 0.63, 0.68 and 0.73 while the variations of the number of blades used was 16, 20 and 24. The experimental test were conducted under certain wind speed which are 3m/s until 4 m/s. The result showed that the configurations between 0.68 diameter ratio and 20 blade numbers is the best configurations that has power coefficient value 0.049 and 0.185 moment coefficient.

Keywords: Cross-flow wind turbine, Experimental study, Diameter ratio, Blade number, Power Coefficient

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan laporan tugas akhir dengan judul “Uji Eksperimental Pengaruh Rasio Diameter Rotor Dan Jumlah Sudu Terhadap Performa Turbin Angin Crossflow” ini dengan baik. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan Program Sarjana Teknik Mesin di Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis mendapat banyak saran, dorongan dan masukan-masukan dari berbagai pihak. Penulis dengan kerendahan hati mengucapkan terima kasih banyak kepada:

1. Bapak Dr. Syamsul Hadi S.T., M.T. selaku Ketua Prodi S1 Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret Surakarta.
2. Bapak Dominicus Danardono Dwi Prija Tjahja S.T., M.T., Ph.D. dan Bapak Dr. Budi Santoso S.T., M.T. selaku dosen pembimbing 1 dan dosen pembimbing 2 yang telah memberikan arahan dan bimbingan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak, Ibu dan Kakak-kakak yang telah memberikan doa, semangat, motivasi dan bantuan materil untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Seluruh dosen dan asisten laboratorium Jurusan Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret Surakarta yang telah menyempatkan waktu dan berbagi ilmu dalam membantu menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Teman-teman riset grup *vertical axis wind turbine*, Andreas, Marchel, Egi, Bang Adin, Mas Yoga, Mas ilham dan Mba Mungil yang saling membantu dan memberikan semangat demi terselesaikannya tugas akhir ini.
6. Teman-teman “COMET” S1 Teknik Mesin Reguler angkatan 2013 yang selalu memberikan sosuli untuk menyelesaikan skripsi ini.
7. Teman-teman Digidaw, Aul Bestie, Bilqis, Adhi, Alfian, Dimas, Kevin, Rifqi, Faldy, Irfan, Raka, Adit, Koko yang selalu memberi semangat untuk menyelesaikan skripsi ini
8. Teman-teman KKN Sragen, Exca, Sita, Dewi, Winda, Fitri, Wiwid, Wenny, Okta, Mas Apri yang tidak pernah berenti memberikan semangat dalam menyelesaikan skripsi ini.

9. Teman-teman Osmaru, Ikbar, Yuda, Ira, Dita, Ika yang selalu memberikan motivasi untuk menyelesaikan skripsi ini
10. Teman-teman psikologi Raihana, Ita, Rifka, Anjani yang tiada henti selalu memberikan semangat dalam penyelesaian skripsi ini
11. Teman-teman Sepicoy, Faiz, Fikri, Bacek, Kara, Ojan, Maskur, Babe, Xatria, Shafinas, Cheline, Lian yang juga memberi dukungan dalam penyelesaian skripsi ini
12. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu selama penyusunan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca demi perbaikan di kemudian hari. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat di masa yang akan datang.

Surakarta, September 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN SURAT PENUGASAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR NOTASI.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II LANDASAN TEORI	4
2.1 Tinjauan Pustaka	4
2.2 Dasar Teori.....	6
2.2.1 Turbin Angin	6
2.2.2 Turbin Angin <i>Cross flow</i>	8
2.2.3 Teori Momentum Betz	10
2.2.4 <i>Tip Speed Ratio</i>	13
2.2.5 Torsi	14
2.2.6 <i>Prony Brake</i>	15
2.2.7 Daya Poros	16

2.2.8 Koefisien Daya dan Koefisien Torsi	16
2.2.9 Bilangan Reynold	16
BAB III PELAKSANAAN PENELITIAN.....	18
3.1 Tempat Penelitian.....	18
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	18
3.3 Prosedur Penelitian.....	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Data Kecepatan Angin	26
4.2 Hasil dan Diskusi	30
4.2.1 Variasi Rasio Diameter	30
4.2.2 Variasi Jumlah Sudu.....	33
BAB V PENUTUP.....	34
5.1 Kesimpulan.....	34
5.2 Saran.....	34
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN	38

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Turbin angin jenis <i>drag</i> dan <i>lift</i>	6
Gambar 2.2	Jenis turbin angin berdasarkan jumlah sudu	7
Gambar 2.3	Jenis turbin angin vertikal	8
Gambar 2.4	Turbin <i>cross flow</i>	8
Gambar 2.5	Perbandingan koefisien daya dan koefisien torsi turbin <i>cross flow</i> dengan jenis turbin lainnya	9
Gambar 2.6.	Kondisi aliran pada ekstraksi energi mekanik dari aliran udara Bebas	11
Gambar 2.7	Koefisien daya terhadap rasio kecepatan aliran udara	13
Gambar 2.8	<i>Tip speed ratio</i>	13
Gambar 2.9	Nilai C_p dan <i>tip speed ratio</i> untuk berbagai turbin angin	14
Gambar 2.10	<i>Prony brake</i>	15
Gambar 3.1	Model turbin angin <i>cross flow</i>	18
Gambar 3.2	<i>Wind generator</i>	19
Gambar 3.3	Timbangan tangan digital	20
Gambar 3.4	Pemberat 50 gram	20
Gambar 3.5	<i>Anemometer</i>	20
Gambar 3.6	<i>Tachometer</i>	21
Gambar 3.7	Multimeter	21
Gambar 3.8	Skema rangkaian eksperimen	22
Gambar 3.9	Diagram alir eksperimen	25
Gambar 4.1	Desain anemometer	26
Gambar 4.2	Grafik Hubungan Coefficient Moment (C_m) dengan TSR pada variasi rasio diameter	20
Gambar 4.3	Grafik hubungan Coefficient Power (C_p) dengan TSR pada variasi rasio diameter	20
Gambar 4.4	Grafik hubungan Coefficient Moment (C_m) dengan TSR pada variasi jumlah sudu	21

Gambar 4.5 Grafik hubungan Coefficient Power (C_p) dengan TSR pada variasi jumlah sudu..... 24



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tinjauan pustaka	5
Tabel 4.1	Hasil pengujian turbin angin <i>cross flow</i> dengan variasi rasio diameter.....	29
Tabel 4.2	Hasil pengujian turbin angin <i>cross flow</i> dengan variasi jumlah sudu.....	31



DAFTAR NOTASI

A	= Luas area sapuan rotor	(m^2)
C_p	= Koefisien daya	(non-dimensional)
C_m	= Koefisien torsi	(non-dimensional)
D	= Diameter	(m)
D_1	= Diameter luar	(m)
D_2	= Diameter dalam	(m)
E	= Energi kinetik benda bergerak	(Joule)
F	= Gaya	(N)
m	= Massa	(kg)
N	= Kecepatan Putar	(rpm)
P	= Daya	(Watt)
P_w	= Daya total yang tersedia dalam angin	(Watt)
P_T	= Daya mekanik aktual	(Watt)
S	= Luas sapuan rotor	(m^2)
T	= Torsi	(Nm)
V	= Laju volume udara	(m^3/s)
v	= Kecepatan angin	(m/s)
\dot{m}	= Laju aliran massa	(kg/s)
ρ	= Massa jenis udara	(kg/m^3)
v'	= Kecepatan aliran udara pada rotor	(m/s)
λ	= Rasio kecepatan ujung (<i>Tip Speed Ratio</i>)	(non-dimensional)