

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH SUDUT *PITCH* DAN
DIFFUSER TERHADAP PERFORMA TURBIN ANGIN
HORIZONTAL NACA 4412**



Skripsi

Oleh:

RUSDI FEBRIYANTO

K2514058

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
Mei 2018**

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Rusdi Febriyanto
NIM : K2513058
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin

menyatakan bahwa skripsi saya berjudul “**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH SUDUT *PITCH* DAN *DIFFUSER* TERHADAP PERFORMA TURBIN ANGIN HORIZONTAL NACA 4412**” ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri. Selain itu, sumber informasi yang dikutip dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Apabila pada kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan saya.

Surakarta, 31 Mei 2018

Yang membuat pernyataan



Rusdi Febriyanto

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH SUDUT *PITCH* DAN *DIFFUSER*
TERHADAP PERFORMA TURBIN ANGIN HORIZONTAL NACA 4412**

**Oleh :
RUSDI FEBRIYANTO
K2514058**

**Skripsi
diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan mendapatkan gelar
Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin**

**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
Mei 2018**


PERSETUJUAN

Nama : Rusdi Febriyanto
NIM : K2514058
Judul Skripsi : Studi Eksperimental Pengaruh Sudut *Pitch* dan *Diffuser* Terhadap Performa Turbin Angin Horizontal Naca 4412

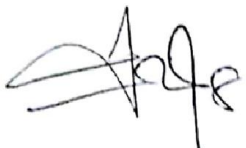
Skripsi ini telah disetujui untuk dipertahankan di hadapan Tim Penguji Skripsi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Surakarta, 31 Mei 2017
Persetujuan Pembimbing

Dosen Pembimbing I


Dr. Eng. Nugroho Agung Pambudi, M.Eng.
NIP. 19811230 201212 1 002

Dosen Pembimbing II


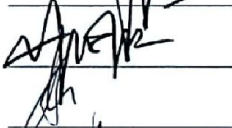
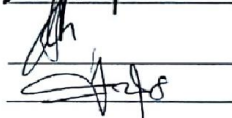


Dr. Indah Widiaastuti, M.Eng.
NIP. 197805142005012002

PENGESAHAN SKRIPSI

Nama : Rusdi Febriyanto
NIM : K2514058
Judul Skripsi : Studi Eksperimental Pengaruh Sudut *Pitch* Dan *Diffuser* Terhadap Performa Turbin Angin Horizontal Naca 4412

Skripsi ini telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Skripsi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sebelas Maret Surakarta pada hari Rabu, tanggal 8 Juni 2018 dengan hasil LULUS dan revisi maksimal 2 bulan. Skripsi telah direvisi dan mendapat persetujuan dari Tim Penguji.


Persetujuan hasil revisi oleh Tim Penguji:

	Nama Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
Ketua	: Dr. Suharno, ST., MT.		_____
Sekretaris	: Basori, S.Pd., M.Pd.		29.6.2018
Anggota I	: Dr.Eng. Nugroho Agung Pambudi		_____
Anggota II	: Dr. Indah Widiastuti, ST, M.Eng		28-6-2018

Skripsi disahkan oleh Kepala Program Studi Pendidikan Teknik Mesin pada,
Hari : _____
Tanggal : _____

Mengesahkan,



Kepala Program Studi
Pendidikan Teknik Mesin,

Dr. Suharno, ST., MT.
NIP 1971060320006041001

MOTTO

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

(QS. Ar-Ra’d 13:11)

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.”

(QS. Alam Nasyroh: 6)

“I am an ordinary man who worked hard to develop the talent I was given. I believed in myself, and I believe in the goodness of others”

Muhammad Ali

“The scientific man does not aim at an immediate result. He does not expect that his advanced ideas will be readily taken up. His work is like that of the planter — for the future. His duty is to lay the foundation for those who are to come and point the way.

He lives and labors and hopes.”

Nikola Tesla

“Menyerah dari keadaan bukanlah pilihan, jalan satu satunya untuk hidup adalah berjuang.”

“Tujuan besar memang tak akan didapatkan dengan mudah, *but nothing impossible,*

Trust it and You get it.”

“Jadilah Mata Air yang akan terus memberikan kesejukan bagi orang lain.”

-Make The Futute-

PERSEMBAHAN

Skripsi ini, saya persembahkan untuk:

Bapak Tri Margono dan Ibu Sri Wijatiningsih

“Setiap doa mengiringi langkah ku menempuh gelar S1, berjuang dengan kerja keras kulakukan demi pengorbanan orang tua yang berjuang lebih keras untuk membiayai kuliah. Terimakasih selalu memberi restu pada setiap jalan yang kupilih dalam memaksimalkan setiap potensi diri.”

Kakak dan Adikku: Vika, Rima, Sari, Dimas, Krisna

“Terimakasih selalu mendukung dan memberi motivasi dalam menyelesaikan studi S1, karena doa kalian juga yang membuatku bisa sampai dalam kondisi sekarang ini.”

Haty Nurany Insany dan keluarga

“Hai, Terimakasih telah kebersamai dan motivasi di setiap tahapan kuliahku, hingga sekarang dapat menyelesaikan studi S1. Berkat semangat dan doa yang diberi membuatku bisa sampai dalam kondisi sekarang ini. Sangat bersyukur mengenalmu.”

Teruntuk Tim turbin dan Kontrakan

Terimakasih telah kebersamai di setiap langkah dan menjadi penghibur dikala penat. Semoga segala kebaikan dan kerja sama kalian dibalas oleh Allah SWT. Semoga semua sukses di masa depan, Amin.”

Teman PTM angkatan 2014

“Teman seperjuangan selama 4 tahun terakhir yang memberikan cerita hidup baik suka, duka, sedih, bangga, bahagia dan semuanya. Terima kasih atas dukungan dan kerja samanya. Semoga semua sukses di masa depan, Amin.”

ABSTRAK

Rusdi Febriyanto. K2514058. STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH SUDUT *PITCH* DAN *DIFFUSER* TERHADAP PERFORMA TURBIN ANGIN HORIZONTAL NACA 4412. Skripsi, Surakarta: Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret, Mei 2018

Indonesia mempunyai potensi energi angin sebagai pembangkit listrik sebesar 970 MW dan hanya sekitar 0,003% baru digunakan. Energi ini dapat dikonversikan dengan menggunakan turbin angin tipe *Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT)*. Turbin ini perlu dimodifikasi agar dapat bekerja pada angin rendah. Perencanaan modifikasi meliputi menentukan tipe *airfoil*, sudut *pitch*, dan menggunakan selubung angin (*diffuser*). Sudut *pitch* merupakan sudut pemasangan blade yang dirancang agar turbin angin horizontal mempunyai kecepatan angin *cut in speed* yang rendah. *Diffuser* merupakan selubung angin berbentuk selubung kerucut yang membuat daerah bertekanan rendah dibelakang turbin angin, sehingga kecepatan angin datang dapat meningkat.

Penelitian ini dengan modifikasi sudut *pitch* dan penambahan *Diffuser* pada turbin angin HAWT. Sudu turbin menggunakan jenis *airfoil* NACA 4412 dan terbuat dari material kayu jati dengan variasi sudut *pitch* 0°, 2°, 4°, 6°, 8°, 10° dan 12°. Modifikasi lain yang dilakukan yaitu dengan penggunaan *Diffuser* dan *Diffuser Inlet shroud*. Penelitian diuui menggunakan angin buatan didalam *wind tunnel* dengan variasi kecepatan angin 2 m/s, 2,5 m/s, 3 m/s, 3,5 m/s, 4 m/s, 4,5m/s dan 5 m/s.

Hasil penelitian menunjukkan variasi sudut *pitch* menghasilkan daya maksimal pada sudut *pitch* 4° dimana pada kecepatan angin 5 m/s menghasilkan 9,71 Watt dan kecepatan putar generator 505,6 Rpm. Penambahan sudut *pitch* lebih dari 4° menyebabkan penurunan *output* daya listrik dan putaran generator. Pengujian turbin angin NACA 4412 sudut 4° dengan *Diffuser Inlet shroud* pada kecepatan angin 5 m/s menghasilkan *output* daya listrik dan kecepatan putar generator tertinggi yaitu masing-masing sebesar 11,83 Watt dan 542,4 RPM dengan prosentase peningkatan 22%. Penggunaan *Diffuser Inlet shroud* juga dapat menurunkan *Cut in speed* generator turbin angin. Efisiensi turbin tertinggi dihasilkan pada variasi sudut *pitch* 4° menggunakan *Diffuser Inlet shroud* sebesar 14% dengan nilai *Tip Speed Ratio (TSR)* 6,8.

Kata Kunci : Turbin angin, HAWT, NACA 4412, Sudut *Pitch*, *Diffuser*

ABSTRACT

Rusdi Febriyanto. K2514058. EXPERIMENTAL STUDY OF PITCH AND DIFFUSER EFFECT ON TURBINE PERFORMANCE OF NACA 4412. Thesis, Surakarta: Faculty of Teacher Training and Science Education, Sebelas Maret University, May 2018

Indonesia has wind energy potential as a power plant of 970 MW and only about 0.003% is used. This energy can be converted by using a Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT) type wind turbine. This turbine needs to be modified in order to work on low winds. Planning modifications include determining the type of airfoil, pitch angle, and using a diffuser. The pitch angle is a blade mounting angle designed to allow the horizontal wind turbine to have a low cut-speed wind speed. The diffuser is a conical sheath-shaped wind shell that creates a low-pressure area behind the wind turbine, allowing for increased wind speeds.

The study was modified by pitch angle and Diffuser addition to the HAWT wind turbine. Turbine blades use NACA 4412 airfoil type and are made of teak wood with the variation of pitch angle 0° , 2° , 4° , 6° , 8° , 10° and 12° . Another modification is done with the use of Diffuser and Diffuser Inlet shroud. The study was conducted using an artificial wind in a wind tunnel with wind speed variations of 2 m / s, 2.5 m / s, 3 m / s, 3.5 m / s, 4 m / s, 4.5 m / s and 5 m / s.

The results showed the variation of pitch angle to produce maximum power at 4° pitch angle where at wind speed 5 m / s produce 9.71 Watt and rotary speed generator 505.6 Rpm. The addition of a pitch angle of more than 4° causes deterioration of the output of electrical power and generator turn. Testing of NACA 4412 angle wind turbine 4° with Diffuser Inlet shroud at wind speed 5 m / s produce the highest power output and rotational speed of generator which is 11.83 Watt and 542.4 RPM respectively with the percentage increase 22%. Use of Inlet Shroud Diffuser can also reduce Cut in speed generator of wind turbine. The highest turbine efficiency was produced on the variation of 4 p pitch angle using Inline Shroud Diffuser by 14% with *Tip Speed Ratio (TSR)* value of 6.8.

Keywords: Wind Turbine, HAWT, NACA 4412, Pitch Angle, Diffuser

KATA PENGANTAR

Puji syukur peneliti panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karuniaNya berupa akal budi, ilmu pengetahuan, kesehatan dan keselamatan, sehingga peneliti dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Studi Eksperimental Pengaruh Sudut *Pitch* Dan *Diffuser* Terhadap Performa Turbin Angin Horizontal Naca 4412.**” Skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan mendapatkan gelar Sarjana pada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret Surakarta. Peneliti menyadari bahwa terselesaikannya skripsi ini tidak lepas dari doa, bantuan, bimbingan dan arahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, kami ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Suharno, ST., MT., Kepala Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret Surakarta.
2. Dr.Eng. Nugroho Agung Pambudi, M.Eng, selaku Dosen Pembimbing I, yang selalu memberikan motivasi dan bimbingan dalam penyusunan skripsi ini.
3. Dr. Indah Widiastuti, ST., M.Eng, selaku Dosen Pembimbing Akademik sekaligus Dosen Pembimbing II, yang selalu memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Tri Margono dan Ibu Sri Wijatiningsih, selaku orang tua yang selalu memberikan doa, dukungan moril dan materiil, dan motivasi untuk menyelesaikan skripsi ini.
5. Kukuh Mukti dan Riyanto, selaku teman satu tim skripsi yang selalu saling memberikan bantuan, kerja sama, masukan dan motivasi untuk menyelesaikan skripsi ini.
6. Imam Muttaqin, Aji Nugroho, Adhi susanto, selaku teman hidup di kontrakan selalu saling memberikan masukan dan motivasi untuk menyelesaikan skripsi.

7. Teman-teman mahasiswa PTM FKIP UNS angkatan 2014 yang selalu saling menguatkan dan saling mendukung untuk terus semangat dalam mengerjakan dan menyelesaikan skripsi ini.

Peneliti menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat kekurangan dan masih jauh dari sempurna dikarenakan keterbatasan peneliti. Oleh karena itu, peneliti berharap saran, kritik dan masukan yang membangun dari para pembaca sekalian demi lebih baiknya penelitian selanjutnya. Akhirnya, peneliti berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan memberikan tambahan wawasan dan ilmu pengetahuan bagi pembaca sekalian. Amin.

Surakarta, 31 Mei 2018

Rusdi Febiyanto

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
HALAMAN PENGAJUAN	iii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
MOTTO	vi
PERSEMBAHAN.....	vii
HALAMAN ABSTRAK	viii
HALAMAN ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Pembatasan Masalah	4
D. Rumusan Masalah	5
E. Tujuan Penelitian	5
F. Manfaat Penelitian	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA, KERANGKA BERFIKIR, DAN HIPOTESIS	
A. Kajian Pustaka	7
B. Kerangka Berfikir	24
C. Hipotesis	25
BAB III METODE PENELITIAN	

A. Tempat dan Waktu Penelitian	26
B. Desain Penelitian	27
C. Teknik Pengumpulan Data.....	27
D. Teknik Analisis Data.....	33
E. Prosedur Penelitian	34
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil Penelitian	37
1. Diskripsi.....	37
2. Data Daya Turbin.....	38
3. Data Putaran Poros Generator (Rpm)	41
B. Pembahasan.....	43
1. Pengaruh variasi sudut <i>pitch</i> sudu NACA 4412	43
2. Pengaruh <i>diffuser</i> pada turbin NACA 4412.....	46
3. Pengaruh <i>diffuser</i> terhadap performasi turbin NACA 4412	56
4. Konfigurasi Turbin Angin Horizontal Sudu NACA 4412	58
BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI, SARAN	
A. Simpulan	60
B. Implikasi	61
C. Saran	62
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN.....	66

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 2.1. Sumber daya energi baru dan terbarukan.....	7
Tabel 2.2. Rasio <i>lift</i> dan <i>drag</i> NACA 0012 4412 6412	19
Tabel 3.2. Spesifikasi turbin angin horizontal NACA 4412 dan <i>Wind Tunnel</i>	28
Tabel 4.1. Daya Turbin NACA 4412 (<i>W.T only</i>).....	38
Tabel 4.2. Daya Turbin NACA 4412 dengan <i>Diffuser</i>	39
Tabel 4.3. Daya Turbin NACA 4412 dengan <i>Diffuser Inlet Shroud</i>	40
Tabel 4.4. Putaran Generator NACA 4412 tanpa <i>Diffuser</i>	41
Tabel 4.5. Putaran Generator NACA 4412 dengan <i>Diffuser</i>	42
Tabel 4.6. Putaran Generator NACA 4412 dengan <i>Diffuser Inlet Shroud</i>	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2.1. Profil Umum Geseran Angin	9
Gambar 2.2. Model Disk Theory	11
Gambar 2.3. Betz <i>Limit</i>	12
Gambar 2.4. Variasi Nilai <i>Tip Speed Ratio</i> dan Koefisien Daya	14
Gambar 2.5. <i>Upwind</i> dan <i>Downwind</i> Turbin	17
Gambar 2.6. Geometri NACA <i>airfoil</i>	18
Gambar 2.7. NACA 4412	19
Gambar 2.8. Sudut <i>Pitch</i> (β)	20
Gambar 2.9. <i>Diffuser</i>	22
Gambar 2.10. Perbedaan aliran tanpa <i>diffuser</i> dan dengan <i>diffuser</i>	23
Gambar 3.1. variasi sudut <i>pitch</i> 0° , 2° , 4° , 6° , 8° , 10° , dan 12°	27
Gambar 3.2. (a) <i>Diffuser</i> dan (b) <i>Diffuser inlet shroud</i>	28
Gambar 3.3. Desain turbin dan <i>wind tunnel</i>	29
Gambar 3.4. Anemometer	31
Gambar 3.5. Busur Derajat	31
Gambar 3.6. Multimeter	32
Gambar 3.7. Tachometer	32
Gambar 3.8. Diagram Alir Penelitian	33
Gambar 4.1. Grafik daya listrik NACA 4412 W.T only	43
Gambar 4.2. Grafik Putaran Generator (Rpm) NACA 4412 W.T only	43
Gambar 4.3. Kurva $\alpha-cl$ dan $\alpha-cd$ NACA 4412	44
Gambar 4.4. Grafik daya listrik sudut <i>Pitch</i> 4°	46
Gambar 4.5. Putaran Generator sudut <i>Pitch</i> 4°	46
Gambar 4.6. Grafik daya listrik sudut <i>Pitch</i> 6°	47
Gambar 4.7. Putaran Generator sudut <i>Pitch</i> 6°	48
Gambar 4.8. Grafik daya listrik sudut <i>Pitch</i> 8°	49

Gambar 4.9. Putaran Generator sudut <i>Pitch</i> 8°	49
Gambar 4.10. Grafik daya listrik sudut <i>Pitch</i> 10°	50
Gambar 4.11. Putaran Generator sudut <i>Pitch</i> 10°	51
Gambar 4.12. Grafik daya listrik sudut <i>Pitch</i> 12°	52
Gambar 4.13. Putaran Generator sudut <i>Pitch</i> 12°	52
Gambar 4.14. Daya listrik sudut <i>Pitch</i> 4°-12° pada kecepatan angin 5 m/s	53
Gambar 4.15. Perbedaan aliran tanpa <i>diffuser</i> dan dengan <i>diffuser</i>	54
Gambar 4.16. Hubungan Kecepatan Angin terhadap <i>Tip speed ratio</i>	55
Gambar 4.17. Hubungan Kecepatan Angin terhadap efisiensi turbin	56
Gambar 4.18. Hubungan TSR terhadap efisiensi turbin	58

DAFTAR LAMPIRAN

Gambar	Halaman
Lampiran 1 Tegangan, Arus listrik, Daya Turbin angin (<i>W.T only</i>) sudut 0°.....	68
Lampiran 2 Tegangan, Arus listrik, Daya Turbin angin (<i>W.T only</i>) sudut 2°.....	69
Lampiran 3 Tegangan, Arus listrik, Daya Turbin angin (<i>W.T only</i>) sudut 4°.....	70
Lampiran 4 Tegangan, Arus listrik, Daya Turbin angin (<i>W.T only</i>) sudut 6°.....	71
Lampiran 5 Tegangan, Arus listrik, Daya Turbin angin (<i>W.T only</i>) sudut 8°.....	72
Lampiran 6 Tegangan, Arus listrik, Daya Turbin angin (<i>W.T only</i>) sudut 10°.....	73
Lampiran 7 Tegangan, Arus listrik, Daya Turbin angin (<i>W.T only</i>) sudut 12°.....	74
Lampiran 8 Tegangan, Arus listrik, Daya Turbin angin <i>Diffuser</i> sudut 0°.....	75
Lampiran 9 Tegangan, Arus listrik, Daya Turbin angin <i>Diffuser</i> sudut 2°.....	76
Lampiran 10 Tegangan, Arus listrik, Daya Turbin angin <i>Diffuser</i> sudut 4°.....	77
Lampiran 11 Tegangan, Arus listrik, Daya Turbin angin <i>Diffuser</i> sudut 6°.....	78
Lampiran 12 Tegangan, Arus listrik, Daya Turbin angin <i>Diffuser</i> sudut 8°.....	79
Lampiran 13 Tegangan, Arus listrik, Daya Turbin angin <i>Diffuser</i> sudut 10°.....	80
Lampiran 14 Tegangan, Arus listrik, Daya Turbin angin <i>Diffuser</i> sudut 12°.....	81
Lampiran 15 Tegangan, Arus listrik, Daya <i>Diffuser Inlet Shroud</i> sudut 0°.....	82
Lampiran 16 Tegangan, Arus listrik, Daya <i>Diffuser Inlet Shroud</i> sudut 2°.....	83
Lampiran 17 Tegangan, Arus listrik, Daya <i>Diffuser Inlet Shroud</i> sudut 4°.....	84
Lampiran 18 Tegangan, Arus listrik, Daya <i>Diffuser Inlet Shroud</i> sudut 6°.....	85
Lampiran 19 Tegangan, Arus listrik, Daya <i>Diffuser Inlet Shroud</i> sudut 8°.....	86
Lampiran 20 Tegangan, Arus listrik, Daya <i>Diffuser Inlet Shroud</i> sudut 10°.....	87
Lampiran 21 Tegangan, Arus listrik, Daya <i>Diffuser Inlet Shroud</i> sudut 12°.....	88
Lampiran 22 TSR pada turbin angin (<i>W.T. only</i>).....	89
Lampiran 23 TSR pada turbin angin <i>Diffuser</i>	89
Lampiran 24 TSR pada turbin angin <i>Diffuser Inlet Shroud</i>	89
Lampiran 25 Efisiensi listrik pada turbin angin NACA 4412	90
Lampiran 26 Gambar Pengujian Turbin	90

Lampiran 27 Perhitungan jari jari sudu turbin angin horizontal.....	91
Lampiran 28 Perhitungan Daya, TSR, Efisiensi Listrik	92
Lampiran 29 Perhitungan Sudut Serang	93

