

**PENGARUH PENAMBAHAN LENSA *NOZZLE* DAN JUMLAH *BLADE*
AIRFOIL TIPE NACA 4415 TERHADAP HASIL DAYA LISTRIK
TURBIN ANGIN SUMBU HORIZONTAL**



SKRIPSI

Oleh:

DANUR LAMBANG PRISTIANDARU

K2511013

FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN

UNIVERSITAS SEBELAS MARET

SURAKARTA

Januari 2016

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Danur Lambang Pristiandaru

NIM : K2511013

Progam Studi : Pendidikan Teknik Mesin

Menyatakan bahwa skripsi saya berjudul **“PENGARUH PENAMBAHAN LENSA NOZZLE DAN JUMLAH *BLADE AIRFOIL* TIPE NACA 4415 TERHADAP HASIL DAYA LISTRIK TURBIN ANGIN SUMBU HORIZONTAL”** 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, Januari 2016

Yang membuat pernyataan

Danur Lambang Pristiandaru

**PENGARUH PENAMBAHAN LENSA *NOZZLE* DAN JUMLAH *BLADE*
AIRFOIL TIPE NACA 4415 TERHADAP HASIL DAYA LISTRIK
TURBIN ANGIN SUMBU HORIZONTAL**

Oleh:

**DANUR LAMBANG PRISTIANDARU
K2511013**

Skripsi

**Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan mendapatkan gelar
Sarjana Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Mesin**

**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
Januari 2016**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Danur Lambang Pristiandaru

NIM : K2511013

Judul Skripsi : Pengaruh Penambahan Lensa *Nozzle* Dan Jumlah *Blade Airfoil* Tipe
Naca 4415 Terhadap Hasil Daya Listrik Turbin Angin Sumbu
Horisontal

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

Surakarta, Januari 2016

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Danar Susilo W., S.T., M.Eng.
NIP 19790124 200212 1 002

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

PENGESAHAN SKRIPSI

Nama : Danur Lambang Pristiandaru
NIM : K2511013
Judul Skripsi : Pengaruh Penambahan Lensa *Nozzle* Dan Jumlah *Blade Airfoil*
Tipe Naca 4415 Terhadap Hasil Daya Listrik Turbin Angin Sumbu
Horisontal

Skripsi ini telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Skripsi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sebelas Maret Surakarta pada Januari 2016 dengan hasil LULUS. Skripsi telah direvisi sesuai dari Tim Penguji dan mendapat persetujuan pada :

Hari :
Tanggal :

Persetujuan hasil revisi oleh Tim Penguji :

	Nama Terang	Tanda Tangan
Ketua	: Dr. Suharno, S.T., M.T.	(.....)
Sekretaris	: Dr. Indah Widiastuti, S.T., M.Eng.	(.....)
Anggota 1	: Danar Susilo W., S.T., M.Eng.	(.....)
Anggota 2	: Dr.Eng. Nugroho Agung P., M.Eng.	(.....)

Mengetahui
Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Sebelas Maret,

Prof. Dr. Joko Nurkamto, M.Pd
NIP: 196101241987021001

ABSTRAK

Danur Lambang Pristiandaru. **PENGARUH PENAMBAHAN LENSA *NOZZLE* TURBIN ANGIN DAN JUMLAH *BLADE AIRFOIL* TIPE NACA 4415 TERHADAP HASIL DAYA LISTRIK.** Skripsi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sebelas Maret Surakarta. Januari 2016

Tujuan penelitian ini adalah: (1) Menyelidiki pengaruh jumlah *blade* pada turbin angin *non-twisted blade* tipe airfoil NACA 4415 terhadap daya listrik yang dihasilkan. (2) Menyelidiki pengaruh penambahan lensa *nozzle* pada turbin angin *non-twisted blade* tipe airfoil NACA 4415 terhadap daya listrik yang dihasilkan turbin angin. (3) Menyelidiki pengaruh bersama (interaksi) antara penambahan lensa *nozzle* dan jumlah *blade* terhadap daya listrik yang dihasilkan turbin angin.

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif. Sampel dalam penelitian ini adalah Turbin Angin Sumbu Horisontal (TASH) dengan desain *blade airfoil* NACA 4415 *non-twisted*. 3 desain lensa *nozzle* digunakan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap peningkatan daya listrik TASH. Terdapat 3 variasi jumlah *blade* yaitu jumlah *blade* 2, jumlah *blade* 3, dan jumlah *blade* 4. Variasi kecepatan angin yang digunakan dalam penelitian ini adalah 2,5 m/s, 3,5 m/s, dan 4,5 m/s. Data diperoleh dengan melakukan pengujian TASH menggunakan angin rekayasa, daya listrik yang dihasilkan dibaca dan direkam oleh *data logger*. Data yang diperoleh dari hasil penelitian dimasukkan ke dalam tabel dan ditampilkan dalam bentuk grafik, kemudian dianalisis.

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa: (1) Adanya pengaruh variasi jumlah *blade* terhadap daya listrik turbin angin. TASH 3 *blade* menghasilkan daya listrik yang paling besar yaitu 0,7222 W pada kecepatan angin 4,5 m/s. (2) Adanya pengaruh penambahan lensa *nozzle* terhadap turbin angin. Lensa *nozzle* mampu meningkatkan hasil daya listrik turbin angin semua jenis variasi jumlah *blade* dibandingkan turbin angin tanpa lensa *nozzle*. (3) Ada pengaruh bersama yang signifikan antara variasi jumlah *blade* dan variasi jenis lensa terhadap daya listrik turbin angin. TASH 3 *blade* dengan lensa C pada kecepatan angin 4,5 m/s memiliki daya listrik tertinggi yaitu sebesar 0,82041 W. Daya listrik tersebut meningkat 13,60% dibanding TASH 3 *blade* tanpa penambahan lensa, yaitu 0,7222 W.

Kata kunci: Turbin Angin, Lensa *Nozzle*, Daya Listrik, *Data Logger*

ABSTRACT

Danur Lambang Pristiandaru. **THE EFFECT OF ADDING NOZZLE LENSES OF WIND TURBINES AND NUMBER OF AIRFOIL BLADE TYPE NACA 4415 TOWARD ELECTRICAL POWER.** *Skripsi*. The Faculty of Teacher Training and Education, Sebelas Maret University Surakarta. Januari 2016.

The purpose of this study are to: (1) Investigate the effect of the number of blades on a non-twisted blade wind turbines type airfoil NACA 4415 toward the electrical power generated. (2) Investigate the effect of adding nozzle lenses on non-twisted blade wind turbines type airfoil NACA 4415 on electrical power produced by wind turbines. (3) Investigate the joint influence (interaction) between the nozzle lenses adding and the number of blades toward the electrical power produced by wind turbines.

This study used quantitative descriptive method. The sample was Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT) with non-twisted blades airfoil NACA 4415. Three designs of nozzle lenses were used to know the effect toward HAWT electrical power increase. There were three variation of the number of blades those were the number of blades of two, the number of blades of three, and the number of blades of four. Wind speed variation used in this study was 2.5 m/s, 3.5 m/s, and 4.5 m/s. The data collected by conducting test of HAWT by using artificial wind, electric power generated was read and recorded by data logger. The data from the research was put into the table and shown in the form of graphic, then analyzed.

Based on the result of the research, it can be conclude that: (1) There was an effect of variation of the number of blades toward electrical power of wind turbines. Three blades HAWT produced the biggest electrical power that was 0.7222 W with 4.5 m/s of wind speed. (2) There was an effect of adding nozzle lenses toward wind turbines. Nozzle lenses could increase electrical power of wind turbines for all variation of the number of blades which compared to without nozzle lenses of wind turbines. (3) There was a significant joint effect between the number of blades variation and lenses type variation toward electrical power of wind turbines. Three blades HAWT with lens C in 4.5 m/s of wind speed had the highest electrical power of 0.82041 W. The electrical power had increased by 13.60% compared to three blades HAWT without lenses adding with 0.7222 W of electrical power.

Keywords: Wind Turbines, Nozzle Lens, Electrical Power, Data Logger

MOTTO

“Karena sesudah kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila kamu telah selesai dari suatu urusan, kerjakanlah dengan sungguh-sungguh urusan yang lain”

(Q.S. Al-Insyirah : 6-7)

“Orang yang paling bijaksana adalah orang yang mengetahui bahwa dia tidak tahu apapun”

(Socrates)

“Aku berfikir, oleh karena itu aku ada”

(Rene Descartes)

“Orang terpelajar, hendaknya adil sejak dalam pikiran maupun dalam perbuatan”

(Pramoedya Ananta Toer)

“Manusia dikutuk untuk bebas, karena sejak ia hadir di dunia, ia bertanggung jawab atas segala sesuatu yang dikerjakannya”

(Jean-Paul Sartre)

“Hidup terlalu singkat untuk belajar dari kesalahan diri sendiri, maka belajarlai dai kesalahan orang lain”

(Danur Lambang)

PERSEMBAHAN

Segala puji hanya untuk Allah SWT, kupanjatkan rasa syukur karena dengan izin dan kuasa-Nya, akhirnya dapat kupersembahkan skripsi ini untuk:

❖ Ibunda dan Ayahanda

Terima kasih atas kasih sayang, dukungan moril dan materiil, serta keikhlasan yang tak kenal lelah dalam mendidik anakmu ini.

❖ Megan dan Gilang

Adik-adikku tersayang, yang selalu memancarkan semangat dan cinta lewat kedua bola matanya.

❖ Keluarga LPM Kentingan

Terimakasih untuk kebersamaan, persahabatan, serta pengalamannya, terutama untuk Redza, Dita, Inang, Han, Haekal, Nurhay, Mbak Eva, Mbak Ovie, Mas Rochmad, dan Mas Fauzi.

❖ Sahabat

Terima kasih untuk persaudaraan, kekompakan, dan segala sesuatu yang kita lalui bersama teruntuk Wisnu, Adi Putra, Sunu, Dani, Ari, Ihsan, Nurido, Dwiki, Deby, Tri, dan Ratna.

❖ Keluarga PTM 2011

Terima kasih untuk kekeluargaan yang kita jalin selama 4 tahun lebih, semoga kita semua masih terus berkawan sampai akhir hayat.

❖ Keluarga Tim DI Biro APSI UNS

Terima kasih atas kehangatan dan kondisi kerja yang nyaman, terutama untuk Pak Moko, Bu Ria, Mas Azis, Mas Yudha, Mas Hendro, Anna, Dodo, Danu, Afifah, dan Azaria.

❖ Para Kamerad Soskom Indonesia

Terimakasih terutama untuk Bang Hendi, Darmawan, Iskak, dan Rasjid

❖ Sebuah Nama

Teruntuk Desy Mila Pertiwi, S.Ked., terimakasih telah menjadi teman cerita, teman spesial, penyemangat, dan pemompa endorfin yang ulung.

❖ Almamaterku

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas limpahan rohmat, taufik, hidayah, dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Pengaruh Penambahan Lensa *Nozzle* Dan Jumlah *Blade Airfoil* Tipe Naca 4415 Terhadap Hasil Daya Listrik Turbin Angin Sumbu Horisontal”

Banyak hambatan yang menimbulkan kesulitan dalam penyelesaian penulisan skripsi ini, namun berkat bantuan dari berbagai pihak akhirnya kesulitan yang timbul dapat teratasi. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada yang terhormat:

1. Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sebelas Maret yang telah memberikan ijin menyusun skripsi.
2. Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sebelas Maret.
3. Danar Susilo Wijayanto, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing I, yang selalu memberikan pengarahan dan bimbingan dengan penuh kesabaran.
4. Dr.Eng. Nugroho Agung Pambudi, S.Pd, M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II, yang selalu memberikan motivasi dan bimbingan dengan penuh kesabaran.
5. Drs. Emily Dardi, M.Kes. selaku Pembimbing Akademik.
6. Teman-teman seperjuangan PTM 2011.
7. Semua pihak yang penulis tidak bisa sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun dari semua pihak. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca.

Surakarta, Januari 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
HALAMAN PENGAJUAN.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
HALAMAN ABSTRAK.....	vi
HALAMAN MOTTO	viii
HALAMAN PERSEMBAHAN	ix
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah	3
C. Pembatasan Masalah	4
D. Perumusan Masalah	4
E. Tujuan Penelitian	4
F. Manfaat Penelitian	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
A. Kajian Teori dan Hasil Penelitian yang Relevan	6
1. Kajian Teori	6
a. Energi Angin	8
b. Sistem Konversi Energi Angin (SKEA)	6
c. Turbin Angin.....	12
1) Rotor.....	13

2) Generator	15
a) Generator <i>Direct Current</i> (DC).....	16
b) Generator <i>Alternating Current</i> (AC).....	16
3) Tower	16
1) Turbin Angin Sumbu Horisontal (TASH).....	17
2) Turbin Angin Sumbu Vertikal (TASV)	19
a) Rotor Darrieus	19
b) Rotor Savonius	20
d. Karakteristik Aliran Fluida	21
1) Aliran Laminar	22
2) Aliran Turbulen.....	22
3) Aliran Transisi.....	22
2. Hasil Penelitian yang Relevan	23
B. Kerangka Berpikir	25
C. Hipotesis Penelitian.....	26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
A. Tempat dan Waktu Penelitian	27
1. Tempat Penelitian.....	27
2. Waktu Penelitian	27
B. Rancangan/Desain Penelitian.....	29
C. Populasi dan Sampel	30
1. Populasi Penelitian	30
2. Sampel Penelitian.....	30
D. Teknik Pengambilan Sampel.....	31
E. Pengumpulan Data	32
1. Identifikasi Variabel.....	32
a. Variabel Bebas	32
b. Variabel Terikat	34
c. Variabel Kontrol.....	34
2. Metode Pengumpulan Data	35
3. Instrumen Penelitian.....	35

F. Analisis Data	41
G. Prosedur Penelitian.....	43
1. Studi Pustaka.....	43
2. Eksperimen dan Pengumpulan Data	43
3. Analisis Data	46
4. Kesimpulan	47
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
A. Deskripsi	48
1. Hasil Daya Listrik terhadap Jumlah <i>Blade</i> pada TASH.....	48
2. Hasil Daya Listrik terhadap Penambahan Lensa <i>Nozzle</i> pada TASH	49
3. Kecepatan Putaran Rotor terhadap Penambahan Lensa <i>Nozzle</i> pada TASH.....	54
4. TSR terhadap Penambahan Lensa <i>Nozzle</i> pada TASH.....	59
B. Pembahasan.....	62
1. Hasil Daya Listrik terhadap Jumlah <i>Blade</i> pada TASH.....	62
2. Hasil Daya Listrik terhadap Penambahan Lensa <i>Nozzle</i> pada TASH	64
3. TSR terhadap Penambahan Lensa <i>Nozzle</i> pada TASH.....	65
BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI, DAN SARAN	
A. Simpulan	66
B. Implikasi.....	66
C. Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Konversi Energi Angin Oleh Turbin Angin.....	8
2.2. C_p dan TSR dari berbagai jenis Turbin	12
2.3. Gaya <i>lift</i> dan <i>drag</i> pada <i>airfoil</i>	14
2.4. Prinsip Kerja Generator.....	16
2.5. Jenis TASH Berdasarkan <i>Blade</i>	18
2.6. Jenis TASH Menurut Arah Angin	18
2.7. TASV Rotor Darrieus	20
2.8. Prinsip Rotor Savonius.....	21
2.9. Persamaan Kontinuitas.....	23
2.10. Kerangka Penelitian	25
3.1. <i>Airfoil</i> NACA 4415	30
3.2. Lensa A	32
3.3. Lensa B	32
3.4. Lensa C	33
3.5. <i>Blade</i> 2	33
3.6. <i>Blade</i> 3	33
3.7. <i>Blade</i> 4	34
3.8. Skema Desain Penelitian.....	35
3.9. Blower.....	36
3.10. <i>Data Logger</i>	36
3.11. <i>Accu</i> 12V.....	37
3.12. Busur Derajat	37
3.13. Bohlam 5 Watt	37
3.14. Anemometer.....	38
3.15. <i>Tachometer</i> Digital.....	38
3.16. <i>Blade</i> Turbin.....	39
3.17. Panjang <i>Chord</i> Pangkal.....	39
3.18. Panjang <i>Chord</i> Ujung.....	39

3.19. Jari-jari <i>Blade</i>	39
3.20. <i>Hub</i>	40
3.21. Alternator sepeda	40
3.22. Lensa <i>nozzle</i>	41
3.23. Tower Turbin	41
3.24. Diagram Alur Penelitian	44
4.1. Grafik Hasil Pengukuran Daya Listrik terhadap Jumlah <i>Blade</i>	49
4.2. Grafik Hasil Pengukuran Daya Listrik terhadap Penambahan Lensa pada Turbin Angin dengan Kecepatan Angin 2,5 m/s	50
4.3. Grafik Hasil Pengukuran Daya Listrik terhadap Penambahan Lensa pada Turbin Angin dengan Kecepatan Angin 3,5 m/s	51
4.4. Grafik Hasil Pengukuran Daya Listrik terhadap Penambahan Lensa pada Turbin Angin dengan Kecepatan Angin 4,5 m/s	53
4.5. Grafik Kecepatan Putaran Rotor terhadap Penambahan Lensa pada Turbin Angin dengan Kecepatan Angin 2,5 m/s	54
4.6. Grafik Kecepatan Putaran Rotor terhadap Penambahan Lensa pada Turbin Angin dengan Kecepatan Angin 3,5 m/s	56
4.7. Grafik Kecepatan Putaran Rotor terhadap Penambahan Lensa pada Turbin Angin dengan Kecepatan Angin 4,5 m/s	58
4.8. Grafik TSR terhadap Penambahan Lensa pada Turbin Angin dengan Kecepatan Angin 2,5 m/s	60
4.9. Grafik TSR terhadap Penambahan Lensa pada Turbin Angin dengan Kecepatan Angin 3,5 m/s	61
4.10. Grafik TSR terhadap Penambahan Lensa pada Turbin Angin dengan Kecepatan Angin 4,5 m/s	62

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
3.1. Jadwal Pelaksanaan Penelitian	28
3.2. Matrikulasi Pengukuran Daya Listrik	31
4.1. Hasil Pengukuran Daya Listrik terhadap Jumlah <i>Blade</i>	48
4.2. Hasil Pengukuran Daya Listrik terhadap Penambahan Lensa pada Turbin Angin dengan Kecepatan Angin 2,5 m/s	49
4.3. Hasil Pengukuran Daya Listrik terhadap Penambahan Lensa pada Turbin Angin dengan Kecepatan Angin 3,5 m/s	51
4.4. Hasil Pengukuran Daya Listrik terhadap Penambahan Lensa pada Turbin Angin dengan Kecepatan Angin 4,5 m/s	52
4.5. Kecepatan Putaran Rotor terhadap Penambahan Lensa pada Turbin Angin dengan Kecepatan Angin 2,5 m/s	54
4.6. Kecepatan Putaran Rotor terhadap Penambahan Lensa pada Turbin Angin dengan Kecepatan Angin 3,5 m/s	56
4.7. Kecepatan Putaran Rotor terhadap Penambahan Lensa pada Turbin Angin dengan Kecepatan Angin 4,5 m/s	57
4.8. TSR terhadap Penambahan Lensa pada Turbin Angin dengan Kecepatan Angin 2,5 m/s.....	59
4.9. TSR terhadap Penambahan Lensa pada Turbin Angin dengan Kecepatan Angin 3,5 m/s.....	60
4.10. TSR terhadap Penambahan Lensa pada Turbin Angin dengan Kecepatan Angin 4,5 m/s	61

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Hasil Pengujian Daya Listrik	70
2. Perhitungan <i>Tip Speed Ratio</i>	125
3. Daftar Presensi Seminar Proposal Skripsi.....	134
4. Pengesahan Proposal Skripsi.....	135
5. Surat Keputusan Dekan FKIP tetang Ijin Penyusunan Skripsi	136
6. Surat Permohonan Ijin Penelitian kepada Rektor	137
7. Surat Permohonan Ijin Penelitian kepada Dekan.....	138
8. Surat Permohonan Ijin Penelitian kepada Kepala Lab.....	139
9. Surat Telah Melaksanakan Penelitian	140
10. Dokumentasi Penelitian	141