

**UJI PERFORMANSI TURBIN ANGIN POROS HORIZONTAL
MENGUNAKAN SUDU *WINGLET***



SKRIPSI

Oleh :

ACHMAD SANGIDZUN

K2516001

**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
Oktober 2020**

commit to user

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Achmad Sangidzun

NIM : K2516001

Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin

menyatakan bahwa skripsi saya berjudul **“UJI PERFORMANSI TURBIN ANGIN POROS HORIZONTAL MENGGUNAKAN SUDU *WINGLET*”** 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, November 2020

Yang membuat pernyataan



Achmad Sangidzun

**UJI PERFORMANSI TURBIN ANGIN POROS HORIZONTAL
MENGUNAKAN SUDU *WINGLET***

Oleh :
Achmad Sangidzun
K2516001

Skripsi

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

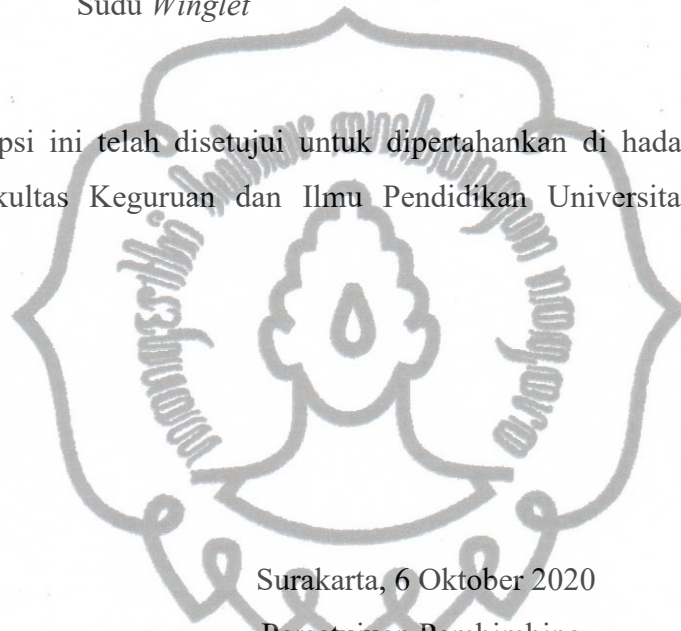
**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
Oktober 2020**

commit to user

PERSETUJUAN

Nama : Achmad Sangidzun
NIM : K2516001
Judul Skripsi : Uji Performansi Turbin Angin Poros Horizontal Menggunakan
Sudu *Winglet*

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

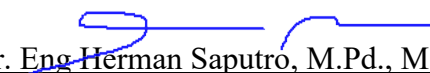


Surakarta, 6 Oktober 2020
Persetujuan Pembimbing,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


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


Dr. Eng Herman Saputro, M.Pd., M.T.
NIP. 19820811 200604 1 001

commit to user

PENGESAHAN SKRIPSI


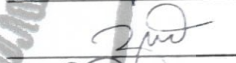


Nama : Achmad Sangidzun

NIM : K2516001

Judul Skripsi : Uji Performansi Turbin Angin Poros Horizontal Menggunakan
Sudu *Winglet*

Skripsi ini telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Skripsi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sebelas Maret Surakarta pada hari Selasa, tanggal 10 November 2020 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	: Yuyun Estriyanto, ST.,M.T.		<u>14-12-2020</u>
Sekretaris	: Budi Harjanto, ST, M.Eng.		<u>14-12-2020</u>
Anggota I	: Danar Susilo Wijayanto, ST.,M.Eng.		<u>19-11-2020</u>
Anggota II	: Dr.Eng. Herman Saputro, M.Pd., MT.		<u>01-12-2020</u>

Skripsi disahkan oleh kepala Program Studi Pendidikan Teknik Mesin pada,


Hari : *Senin*

Tanggal : *14 Desember 2020*

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Sebelas Maret,

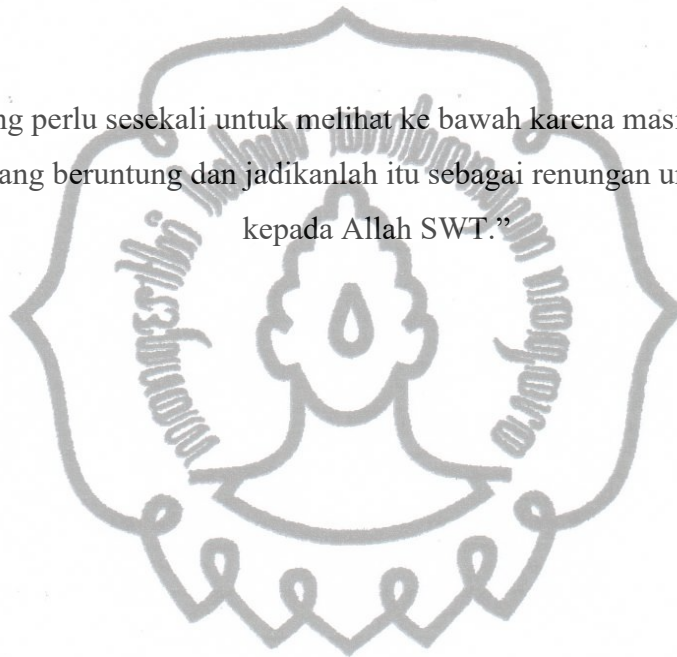
Dr. Mardiyana, M.Si.
NIP. 196602251993021002

Kepala Program Studi
Pendidikan Teknik Mesin,

Dr. Yuyun Estriyanto, S.T., M.T.
NIP. 197801132002121009

MOTTO

“Yakin dan bersungguh – sungguh adalah kunci dari segala permasalahan yang akan datang”

“Terkadang perlu sesekali untuk melihat ke bawah karena masih banyak orang yang kurang beruntung dan jadikanlah itu sebagai renungan untuk bersyukur kepada Allah SWT.”



commit to user

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

Bapak Karto dan Ibu Nasichatin

“Doamu yang selalu mengiringi apapun yang telah kulakukan, kerja keras yang selalu semangat dan kasih sayang yang selalu kau berikan. Tiada kasih sayang dan cintamu yang dapat digantikan. Terima kasih telah memberikan semangat, motivasi, doa dan semua yang kau berikan tak bisa dinilai dengan apapun”

Husni Ibadi

“Partner skripsi yang selalu memberikan semangat dan doa yang dapat memacu semangat dalam mengerjakan skripsi ini, terima kasih atas kerja sama yang telah kita lewati, semoga selalu menyemangati dan bekerja sama di lain kesempatan.”

Teman – teman PTM Angkatan 2016

“Teman seperjuangan selama 4 tahun yang selalu memberikan cerita baik suka maupun duka. Terimakasih atas dukungan dan kerja samanya, semoga semuanya diberikan kesuksesan untuk masa depan, Amiin.”

ABSTRAK

Achmad Sangidzun, K2516001. **UJI PERFORMANSI TURBIN ANGIN POROS HORIZONTAL MENGGUNAKAN SUDU *WINGLET***. Skripsi, Surakarta : Fakultas Keguruan dan ilmu Pendidikan Universitas Sebelas Maret Surakarta, September 2020.

Energi angin merupakan salah satu energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan sebagai penggerak turbin angin. Energi angin dapat dimanfaatkan menggunakan Sistem Konversi Energi Angin (SKEA). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui performa turbin angin poros horizontal *winglet* pada kecepatan angin rendah.

Penelitian ini mempelajari tentang pengaruh jumlah sudu dan sudut *pitch* terhadap daya yang dihasilkan oleh turbin horizontal *winglet*. Penelitian ini menggunakan *airfoil* NACA 4412 dengan penambahan *winglet* pada ujung *blade* yang didesain dengan sudut 45° . Jumlah sudu yang digunakan pada penelitian ini adalah tiga, empat, dan lima sudu. Sudut *pitch* yang digunakan adalah 0° , 2° , 4° , 6° , 8° , dan 10° . Rotor turbin horizontal *winglet* memiliki diameter 800 mm dengan panjang *blade* 350 mm, tidak menggunakan transmisi dan menggunakan generator tipe PMG 200 W. Pengambilan data dilakukan pada *wind tunnel* dengan kecepatan angin 1,5 m/s s/d 5 m/s.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah sudu, sudut *pitch* dan kecepatan angin dapat mempengaruhi daya listrik yang dihasilkan turbin horizontal *winglet*. Jumlah sudu yang paling optimal adalah lima sudu yang menghasilkan daya sebesar 12,22 W. Sudut *pitch* yang paling optimal adalah 10° untuk tiga, empat, dan lima sudu masing – masing 6,99 W, 11,34 W dan 12,22 W. Kecepatan angin yang paling optimal untuk semua perlakuan diperoleh pada kecepatan angin 5 m/s. Nilai koefisien daya (C_p) paling tinggi diperoleh pada variasi jumlah sudu lima dan sudut *pitch* 10° .

Kata Kunci : energi angin, sudut *pitch*, NACA 4412, jumlah sudu, *winglet*, turbin angin poros horizontal

ABSTRACT

Achmad Sangidzun, K2516001. **HORIZONTAL WIND TURBINE PERFORMANCE TEST USING WINGLET TURBINE.** Thesis, Surakarta: Faculty of Teacher Training and Education, Sebelas Maret University Surakarta, September 2020.

Wind energy is a renewable energy that can be used to drive wind turbines. Wind energy can be utilized using the *Wind Energy Conversion System* (WECS). This study aims to determine the performance of a horizontal axis winglet wind turbine at low wind speeds.

This research studies the effect of the number of blades and the pitch angle on the power generated by the horizontal winglet turbine. This study uses a NACA 4412 aerofoil with the addition of a winglet at the tip of the blade which is designed with an angle of 45° . The number of blades used in this study were three, four, and five blades. The pitch angles used are 0° , 2° , 4° , 6° , 8° , and 10° . The horizontal winglet turbine rotor has a diameter of 800 mm with a blade length of 350 mm, does not use a transmission and uses a 200 W type PMG generator. Data collection is carried out in the wind tunnel with wind speeds of 1.5 m/s to 5 m/s.

The results showed that the number of blades, pitch angle and wind speed could affect the electric power generated by the horizontal winglet turbine. The most optimal number of blades is five blades that produce a power of 12.22 W. The most optimal pitch angles are 10° for three, four, and five blades respectively 6.99 W, 11.34 W and 12.22 W. The most optimal wind speed for all treatments is obtained at a wind speed of 5 m/s. The highest value of power coefficient (C_p) is obtained at the variation of the number of five blades and 10° pitch angle.

Keywords : wind energy, pitch angle, NACA 4412, number of blades, winglet, horizontal axis wind turbine

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karuniaNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi yang berjudul “Uji Performansi Turbin Angin Poros Horizontal Menggunakan Sudu Winglet” dalam waktu yang telah ditentukan.

Laporan skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan mendapatkan gelar sarjana pada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret Surakarta. Penulis menyadari bahwa terselesaikannya laporan skripsi ini tidak terlepas dari doa, bantuan, bimbingan dan arahan dari berbagai pihak. Penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Mardiyana, M.Si., Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
2. Dr. Yuyun Estriyanto, ST.,M.T., Kepala Program Studi sekaligus Dosen Pembimbing Akademik Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
3. Danar Susilo Wijayanto, ST.,M.Eng., selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan laporan skripsi.
4. Dr. Eng. Herman Saputro, M.Pd.,M.T., selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan laporan skripsi.
5. Husni Ibadi, selaku teman satu tim yang selalu memberi semangat dan bantuan dalam proses penyusunan laporan skripsi.
6. Teman-teman Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, angkatan 2016 yang telah menjadi teman seperjuangan selama perkuliahan.

Penulis menyadari bahwa laporan skripsi ini kurang sempurna. Maka dari itu, peneliti mengharapkan saran dan kritikan yang bersifat membangun dari pihak-pihak yang membaca laporan skripsi ini.

Surakarta, September 2020

commit to user

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
HALAMAN PENGAJUAN.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
HALAMAN MOTTO.....	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vii
HALAMAN ABSTRAK	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	3
C. Pembatasan Masalah.....	3
D. Rumusan Masalah.....	4
E. Tujuan Penelitian	4
F. Manfaat Penelitian	4
BAB II.....	6
KAJIAN PUSTAKA, KERANGKA BERPIKIR, DAN HIPOTESIS.....	6
A. Kajian Pustaka	6
1. Energi Angin.....	6
2. Sistem Konversi Energi Angin	6
3. Turbin Angin Horizontal.....	11
B. Kerangka Berpikir.....	13
C. Hipotesis	14

BAB III	16
METODE PENELITIAN.....	16
A. Tempat dan Waktu Penelitian	16
1. Tempat Penelitian	16
2. Waktu Penelitian.....	16
B. Desain Penelitian	16
C. Teknik Pengumpulan Data.....	17
1. Identifikasi Variabel.....	17
2. Metode Pengumpulan data.....	21
3. Instrumen Penelitian	23
D. Teknik Analisis Data.....	25
E. Prosedur Penelitian	26
1. Diagram Alir Penelitian	26
2. Studi Pustaka.....	28
3. Pelaksanaan Penelitian Eksperimen dan Pengumpulan Data.....	28
4. Analisis Data.....	30
5. Kesimpulan	31
BAB IV	32
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	32
A. Hasil Penelitian	32
1. Deskripsi Data.....	32
2. Hasil Kecepatan Putar Generator	32
3. Hasil Tegangan Listrik.....	34
4. Hasil Kuat Arus Listrik.....	36
5. Hasil daya listrik yang dihasilkan	38
B. Pembahasan.....	41
1. Pengaruh Jumlah Sudu terhadap Daya yang Dihasilkan pada Turbin Angin Poros Horizontal <i>Winglet</i>	41
2. Pengaruh Sudut Pitch terhadap Daya Listrik yang Dihasilkan Turbin Angin Sumbu Horizontal <i>Winglet</i>	42
3. Pengaruh Kecepatan Angin terhadap Daya Listrik yang Dihasilkan Turbin Angin Sumbu Horizontal <i>Winglet</i>	43

4. Konfigurasi Turbin Angin Poros Horizontal <i>Winglet</i>	43
BAB V	49
SIMPULAN, IMPLIKASI DAN SARAN	49
A. Simpulan	49
B. Implikasi	49
C. Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	51
DAFTAR LAMPIRA	54



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Konversi Energi Angin pada Turbin Angin	7
2.2. Kurva rotor dibandingkan dengan v_0/v atau C_p	9
2.3. Variasi <i>Tip Speed Ratio</i> dan Koefisien Daya pada Berbagai Jenis Turbin Angin ..	10
2.4. Macam - macam Jumlah <i>Blade</i>	11
2.5. NACA 4412	17
2.6. <i>Pitch Angle</i>	12
2.7. <i>Winglet</i>	13
2.8. Diagram Kerangka Berpikir	14
3.1. Tiga Sudu <i>Winglet</i>	18
3.2. Empat Sudu <i>Winglet</i>	18
3.3. Lima Sudu <i>Winglet</i>	18
3.4. Sudut <i>Pitch</i> 0°	19
3.5. Sudut <i>Pitch</i> 2°	19
3.6. Sudut <i>Pitch</i> 4°	19
3.7. Sudut <i>Pitch</i> 6°	20
3.8. Sudut <i>Pitch</i> 8°	20
3.9. Sudut <i>Pitch</i> 10°	20
3.10. <i>Wind Tunnel</i>	23
3.11. <i>Blower</i>	24
3.12. <i>Anemometer</i>	24
3.13. <i>Multimeter</i>	25
3.14. <i>Tachometer</i>	25
3.15. Diagram Alir Penelitian	27
3.16. Tiang Turbin Angin	28
3.17. Proses Pembuatan <i>Blade</i>	29
3.18. Perakitan Turbin Horizontal	29
4.1. Hubungan Kecepatan Angin terhadap Kecepatan Putaran Generator Tiga Sudu <i>Winglet</i>	32
4.2. Hubungan Kecepatan Angin terhadap Kecepatan Putaran Generator Empat Sudu <i>Winglet</i>	33

4.3. Hubungan Kecepatan Angin terhadap Kecepatan Putaran Generator Lima Sudu <i>Winglet</i>	34
4.4. Hubungan Kecepatan Angin terhadap Tegangan Listrik Tiga Sudu <i>Winglet</i>	35
4. 5. Hubungan Kecepatan Angin terhadap Tegangan Listrik Empat Sudu <i>Winglet</i>	35
4. 6. Hubungan Kecepatan Angin terhadap Tegangan Listrik Lima Sudu <i>Winglet</i>	36
4.7. Hubungan Kecepatan Angin terhadap Kuat Arus Listrik Tiga Sudu <i>Winglet</i>	37
4.8. Hubungan Kecepatan Angin terhadap Kuat Arus Listrik Empat Sudu <i>Winglet</i>	37
4. 9. Hubungan Kecepatan Angin terhadap Kuat Arus Listrik Lima Sudu <i>Winglet</i>	38
4.10. Hubungan Kecepatan Angin terhadap Daya Listrik Tiga Sudu <i>Winglet</i>	39
4.11. Hubungan Kecepatan Angin terhadap Daya Listrik Empat Sudu <i>Winglet</i>	40
4.12. Hubungan Kecepatan Angin terhadap Daya Listrik Lima Sudu <i>Winglet</i>	40
4.13. Perbandingan Jumlah Sudu terhadap Daya Listrik yang Dihasilkan pada Kecepatan Angin 5 m/s	42
4.14. Hubungan Kecepatan Angin terhadap Koefisien Daya Tiga Sudu <i>Winglet</i>	44
4.15. Hubungan Kecepatan Angin terhadap <i>TSR</i> Tiga Sudu <i>Winglet</i>	45
4.16. Hubungan Kecepatan Angin terhadap Koefisien Daya Empat Sudu <i>Winglet</i>	46
4.17. Hubungan Kecepatan Angin terhadap <i>TSR</i> Empat Sudu <i>Winglet</i>	46
4.18. Hubungan Kecepatan Angin terhadap Koefisien Daya Lima Sudu <i>Winglet</i>	47
4.19. Hubungan Kecepatan Angin terhadap <i>TSR</i> Lima Sudu <i>Winglet</i>	47

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1.1. Potensi Energi Indonesia Tahun 2018	1
3.1. Spesifikasi Turbin Angin Poros Horizontal <i>Winglet</i>	21
3.2. Spesifikasi <i>Wind Tunnel</i>	20



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Surat Permohonan Izin Penelitian.....	50
2. Surat Permohonan Izin Menyusun Skripsi.....	51
3. Surat Keputusan Dekan FKIP	52
4. Surat Permohonan Izin Penelitian Kepada Rektor.....	53

