

**SKRIPSI**  
**STUDI EKSPERIMENTAL TURBIN ANGIN SUMBU**  
**VERTIKAL JENIS SAVONIUS DENGAN DUA SUDU**  
**OVERLAP UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK DC**  
**SKALA MIKRO**



**EBEN RONITUA S**  
**03051281419074**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**  
**2018**



**SKRIPSI**  
**STUDI EKSPERIMENTAL TURBIN ANGIN SUMBU**  
**VERTIKAL JENIS SAVONIUS DENGAN DUA SUDU**  
**OVERLAP UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK DC**  
**SKALA MIKRO**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar**  
**Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



**OLEH:**  
**EBEN RONITUA S**  
**03051281419074**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**  
**2018**



## HALAMAN PENGESAHAN

# STUDI EKSPERIMENTAL TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL JENIS SAVONIUS DENGAN DUA SUDU OVERLAP UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK DC SKALA MIKRO

## SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana  
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

OLEH :

**EBEN RONITUA S**  
**03051281419074**



Inderalaya, Juli 2018  
Diperiksa dan disetujui oleh :  
Pembimbing Skripsi,



Prof. Dr. Ir. H. Kaprawi, DEA  
NIP.195701181985031004



## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “Studi Eksperimental Turbin Angin Sumbu Vertikal Jenis Savonius Dengan Dua Sudu *Overlap* Untuk Pembangkit Listrik DC Skala Mikro” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 25 Juli 2018.

Indralaya, 25 Juli 2018

Tim penguji karya tulis ilmiah berupa Skripsi

Ketua :

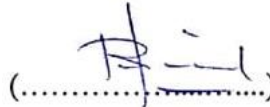
1. Ir. Irwin Bizzy, M.T  
NIP. 19600528 198903 1 002



(.....)

Anggota :

1. Prof. Ir. Riman Sipahutar, M. Sc, Ph. D  
NIP. 19560604 198602 1 001
2. Dr. Dewi Puspitasari, S.T, M.T  
NIP. 19700115 199412 2 001



(.....)



(.....)

Mengetahui  
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Prasvadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D  
NIP. 19711225 199702 1 001

Pembimbing Skripsi



Prof. Dr. Ir. H. Kaprawi, DEA  
NIP.19570118 198503 1 004





**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**Agenda No. :  
Diterima Tanggal :  
Paraf :**

**SKRIPSI**

**NAMA : EBEN RONITUA S  
NIM : 03051281419074  
JURUSAN : TEKNIK MESIN  
BIDANG STUDI : KONVERSI ENERGI  
JUDUL : STUDI EKSPERIMENTAL TURBIN ANGIN  
SUMBU VERTIKAL JENIS SAVONIUS  
DENGAN DUA SUDU *OVERLAP* UNTUK  
PEMBANGKIT LISTRIK DC SKALA MIKRO  
DIBERIKAN : MARET 2018  
SELESAI : JULI 2018**

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin



**Irsyad Yanti, S.T, M.Eng, Ph.D  
NIP.19711225 199702 1 001**

Inderalaya, Juli 2018  
Diperiksa dan disetujui oleh :  
Pembimbing Skripsi,

**Prof. Dr. Ir. H. Kaprawi, DEA  
NIP.19570118 198503 1 004**



## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : EBEN RONITUA S

NIM : 03051281419074

Judul : STUDI EKSPERIMENTAL TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL  
JENIS SAVONIUS DENGAN DUA SUDU *OVERLAP* UNTUK  
PEMBANGKIT LISTRIK DC SKALA MIKRO

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (Corresponding author)

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Inderalaya, Juli 2018

Penulis,



Eben Ronitua S  
NIM.03051281419074



## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : EBEN RONITUA S

NIM : 03051281419074

Judul : STUDI EKSPERIMENTAL TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL  
JENIS SAVONIUS DENGAN DUA SUDU *OVERLAP* UNTUK  
PEMBANGKIT LISTRIK DC SKALA MIKRO

Menyatakan bahwa Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Inderalaya, Juli 2018



Eben Ronitua S  
NIM.03051281419074



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis persembahkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan berkat dan kasih karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir (skripsi) ini dengan baik.

Skripsi ini berjudul “STUDI EKSPERIMENTAL TURBIN ANGIN VERTIKAL JENIS SAVONIUS DENGAN DUA SUDU *OVERLAP* UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK DC SKALA MIKRO”, disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Dalam menyelesaikan laporan skripsi ini, penulis banyak menerima bantuan dan dukungan baik secara moril maupun materil dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa yang selalu memberikan berkat dan kasih karunia yang melimpah sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini;
2. Bapak Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya;
3. Bapak Amir Arifin, S.T., M.Eng. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya;
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Kaprawi, DEA. selaku dosen pembimbing skripsi penulis yang telah membimbing, mengarahkan dan membantu selama proses penyelesaian skripsi;
5. Ibu Dr. Ir. Diah Kusuma Pratiwi, M.T selaku dosen Pembimbing Akademik selama kuliah di Jurusan Teknik Mesin;
6. Kedua Orang Tua Ibu Marisi dan Bapak Basminton, ketiga saudara penulis Okta, Jelita dan leader beserta keluarga besar yang selalu mendukung dan mendoakan selama proses menempuh kegiatan akademik di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya ini;

7. Seluruh staf pengajar Teknik Mesin Universitas Sriwijaya, untuk semua ilmunya selama penulis menimba ilmu di Teknik Mesin Universitas Sriwijaya;
8. Para Karyawan dan staff Jurusan Teknik Mesin, Kak Novriansyah selaku koordinator Lab. Fenomena Dasar Mesin, Kak Yan, Kak Sapril yang sangat membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini;
9. Keluarga Besar Mahasiswa Tim Sriwijaya Eco Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya;
10. Keluarga Besar Himpunan Mahasiswa Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya;
11. Rekan-rekan Anggota Kumis Squad Andre Giovano, Andres Ramli dan Setiawan Kurniadi yang telah bekerjasama bersama dengan penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini;
12. Sahabat karib penulis Alm.Christian RS Sinaga yang telah banyak memberi motivasi, ilmu dan bimbingannya selama menempuh kegiatan akademik di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya ini;
13. Rekan seperjuangan Angkatan 2014 Teknik Mesin Universitas Sriwijaya;
14. Seluruh Remaja dan Naposo HKBP Plaju.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar penelitian ini menjadi lebih baik. Semoga penulisan skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan semua pihak yang berkepentingan.

Indralaya, Juli 2018



Penulis



## RINGKASAN

STUDI EKSPERIMENTAL TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL JENIS SAVONIUS DENGAN DUA SUDU *OVERLAP* UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK DC SKALA MIKRO

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi, Juli 2018

Eben Ronitua S; Dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. H. Kaprawi, DEA

An Experimental Study of Savonius Type Vertical Axis Wind Turbine with Two Overlap Blades for Micro Scale DC Power Plant.

xxvii + 64 Halaman, 3 tabel, 42 gambar, 4 lampiran.

### RINGKASAN

Energi angin merupakan salah satu energi terbarukan yang berpotensi besar untuk menjadi sumber utama energi terbarukan bagi dunia modern saat ini dan menjadi solusi yang paling efektif untuk mengatasi isu keterbatasan energi fosil dan pemanasan global. Untuk memanfaatkan energi angin diperlukan sebuah turbin angin untuk Sistem Konversi Energi Angin (SKEA). Penelitian ini fokus membahas tentang konversi energi angin menjadi energi listrik DC skala mikro. Turbin angin yang dibuat merupakan turbin angin sumbu vertikal jenis Savonius dengan dua sudu *overlap*. Turbin angin dibuat dengan tinggi rotor 0,2 m, diameter turbin 0,15 m, rasio *overlap* 0,2 dan diameter *end plate* 0,17 m. Turbin angin diuji secara eksperimental menggunakan *wind tunnel subsonic* dengan 10 variasi kecepatan angin dari 5,01-11,85 m/s untuk mempelajari pengaruh kecepatan angin terhadap performansi turbin dan daya listrik yang dihasilkan. Poros turbin langsung dihubungkan ke generator DC sehingga putaran generator sama dengan putaran turbin. Generator diberikan sebuah beban lampu LED 2-5 VDC 7 W dan dilakukan pengukuran putaran turbin, tegangan dan arus listrik. Dari hasil penelitian didapat bahwa semakin besar kecepatan angin yang diberikan maka putaran turbin akan semakin tinggi sehingga daya listrik yang dihasilkan generator juga akan semakin besar. Putaran turbin tertinggi yang didapat adalah 970,4 rpm pada kecepatan angin 11,85 m/s sedangkan tegangan, arus dan daya listrik terbesar yang dihasilkan yaitu 4,15 V, 0,58 A dan 2,407 W pada kecepatan angin 11,85 m/s. *Tip speed ratio* tertinggi yang didapat sebesar 0,645 pada kecepatan angin 11,35 m/s dan efisiensi keseluruhan tertinggi sebesar 8,74 % pada kecepatan angin 10,24 m/s.

**Kata Kunci** : Turbin Savonius, Rasio *Overlap*, Efisiensi Keseluruhan.



## SUMMARY

### AN EXPERIMENTAL STUDI OF SAVONIUS TYPE VERTICAL AXIS WIND TURBINE WITH TWO OVERLAP BLADES FOR MICRO SCALE DC POWER PLANT

Final Project, July 2018

Eben Ronitua S; Supervised by Prof. Dr.Ir.H. Kaprawi, DEA

Studi Eksperimental Turbin Angin Sumbu Vertikal Jenis Savonius Dengan Dua Sudu *Overlap* Untuk Pembangkit Listrik DC Skala Mikro

xxvii + 64 pages, 3 tables, 42 images, 4 enclosures.

### SUMMARY

Wind energy is one of the most potential renewable energy to be a major source of renewable energy for this modern world and the most effective solution to address the issues of limited fossil energy and global warming. To utilize wind energy it takes a wind turbine for Wind Energy Conversion System (WECS). This study focus on the conversion of wind energy into DC micro-scale electrical energy. The wind turbine that has been made is a Savonius vertical axis wind turbine with two overlap blades. The wind turbine is made with a rotor height of 0.2 m, a diameter of 0.15 m turbine, a overlap ratio of 0.2 and an end plate diameter of 0.17 m. The wind turbine was tested experimentally using a subsonic wind tunnel with 10 variations in wind speed from 5.01-11.85 m/s to study the effect of wind speed on turbine performance and the resulting electric power. The turbine shaft is directly connected to the DC generator so that the generator rotation speed is equal to the turbine rotation speed. Generator is given a load of LED lights 2-5 VDC 7 W and measured turbine rotation, voltage and electric current. From the research results obtained that the higher wind speed given will make the turbine rotation be higher too, so that the generated electricity generator will also be higher. The highest wind turbine rotation is 970.4 rpm at wind speed of 11.85 m/s while the highest voltage, current and power generated are 4.15 V, 0.58 A and 2.407 W at wind speed 11.85 m/ s. The highest tip speed ratio is 0.645 at wind speed of 11.35 m/s and the highest overall efficiency is 8.74 % at wind speed of 10.24 m/s.

**Keywords** : Savonius Turbine, Overlap Ratio, Overall Efficiency.



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	v
HALAMAN PENGESAHAN AGENDA.....	vii
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	ix
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
RINGKASAN.....	xv
SUMMARY.....	xvii
DAFTAR ISI.....	i
DAFTAR GAMBAR.....	xxi
DAFTAR TABEL.....	xxiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxv
DAFTAR SIMBOL.....	xxvii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1    Latar Belakang.....	1
1.2    Rumusan Masalah.....	3
1.3    Batasan Masalah.....	3
1.4    Tujuan Penelitian.....	4
1.5    Manfaat Penelitian.....	4
1.6    Metode Penelitian.....	4
1.7    Sistematika Penelitian.....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1    Studi Literatur.....	7
2.2    Energi Angin.....	11
2.3    Turbin Angin.....	12
2.3.1    Turbin Angin Sumbu Horisontal (TASH).....	13
2.3.2    Turbin Angin Sumbu Vertikal (TASV).....	16

2.4	Turbin Savonius .....	17
2.4.1	Parameter - Parameter Turbin Savonius .....	19
2.5	Gaya Hambat ( <i>Drag</i> ).....	20
2.5.1	Gaya <i>Drag</i> Pada Turbin Pelat Datar .....	21
2.5.2	Gaya Drag Pada Anemometer Cup .....	23
2.6	Teori Momentum Elementer dan <i>Betz Limit</i> .....	24
2.7	Daya Turbin.....	28
2.8	Koefisien Daya ( $C_p$ ) dan <i>Tip Speed Ratio</i> (TSR) .....	29
2.9	Generator dan Efisiensi Keseluruhan .....	31
2.10	<i>End Plate</i> dan <i>Overlap</i> .....	33
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....		35
3.1	Prosedur Penelitian.....	35
3.2	Metode Penelitian.....	36
3.3	Perancangan Teoritis Turbin Angin .....	36
3.4	Alat dan Bahan .....	40
3.5	Desain Alat.....	46
3.5.1	Desain Turbin Angin .....	46
3.5.2	Desain Sistem .....	47
3.6	Skematik Pengujian.....	47
3.7	Prosedur Pengujian.....	48
3.8	Hasil Yang Diharapkan .....	50
BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN .....		51
4.1	Data Hasil Pengujian .....	51
4.2	Pengolahan Data Hasil Pengujian dan Pembahasan .....	52
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....		63
5.1	Kesimpulan.....	63
5.2	Saran.....	64
DAFTAR RUJUKAN .....		i
LAMPIRAN .....		i

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skematik turbin angin (Berg, 2007) .....	13
Gambar 2.2 Turbin angin sumbu horizontal (Twidell & Weir, 2006) .....	14
Gambar 2.3 Jenis-jenis turbin angin sumbu vertikal (Schaffarczyk, 2014) .....	17
Gambar 2.4 Prinsip kerja turbin Savonius (Wenehenubun et.al., 2015) .....	18
Gambar 2.5 Skematik diagram turbin savonius (Mahmoud et al., 2012) .....	19
Gambar 2.6 Skematik diagram gaya drag (Berg, 2007) .....	20
Gambar 2.7 Koefisien Drag (Hoerner, 1965) .....	21
Gambar 2.8 Turbin plat datar (Manwell, McGowan, & Rogers, 2010) .....	21
Gambar 2.9 Koefisien daya turbin drag sederhana (Manwell et al., 2010) .....	22
Gambar 2.10 Mekanisme gaya drag anemometer cup (Schaffarczyk, 2014) ..	23
Gambar 2.11 Koefisien daya anemometer cup (Schaffarczyk, 2014) .....	24
Gambar 2.12 Variasi P dan v pada turbin angin ideal (M.Ragheb, 2014) .....	25
Gambar 2.13 Grafik Cp terhadap parameter, b (Ragheb & Ragheb, 2011) ...	27
Gambar 2.14 Grafik Cp sebagai fungsi $\lambda$ (Menet, 2004) .....	30
Gambar 2.15 Bagian-bagian mesin DC (Salameh & Salameh, 2014) .....	31
Gambar 2.16 Konversi energi angin menjadi energi listrik (Johnson, 2006)...	32
Gambar 3.1 Proedur Penelitian .....	35
Gambar 3.2 Grafik hubungan antara tegangan dengan putaran generator .....	36
Gambar 3.3 Skema transmisi gear turbin ke generator .....	37
Gambar 3.4. Grafik hubungan Cp VS tsr turbin Savonius (Menet, 2004) .....	38
Gambar 3.5 Pipa PVC .....	40
Gambar 3.6 Gergaji besi .....	41
Gambar 3.7 Tang <i>rivet</i> dan paku <i>rivet</i> .....	41
Gambar 3.8 Mesin gerinda tangan .....	42
Gambar 3.9 Mesin bor tangan dan mata bor .....	42
Gambar 3.10 Generator DC .....	43
Gambar 3.11 Lampu LED 2-5 VDC 7 Watt .....	43
Gambar 3.12 <i>Wind tunnel-40 subsonic</i> .....	44
Gambar 3.13 <i>Thermo-Anemometer</i> .....	44

Gambar 3.14 <i>Tachometer</i> .....	45
Gambar 3.15 <i>Multitester</i> digital .....	45
Gambar 3.16 Desain Turbin Angin .....	46
Gambar 3.17 Desain Sistem .....	47
Gambar 3.18 Skematik pengujian turbin angin pada <i>wind tunnel</i> .....	48
Gambar 4.1 Grafik hubungan antara $V_w$ terhadap $\lambda$ .....	56
Gambar 4.2 Grafik hubungan antara $V_w$ terhadap $n$ .....	57
Gambar 4.3 Grafik hubungan antara $n$ terhadap $V$ .....	58
Gambar 4.4 Grafik hubungan antara $n$ terhadap $I$ .....	58
Gambar 4.5 Grafik hubungan antara $n$ terhadap $P_g$ .....	59
Gambar 4.6 Grafik hubungan antara $V_w$ terhadap $P_w$ dan $P_g$ .....	60
Gambar 4.7 Grafik hubungan antara $P_w$ terhadap $P_g$ .....	61
Gambar 4.8 Grafik hubungan antara $V_w$ terhadap $\eta_o$ .....	62



## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Tabel Hasil Pengujian Turbin Savonius Dua Sudu Overlap.....	52
Tabel 4.2 Tabel interpolasi densitas udara .....	53
Tabel 4.3 Tabel Hasil Pengolahan Data .....	55



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A.1 Tabel <i>Properties Of Air at Atmospheric Pressure</i> .....	i
Lampiran A.2 Pengolahan Data Hasil Pengujian .....	i
Lampiran A.3 Pengolahan Data Excel .....	i
Lampiran A.4 Proses Pembuatan dan Pengujian.....	i



## DAFTAR SIMBOL

$P_w$	Daya angin (W)	$F_D$	Gaya <i>Drag</i> (N)
$\rho$	Densitas udara ( $\text{kg/m}^3$ )	$P_T$	Daya turbin (W)
$A$	Luas sapuan rotor ( $\text{m}^2$ )	$n$	Putaran turbin (rpm)
$\dot{m}$	Laju aliran massa ( $\text{kg/s}$ )	$\omega$	Kecepatan sudut turbin ( $\text{rad/s}$ )
$V_w$	Kecepatan angin ( $\text{m/s}$ )	$T$	Torsi (N.m)
$\alpha$	Aspect Ratio	$\lambda$	Tip speed ratio (tsr)
$\beta$	Overlap Ratio	$R$	Jari-jari rotor (m)
$D$	Diameter rotor (m)	$V$	Tegangan (V)
$D_o$	Diameter <i>end plate</i> (m)	$I$	Arus (A)
$d$	Diameter sudu (m)	$P_g$	Daya Generator (W)
$e$	<i>Overlap</i> (m)	$C_p$	Koefisien daya (%)
$H$	Tinggi sudu rotor (m)	$\eta_m$	Efisiensi mekanik (%)
$C_D$	Koefisien <i>Drag</i>	$\eta_g$	Efisiensi generator (%)



# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pasokan listrik di dunia ini terutama di Indonesia semakin hari terus meningkat karena semakin banyaknya penduduk yang bertambah. Energi listrik merupakan suatu kebutuhan yang penting bagi manusia modern saat ini untuk membantu menjalankan aktivitas. Berdasarkan keterangan *International Energy Agency* (IEA) konsumsi energi dunia akan meningkat antara 40% - 50% pada tahun 2030, dengan rata-rata 1,6% setiap tahunnya (Santos et al., 2017).

Meningkatnya konsumsi energi menimbulkan beberapa permasalahan seperti menipisnya sumber energi fosil dan pemanasan global. Energi fosil merupakan sumber energi yang paling banyak digunakan untuk membangkitkan energi listrik. Secara umum energi dibedakan menjadi dua bagian besar yaitu energi konvensional dan energi baru-terbarukan. Energi fosil termasuk dalam jenis energi konvensional yang sifatnya tidak dapat diperbaharui dan tersedia dalam jumlah terbatas di bumi. Selain itu penggunaan energi fosil berdampak buruk bagi lingkungan karena menyebabkan efek gas rumah kaca yang merupakan penyebab utama dari *Global Warming*. Energi fosil saat ini masih mendominasi sebesar 83% energi yang digunakan di dunia (Santos et al., 2017). Dari tahun 1995 sampai tahun 2011 emisi gas rumah kaca dunia meningkat sebesar 38 % yang diakibatkan bahan bakar fosil dipakai secara kontinu (Ali et al., 2016).

Penggunaan energi terbarukan sebagai sumber energi menjadi solusi yang paling efektif untuk mengatasi isu ketersediaan energi fosil yang menipis dan pemanasan global. Energi terbarukan merupakan energi yang dapat diperbaharui dan tersedia sangat melimpah di alam. Sumber energi baru-terbarukan diantaranya energi angin, panas matahari, biogas / biomassa, air laut pasang surut, panas bumi, gelombang air laut dan lain-lain sangat bersih dan ramah

lingkungan. Di antara sumber energi terbarukan tersebut, energi angin memiliki potensi besar untuk menjadi sumber utama energi terbarukan bagi dunia modern saat ini. Pembangkit listrik energi angin merupakan teknologi penghasil listrik yang bebas emisi dan bersih. Berdasarkan statistik *Global Wind Energy Council* (GWEC) 2013, total kapasitas kumulatif dunia pembangkit listrik energi angin telah terpasang 318 GW, yang menunjukkan peningkatan hampir 200 GW dalam 5 tahun terakhir. GWEC memprediksi bahwa tenaga angin bisa mencapai 2000 GW pada 2030, memasok antara 16,7% dan 18,8% listrik dunia dan membantu menghemat lebih dari 3 miliar ton emisi CO<sub>2</sub> setiap tahunnya (Beig & Muyeen, 2016).

Indonesia termasuk negara dengan ketersediaan energi angin yang cukup besar mencapai 950 MW (KESDM, 2015). Namun energi angin di Indonesia yang dimanfaatkan tergolong masih rendah untuk saat ini. Kecepatan angin rata-rata di Indonesia tergolong kecepatan angin rendah, inilah salah satu penyebab rendahnya pemanfaatan energi angin. Kecepatan angin yang berkisar antara 3 m/s hingga 5 m/s sulit untuk menghasilkan energi listrik untuk skala besar. Meskipun begitu, potensi energi angin tersedia sepanjang tahun di Indonesia, sehingga cocok untuk sistem pembangkit listrik tenaga angin skala mikro (Nakhoda & Saleh, 2015).

Untuk mengubah energi angin menjadi energi listrik dibutuhkan sebuah turbin angin. Turbin angin secara umum terbagi menjadi dua jenis berdasarkan orientasi putaran poros turbin yaitu Turbin angin dengan sumbu horizontal (TASH) dan turbin angin dengan sumbu vertikal (TASV). TASV memiliki efisiensi yang lebih kecil dibandingkan dengan TASH, namun TASH hanya dapat berputar bergantung pada arah kecepatan angin dan memiliki konstruksi yang rumit. TASV memiliki banyak kelebihan yaitu konstruksi yang sederhana dan murah, dapat dioperasikan dalam segala arah angin, tingkat kebisingan yang rendah saat dioperasikan, mengurangi pemakaian bagian-bagian yang bergerak, pilihan bentuk rotor yang bervariasi dan memiliki momen torsi statik dan dinamik tinggi (Akwa, Vielmo, & Petry, 2012). TASV memiliki beberapa jenis diantaranya turbin Darrieus, turbin Savonius dan turbin H. Dibandingkan dengan turbin Darrieus dan turbin H, turbin angin Savonius memiliki efisiensi yang



paling kecil namun dapat dioperasikan dikondisi kecepatan angin rendah dan menghasilkan torsi yang tinggi (Sargolzaei & Kianifar, 2009). Telah banyak dilakukan modifikasi sudu turbin angin Savonius untuk meningkatkan efisiensinya salah satunya dengan overlap pada sudu turbin.

Berdasarkan uraian diatas tersebut maka penulis mengambil tugas akhir/skripsi yang berjudul: **“STUDI EKSPERIMENTAL TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL JENIS SAVONIUS DENGAN DUA SUDU OVERLAP UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK DC SKALA MIKRO”**.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berlatar belakang penjelasan tersebut maka beberapa masalah yang menjadi tujuan dalam penelitian ini telah dirumuskan. Rumusan masalah tersebut adalah bagaimana pengaruh kecepatan angin terhadap performansi turbin angin Savonius dua sudu *overlap* dan daya listrik yang dihasilkan oleh generator DC untuk pembangkit listrik skala mikro?

## **1.3 Batasan Masalah**

Berikut beberapa batasan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini :

1. Turbin angin yang diteliti adalah turbin angin sumbu vertikal jenis Savonius dengan dua sudu *overlap*.
2. Turbin angin diuji untuk pembangkit listrik DC skala mikro.
3. Pada penelitian ini perhitungan sistem kelistrikan tidak dibahas karena hanya membahas daya listrik yang dihasilkan oleh generator.
4. Pengujian turbin angin dilakukan secara eksperimental di Laboratorium Fenomena Dasar Mesin, Teknik Mesin Unsri menggunakan *wind tunnel-40 subsonic* dengan sepuluh variasi kecepatan angin dari 5,01 m/s - 11,85 m/s.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

1. Membuat turbin angin Savonius yang efisien dengan biaya yang murah sehingga dapat digunakan untuk menghasilkan energi listrik skala mikro.
2. Menganalisa dan mempelajari pengaruh kecepatan angin terhadap performansi turbin angin Savonius dua sudu *overlap* dan daya listrik yang dihasilkan generator DC untuk pembangkit listrik skala mikro.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

1. Penelitian ini dapat dijadikan referensi yang relevan dalam penelitian selanjutnya yang membahas tentang turbin angin.
2. Dapat menjadi solusi untuk mengatasi masalah krisis energi dan pencemaran lingkungan.
3. Hasil penelitian ini dapat dijadikan pertimbangan dalam membangun sebuah pembangkit listrik tenaga angin skala mikro.
4. Bagi penulis untuk memperbanyak wawasan dan ilmu pengetahuan serta menerapkan ilmu di bidang teknik mesin.

#### **1.6 Metode Penelitian**

Dalam langkah-langkah penulisan skripsi ini metode penulisan yang digunakan adalah:

1. Studi Literatur

Mempelajari alat yang diteliti dari macam-macam sumber seperti buku, media elektronik dan jurnal.

2. Perancangan

Metode ini digunakan dalam merancang dan membuat alat yang diteliti.

### 3. Pengujian Laboratorium

Metode ini dilakukan untuk menguji dan meneliti alat yang telah dibuat.

### 4. Analisa data

Metode ini digunakan untuk mendapatkan hasil dari penelitian.

## 1.7 Sistematika Penelitian

Sistematika penelitian yang digunakan dalam skripsi ini adalah:

### **BAB 1       PENDAHULUAN**

Bab yang membahas tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, metode penelitian dan sistematika penulisan.

### **BAB 2       TINJAUAN PUSTAKA**

Bab yang membahas tentang dasar teori yang digunakan dalam pembahasan skripsi berdasarkan literatur dan yang akan mendukung dalam melakukan penelitian.

### **BAB 3       METODOLOGI PENELITIAN**

Bab yang membahas prosedur penelitian, alat, bahan, prosedur penelitian dan pengujian alat.

### **BAB 4       ANALISA DAN PEMBAHASAN**

Bab yang berisikan pembahasan dari data yang didapat selama melakukan penelitian.

### **BAB 5       KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab yang berisikan tentang kesimpulan dari hasil penelitian dan saran tentang penelitian dari hasil yang didapat.

## DAFTAR RUJUKAN

- Akwa, J. V., Vielmo, H. A., & Petry, A. P. (2012). A review on the performance of Savonius wind turbines. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(5), 3054–3064.
- Ali, R., Muhammad, T., Tunku, N., Baharudin, N. H., Idris, S., & Hassan, S. (2016). *Electric Renewable Energy Systems. Electric Renewable Energy Systems*. Elsevier Inc.
- Altan, B. D., Atilgan, M., & Özdamar., A. Şan. (2008). An experimental study on improvement of Savonius rotor performance. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 32(1), 1673–1678.
- Beig, A. R., & Muyeen, S. M. (2016). *Wind Energy. Electric Renewable Energy Systems*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-33866-6>
- Berg, D. E. (2007). *Handbook of Energy Efficiency and Renewable Energy. Energy Conversion*.
- Clifton-Smith, M., Wood, D., & Wright, A. (2011). *Wind Energy Systems. Wind Energy Systems*.
- Farid, A. (2013). OPTIMASI DAYA TURBIN ANGIN SAVONIUS DENGAN VARIASI CELAH DAN PERUBAHAN JUMLAH SUDU. *Prosiding SNST Ke-5 Tahun 2014*, 18–23.
- Hasan, O. D. S., Hantoro, R., & Nugroho, G. (2013). Studi Eksperimental Vertical Axis Winmd Turbine Tipe Savonius dengan Variasi Jumlah Fin pada Sudu. *Jurnal Teknik POMITS*, 2(2), 350–355.
- Hoerner, S. F. (1965). Fluid Dynamic Drag. *Fluid-Dynamic Drag Practical Information on Aerodynamic Drag and Hydrodynamic Resistance*. United States.
- Johnson, G. (2006). *Wind energy systems. Wind Energy Systems*. Manhattan, KS.
- Kamoji, M. A., Kedare, S. B., & Prabhu, S. V. (2007). Experimental investigations on modified Savonius rotor. *Collection of Technical Papers - AIAA Applied Aerodynamics Conference*, 1(m), 483–509.

- KESDM. (2015). Rencana Strategis Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral 2015-2019. *Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral*, 275.
- Letcher, T. M. (2017). *Wind Energy Engineering*. (L. Reading, Ed.). London: Joe Hayton.
- M.Ragheb. (2014). Wind Energy Conversion Theory , Betz Equation, 24.
- M.Ragheb., & Ragheb, A. M. (2011). Fundamental and Advanced Topics in Wind Power. *Fundamental and Advanced Topics in Wind Power*, 1(1), 19–38.
- Mahmoud, N. H., El-Haroun, A. A., Wahba, E., & Nasef, M. H. (2012). An experimental study on improvement of Savonius rotor performance. *Alexandria Engineering Journal*, 51(1), 19–25.
- Manwell, J. F., McGowan, J. G., & Rogers, A. L. (2010). *Aerodynamics of Wind Turbines. Wind Energy Explained* (Vol. 2). John Wiley & Sons Ltd.
- Menet, J. L. (2004). A double-step Savonius rotor for local production of electricity: A design study. *Renewable Energy*, 29(11), 1843–1862. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2004.02.011>
- Nakhoda, Y. I., & Saleh, C. (2015). RANCANG BANGUN KINCIR ANGIN PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK SUMBU VERTIKAL SAVONIUS PORTABEL MENGGUNAKAN GENERATOR MAGNET PERMANEN. *Iindustri Inovatif, Nstitut Teknologi Nasional Malang*, 5, 19–24.
- Pamungkas, S. F., Wijayanto, D. S., & Saputro, H. (2016). PENGARUH VARIASI PENAMBAHAN FIN TERHADAP CUT IN SPEED TURBIN ANGIN SAVONIUS TIPE S. *JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING EDUCATION*, 1(2), 169–178.
- Patel, C. R., Patel, V. K., Prabhu, S. V., & Eldho, T. I. (2013). Investigation of Overlap Ratio for Savonius Type Vertical Axis Hydro Turbine. *International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE)*, (2), 379–383.
- Roy, S., & Saha, U. K. (2014). An adapted blockage factor correlation approach in wind tunnel experiments of a Savonius-style wind turbine. *Energy Conversion and Management*, 86, 418–427.

- Salameh, Z., & Salameh, Z. (2014). Chapter 3 – Wind Energy Conversion Systems. In *Renewable Energy System Design* (pp. 115–199). Elsevier Inc.
- Santos, F., Fitiwi, D. Z., Shafie-khah, M., & Bizuayehu, A. W. (2017). *Optimization in Renewable Energy System*. Elsevier Inc.
- Sargolzaei, J., & Kianifar, A. (2009). Modeling and simulation of wind turbine Savonius rotors using artificial neural networks for estimation of the power ratio and torque. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 17(7), 1290–1298.
- Schaffarczyk, A. P. (2014). *Introduction to Wind Turbine Aerodynamics. Green Energy and Technology* (Vol. 153). Springer.
- Sumiati, R., & Amri, K. (2014). Rancang bangun micro turbin angin pembangkit listrik untuk rumah tinggal di daerah kecepatan angin rendah. *Jurnal Teknik Mesin*, (November), 1–5.
- Twidell, J., & Weir, T. (2006). *Renewable Energy Resources* (Second edi). London and New York: Taylor & Francis Group.
- Wenhenubun, F., Saputra, A., & Sutanto, H. (2015). An experimental study on the performance of Savonius wind turbines related with the number of blades. *Energy Procedia*, 68, 297–304.