

SKRIPSI

STUDI EKSPERIMENTAL TURBIN DARRIEUS- SAVONIUS DENGAN TINGGI SUDU SAVONIUS LEBIH TINGGI DARI SUDU DARRIEUS

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



**Oleh:
BENTAR ANDREAN GANESHA
03051281419071**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2019**

SKRIPSI

STUDI EKSPERIMENTAL TURBIN DARRIEUS-SAVONIUS DENGAN TINGGI SUDU SAVONIUS LEBIH TINGGI DARI SUDU DARRIEUS

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



**Oleh:
BENTAR ANDREAN GANESHA
03051281419071**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2019**

HALAMAN PENGESAHAN

STUDI EKSPERIMENTAL TURBIN DARRIEUS-SAVONIUS DENGAN TINGGI SUDU SAVONIUS LEBIH TINGGI DARI SUDU DARRIEUS

SKRIPSI

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

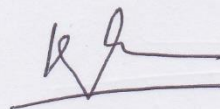
OLEH:
BENTAR ANDREAN GANESHA
03051281419071

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Mesin,



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

Indralaya, Juli 2019
Diperiksa dan disetujui oleh:
Pembimbing Skripsi,



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

HALAMAN PERSETUJUAN

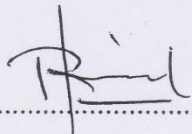
Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “Studi Ekperimental Turbin Darrieus-Savonius Dengan Tinggi Sudu Savonius Lebih Tinggi Dari Sudu Darrieus” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 10 Juli 2019.

Indralaya, 10 Juli 2019

Tim penguji karya tulis ilmiah berupa Skripsi

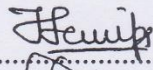
Ketua:

Prof. Ir. Riman Sipahutar, M.Sc., Ph.D.
NIP. 19560604 198602 1 001

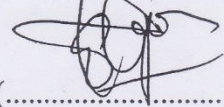
()

Anggota:


1. Dr. Dewi Puspitasari, S.T., M.T.
NIP. 19700115 199412 2 001

()

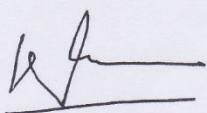
2. Ellyanie, S.T., M.T.
NIP. 19690501 199412 2 001

()

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Mesin,


Irsyadi 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 : BENTAR ANDREAN GANESHA
NIM : 03051281419071
JURUSAN : TEKNIK MESIN
BIDANG STUDI : KONVERSI ENERGI
JUDUL : STUDI EKSPERIMENTAL TURBIN
DARRIUES-SAVONIUS DENGAN TINGGI
SUDU SAVONIUS LEBIH TINGGI DARI
SUDU DARRIEUS
DIBUAT TANGGAL : 2 JANUARI 2019
SELESAI TANGGAL : 20 JUNI 2019**

Indralaya, Juli 2019
Diperiksa dan disetujui oleh

Mengetahui
(Ketua Jurusan Teknik Mesin,

Dosen Pembimbing,



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

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

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Bentar Andrean Ganesha

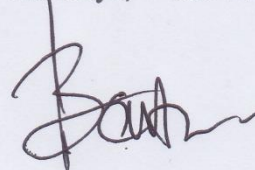
NIM : 03051281419071

Judul : Studi Eksperimental Turbin Darrieus-Savonius Dengan Tinggi
Sudu Savonius Lebih Tinggi Dari Sudu Darrieus

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.

Indralaya, Juli 2019



Bentar Andrean Ganesha
NIM. 03051281419098

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Bentar Andrean Ganesha

NIM : 03051281419071

Judul : Studi Eksperimental Turbin Darriues-Savonius Dengan Tinggi Sudu Savonius Lebih Tinggi Dari Sudu Darrieus

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.



Indralaya, Juli 2019



Bentar Andrean Ganesha
NIM: 03051281419071

RINGKASAN

STUDI EKSPERIMENTAL TURBIN DARRIEUS-SAVONIUS DENGAN TINGGI SUDU SAVONIUS LEBIH TINGGI DARI SUDU DARRIEUS

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi, Juli 2019

Bentar Andrean Ganesha; Dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. H. Kaprawi, DEA.

An Experimental Study of Darrieus-Savonius Wind Turbine with Savonius Blade Higher than Darrieus blade

xxvii + 56 Halaman, 7 tabel, 30 gambar, 3 lampiran.

RINGKASAN

Pada masyarakat era modern seperti saat ini energi listrik merupakan kebutuhan yang sangat penting bagi perkembangan teknologi dan ilmu pengetahuan. Seiring berkembangnya teknologi maka akan meningkat juga jumlah kebutuhan energi listrik pada masyarakat. Oleh karena itu akan berdampak pada kelangkaan sumber daya yang disebabkan penggunaan sumber daya minyak bumi yang berlebihan. Hal ini terjadi karena sebagian besar sumber daya pembangkit listrik dalam negeri menggunakan bahan bakar fosil berupa minyak bumi, gas alam, dan batubara. Maka untuk dapat mengatasi masalah tersebut para ilmuwan terus mengembangkan pembangkit energi yang bersumber dari energi terbarukan, contohnya energi matahari, biogas atau biomassa, panas bumi, pasang surut air laut, dan energi angin. Diantara beberapa energi terbarukan tersebut, energi angin memiliki potensi besar sebagai sumber energi utama dalam negeri yang berguna bagi dunia modern seperti sekarang ini. Selain jumlahnya yang tidak terbatas, energi angin juga sangat ramah lingkungan. Akan tetapi umumnya salah satu kendala yang menjadi masalah dalam pemanfaatan energi angin di Indonesia adalah karena potensi angin rata-rata yang ada tidak terlalu besar. Berdasarkan survei dan penelitian yang telah dilakukan sejak tahun 1979, terdapat banyak daerah yang hanya memiliki kecepatan angin rata-rata tahunan sebesar 3,5-4,5 m/s. akan tetapi potensi ini sudah dapat dimanfaatkan untuk pembangkitan energi listrik skala kecil hingga mencapai 10 KW. Untuk itu dibutuhkan turbin angin yang dapat beroperasi secara kontinyu pada kecepatan angin yang rendah dan juga efisiensi yang cukup baik, Sehingga untuk mendapatkan efisiensi yang maksimal dari turbin angin ini banyak modifikasi yang telah dilakukan, salah satunya adalah menggabungkan turbin angin Savonius dan Darrieus karena untuk mengatasi energi awalan yang rendah dari Darrieus dapat menggunakan Savonius yang memiliki torsi cukup besar dengan kecepatan udara yang relatif rendah. Berdasarkan uraian di atas tersebut maka penulis mengambil tugas akhir dengan melakukan penelitian mengenai turbin

angin Darrieus-Savonius dengan tinggi sudu Savonius lebih tinggi dari sudu Darrieus. Pada penelitian ini penulis melakukan analisa performansi terhadap turbin angin darrieus-savonius dengan melakukan beberapa pengujian menggunakan variasi kecepatan angin dan menggunakan variasi beban. Turbin angin darrieus-savonius yang digunakan yaitu dengan tinggi sudu darrieus lebih tinggi dari sudu savonius. Sudu turbin angin darrieus dibuat menggunakan plat tipis, sedangkan sudu turbin savonius dibuat menggunakan bahan kayu. Sudu turbin darrieus mempunyai tinggi 210 mm dan tinggi sudu savonius adalah 280 mm. Turbin darrieus-savonius diuji sebanyak 10 kali dengan menggunakan kecepatan angin yang berbeda dan diuji dengan enam variasi beban yang berbeda. Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan data kinerja turbin angin darrieus-savonius yaitu data putaran sudu turbin, tegangan listrik dan arus listrik yang dihasilkan oleh generator. Berdasarkan hasil pengujian kecepatan angin sangat berpengaruh dalam meningkatnya performa turbin. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa turbin angin darrieus-savonius menghasilkan performa terbaik pada kecepatan angin 11 m/s dengan putaran sudu turbin 1645 rpm. Sedangkan performa terburuk turbin darrieus-savonius terjadi pada kecepatan angin 6,5 m/s dimana kecepatan putar sudu turbin adalah 879 rpm. Perbandingan performansi turbin angin Darrieus dan turbin angin gabungan didapatkan hasil bahwa turbin angin Darrieus dapat berputar secara terus menerus pada kecepatan angin 6,82 m/s sedangkan turbin angin gabungan mulai dapat berputar pada kecepatan angin 6,5 m/s. Diketahui dari penelitian ini dengan adanya sudu Savonius turbin angin Darrieus mengalami penurunan efisiensi, dengan efisiensi turbin Darrieus tertinggi adalah 12,35% sedangkan turbin gabungan adalah 9,86 %. Dan nilai TSR tertinggi pada turbin Darrieus adalah 1,43 dan pada turbin gabungan adalah 1,408.

Kata kunci: Turbin angin, Turbin Gabungan, Turbin Darrieus, Turbin Savonius, Kecepatan Angin, Sudu turbin, Wind Tunnel

SUMMARY

AN EXPERIMENTAL STUDY OF DARRIEUS-SAVONIUS WIND TURBINE WITH SAVONIUS BLADE HIGHER THAN DARRIEUS BLADE

Final Project, Juli 2019

Bentar Andrean Ganesha; Supervised by Prof. Dr. Ir. H. Kaprawi, DEA.

Studi Eksperimental Turbin Darrieus-Savonius Dengan Tinggi Sudu Savonius Lebih Tinggi Dari Sudu Darrieus

xxvii + 56 pages, 7 tables, 30 figures, 3 enclosures.

SUMMARY

In this modern era, electricity is an essential requirement for the development of technology and science. As the development of technology, it will also increase the amount of electrical energy needs in the community. Therefore it will have an impact on the scarcity of resources due to excessive use of petroleum resources. This happens because most of the domestic power plant resources use fossil fuels in the form of petroleum, natural gas and coal. Thus, to be able to overcome this problem, scientists continue to develop energy generation from renewable energy, for example solar energy, biogas or biomass, geothermal energy, tides, and wind energy. Among some of the renewable energy, wind energy has great potential as the main energy source in the country that is useful for the modern world as it is today. In addition to the unlimited number, wind energy is also very environmentally friendly. However, generally one of the obstacles that is a problem in the use of wind energy in Indonesia is because the average wind potential is not too large. Based on surveys and research conducted since 1979, there are many regions that only have annual average wind speeds of 3.5-4.5 m/s. However, this potential can be utilized for the generation of small-scale electrical energy to reach 10 KW. For this reason, a wind turbine is needed that can operate continuously at low wind speeds and good efficiency, so that to get the maximum efficiency from the wind turbine many modifications have been made, one of which is combining the Savonius and Darrieus wind turbines due to Low initial energy from Darrieus can use Savonius which has quite large torque with relatively low airspeed. Based on the description above, the writer takes the final project by conducting research on Darrieus-Savonius wind turbines with Savonius blade height higher than Darrieus blade. In this experimental study the author conducted a performance analysis of the Darrieus-Savonius wind turbine by conducting several tests using variations in wind speeds and loads. The wind turbine used in this study was Darrieus-savonius wind turbine which the darrieus blade is higher than that of Savonius. Moreover, the Darrieus wind turbine blade is made from a thin plate, while the Savonius turbine blade is made from wood. The height of Darrieus

turbine blade is 210 mm and the savonius blade is 280 mm. Darrieus-savonius turbine was tested 10 times using different wind speeds and six different load variations. This test was carried out to obtain the performance data of the Darrieus-Savonius wind turbine, namely turbine blade rotation data, electricity voltage and electric current generated by the generator. The results of this study showed that the wind speed is very influential in increasing turbine performance. Furthermore, it was found out that the darrieus-savonius wind turbine produced the best performance at wind speeds of 11 m/s with turbine blade rotation of 1645 rpm. Whereas the worst performance of the Darrieus-Savonius turbine occurs at a wind speed of 6.5 m/s where the turbine blade rotational speed is 879 rpm. . The test results were obtained by comparing the performance of Darrieus wind turbines and combined wind turbines. The results were obtained that Darrieus wind turbines can rotate continuously at 6.82 m/s wind speeds while the combined wind turbines can start spinning at 6.5 m/s wind speed. It is known from this study that the Daronius wind turbine Savonius blade has decreased efficiency, with the highest Darrieus turbine efficiency being 12.35% while the combined turbine is 9.86 %. And the highest TSR value of the Darrieus turbine pad is 1.43 and the combined turbine is 1.408.

Keywords: Wind Turbine, Combined Turbine, Darrieus Turbine, Savonius Turbine, Wind Speed, Blade, Wind Tunnel

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal penelitian dalam rangka Tugas Akhir (Skripsi) yang dibuat untuk memenuhi syarat untuk melanjutkan penelitian skripsi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya dengan judul “Studi Eksperimental Turbin Darrieus-Savonius Dengan Tinggi Sudu Savonius Lebih Tinggi Dari Sudu Darrieus”

Pada kesempatan ini dengan setulus hati penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala bimbingan dan bantuan yang telah diberikan dalam penyusunan proposal skripsi ini kepada:

1. Bapak Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya;
2. Bapak Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya;
3. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Kaprawi. DEA selaku dosen pembimbing proposal skripsi yang telah membimbing, mengarahkan dan membantu selama proses penyelesaian skripsi;
4. Bapak Dr. Ir. Hendri Chandra, M.T. selaku dosen Pembimbing Akademik selama kuliah di Jurusan Teknik Mesin;
5. Kedua orang tua saya Harlis Darwin, S.E. dan Resi Minarti, Am. Keb.
6. Kedua adik saya Betha Tata Bahtera dan Brylianti Medica Natasha;
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 Ian selaku koordinator Lab. Fenomena Dasar Mesin yang sangat membantu penulis dalam menyelesaikan proposal skripsi ini;
9. Teman spesial Lilia Kintan Prajulita, S.Pd.;
10. Para sahabat Narasi singkat;

11. Teman-teman dari desa Tanjung Raya;
12. Teman-teman di Teknik Mesin seluruh angkatan Teknik Mesin 2014;
13. Teman-teman pengurus Himpunan Mahasiswa Mesin.

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 2019

Penulis

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	xix
DAFTAR GAMBAR	xxiii
DAFTAR TABEL	xxv
DAFTAR LAMPIRAN	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 Penulisan	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Energi Angin	7
2.2 Turbin Angin.....	7
2.2.1 Turbin Angin Sumbu Horizontal (TASH)	7
2.2.2 Turbin Angin Sumbu Vertikal (TASV)	7
2.3 Turbin Darrieus	7
2.3.1 Gaya Angkat (Lift) pada Turbin Darrieus.....	7
2.4 Turbin Savonius	7
2.4.1 Gaya Hambat (Drag) pada Turbin Savonius.....	7
2.4.2 Parameter Turbin Savonius	7
2.5 Turbin Kombinasi Darrieus - Savonius.....	7

2.6	Hubungan Koefisien Daya dan Tip Speed Ratio	7
2.7	Generator	7
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		8
3.1	Diagram Alir	8
3.2	Metode Penelitian.....	8
3.3	Studi Literatur	8
3.4	Desain Rotor Turbin Angin Darrieus-Savonius	8
3.5	Desain Sistem Turbin Gabungan Darrieus-Savonius.....	8
3.6	Skematik Pengujian.....	8
3.7	Alat dan Bahan	8
3.7.1	Alat	8
3.7.2	Bahan.....	8
3.8	Prosedur Pengujian.....	8
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		9
4.1	Hasil	9
4.1.1	Data Hasil Pengujian	9
4.2	Pengolahan Data Hasil Pengujian dan Pembahasan	9
4.2.1	Pengolahan Data Hasil Pengujian	9
4.2.2	Pembahasan.....	9
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		i
5.1	Kesimpulan.....	i
5.2	Saran.....	i
DAFTAR RUJUKAN		ii

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Skematik Turbin Angin (Berg, 2007).....	7
Gambar 2.2	Turbin Angin Sumbu Horizontal (Hau & von Renouard, 2006)...	7
Gambar 2.3	Turbin Angin Sumbu Vertikal (Kolachana, 2012).....	7
Gambar 2.4	(a) Turbin Darrieus, (b) H-Darrieus (Niblick, 2012).....	7
Gambar 2.5	Segitiga kecepatan pada airfoil turbin darrieus (Teja, 2017)	7
Gambar 2.6	Rotor turbin Savonius (Patel, et al., 2013)	7
Gambar 2.7	Turbin angin Savonius dua sudu dengan gaya drag (Wenehenubun, et al., 2015)	7
Gambar 2.8	Skematik diagram turbin Savonius (Mahmoud, et al., 2012).....	7
Gambar 2.9	Turbin Kombinasi Darrieus-Savonius (Teja, 2017)	7
Gambar 2.10	Kurva hubungan koefisien daya dan tip speed ratio (Hau & von Renouard, 2006).....	7
Gambar 2.11	Konstruksi Generator DC (Winata, 2009).....	7
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	8
Gambar 3.2	Desain Rotor Turbin Darrieus-Savonius	8
Gambar 3.3	Desain Sistem Turbin Gabungan.....	8
Gambar 3.4	Skematik Pengujian Turbin Angin Pada Wind Tunnel	8
Gambar 3.5	Generator Listrik DC.....	8
Gambar 3.6	Tachometer	8
Gambar 3.7	Multitester digital	8
Gambar 3.8	Anemometer	8
Gambar 3.9	Wind Tunnel Sub Sonic WT – 40 (Lab. Fenomena Dasar Universitas Sriwijaya).....	8
Gambar 4.1	Keterangan area luas sapuan angin.....	9
Gambar 4.2	Grafik Daya Generator (W) terhadap Beban (W)	9
Gambar 4.3	Grafik hubungan Tip Speed Ratio (λ) terhadap Beban (W).....	9
Gambar 4.4	Grafik hubungan Effisiensi Keseluruhan terhadap Tip Speed Ratio (λ)	9

Gambar 4.5	Grafik hubungan tip speed ratio (λ) terhadap kecepatan angin (v_w).....	9
Gambar 4.6	Grafik hubungan putaran turbin (n) terhadap kecepatan angin (v_w).....	9
Gambar 4.7	Grafik hubungan tegangan listrik (V) terhadap putaran generator (n).....	9
Gambar 4.8	Grafik hubungan daya generator (P_g) terhadap putaran generator (n).....	9
Gambar 4.9	Grafik hubungan efisiensi overall (η_o) dan kecepatan angin (v_w).....	9
Gambar 4.10	Grafik hubungan efisiensi overall (η_o) dan tip speed ratio (λ).....	9

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Tabel Hasil Pengujian Pengaruh Variasi Beban pada Turbin Darrieus-Savonius untuk Temperatur 302,7 K.....	9
Tabel 4.2	Tabel Hasil Pengujian Pengaruh Variasi Kecepatan Angin pada Turbin Darrieus dengan Beban 10 W dan Temperatur 302,7 K	9
Tabel 4.3	Tabel Hasil Pengujian Pengaruh Variasi Kecepatan Angin pada Turbin Darrieus-Savonius dengan Beban 10 W dan Temperatur 302,7 K	9
Tabel 4.4	Tabel interpolasi densitas udara, ρ (kg/m ³).....	9
Tabel 4.5	Hasil Pengolahan Data Pengaruh Variasi Beban Terhadap Performansi Turbin Darrieus-Savonius Pada Temperatur 302,7 K.	9
Tabel 4.6	Hasil Pengolahan Data Pengaruh Variasi Kecepatan Angin Terhadap Performansi Turbin Darrieus dengan Beban 10 W pada Temperatur 302,7 K.	9
Tabel 4.7	Hasil Pengolahan Data Pengaruh Variasi Kecepatan Angin Terhadap Performansi Turbin Darrieus-Savonius dengan Beban 10 W pada Temperatur 302,7 K.	9

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. 1 Tabel Properties Of Air At Atmospheric Pressure	I
Lampiran A. 2 Pengolahan Data Hasil Pengujian	I
Lampiran A. 3 Proses Pengujian	I

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada masyarakat era modern seperti saat ini energi listrik merupakan kebutuhan yang sangat penting bagi perkembangan teknologi dan ilmu pengetahuan. Seiring berkembangnya teknologi maka akan meningkat juga jumlah kebutuhan energi listrik pada masyarakat. Oleh karena itu akan berdampak pada kelangkaan sumber daya yang disebabkan penggunaan sumber daya minyak bumi yang berlebihan. Hal ini terjadi karena sebagian besar sumber daya pembangkit listrik dalam negeri menggunakan bahan bakar fosil berupa minyak bumi, gas alam, dan batubara.

Sumber energi yang memanfaatkan energi fosil memiliki dampak negatif baik dari sisi lingkungan maupun ekonomi. Sebagai contoh dampak negatif pemanfaatan energi fosil sebagai sumber energi terhadap lingkungan adalah pemanasan global dan pencemaran udara yang berakibat terjadinya perubahan iklim yang signifikan. Sedangkan dampak pada sisi ekonomi adalah ketidakmampuan produksi energi fosil untuk memenuhi kebutuhan energi nasional maka pemerintah melakukan impor minyak. Seperti pada tahun 2010 tercatat sebesar 26 juta kiloliter dan impor LPG sebesar 1,62 juta ton. Maka hal itu akan berakibat negatif pada cadangan devisa negara (Herlamba & Anshori, 2015). Sejak tahun 1995 sampai tahun 2011, emisi gas rumah kaca dunia telah meningkat sebanyak 38%. Hal ini diakibatkan penggunaan bahan bakar fosil secara terus-menerus (Ali, et al., 2016). Maka untuk dapat mengatasi masalah tersebut para ilmuwan terus mengembangkan pembangkit energi yang bersumber dari energi terbarukan, contohnya energi matahari, biogas atau biomassa, panas bumi, pasang surut air laut, dan energi angin. Diantara beberapa energi terbarukan tersebut, energi angin memiliki potensi besar sebagai sumber energi

utama dalam negeri yang berguna bagi dunia modern seperti sekarang ini. Selain jumlahnya yang tidak terbatas, energi angin juga sangat ramah lingkungan. Akan tetapi umumnya salah satu kendala yang menjadi masalah dalam pemanfaatan energi angin di Indonesia adalah karena potensi angin rata-rata yang ada tidak terlalu besar. Berdasarkan survei dan penelitian yang telah dilakukan sejak tahun 1979, terdapat banyak daerah yang hanya memiliki kecepatan angin rata-rata tahunan sebesar 3,5-4,5 m/s. akan tetapi potensi ini sudah dapat dimanfaatkan untuk pembangkitan energi listrik skala kecil hingga mencapai 10 KW (Hicary, et al., 2016).

Berdasarkan statistik *Global Wind Energy Council (GWEC) 2013*, total kapasitas pembangkit listrik tenaga angin dunia telah mencapai 318 GW, yang mana hal itu telah menunjukkan peningkatan hampir 200 GW dalam kurun waktu 5 tahun terakhir. Bahkan GWEC telah memprediksi bahwa pembangkit listrik tenaga angin akan dapat mencapai 2000 GW pada tahun 2030. Apabila hal itu benar terjadi, maka akan membantu menghemat lebih dari 3 milyar ton emisi gas CO₂ setiap tahunnya, dan memasok antara 16,7% dan 18,8% listrik dunia.

Berdasarkan data tersebut pemanfaatan energi angin sebagai sumber energi yang ada di Indonesia merupakan salah satu alternatif untuk dapat mengurangi pemakaian bahan bakar yang bersumber dari energi fosil sehingga dapat mengurangi emisi gas buang yang dihasilkan. Selain itu, dalam pembuatan pembangkit listrik yang berasal dari energi angin juga lebih mudah dan murah dibanding pembangkit listrik lainnya.

Dalam pemanfaatan energi angin diperlukan alat yang bernama turbin angin. Turbin angin dapat digolongkan menjadi dua, yaitu turbin angin sumbu horizontal (TASH) dan turbin angin sumbu vertikal (TASV). Kedua jenis turbin tersebut memiliki keunggulan dan kekurangannya masing-masing. TASV memiliki efisiensi yang lebih rendah dibanding TASH. Namun TASH hanya dapat berputar terhadap arah kecepatan angin tertentu serta memiliki konstruksi yang rumit dibanding TASV. Jenis turbin angin sumbu vertikal dikenal dalam beberapa tipe, yaitu Savonius dan Darrieus. Kedua jenis turbin ini juga memiliki kekurangan dan kelebihan masing-masing. maka untuk meningkatkan

efisiensi dari kedua jenis turbin itu dibuatlah jenis turbin gabungan Darrieus-Savonius. Penggabungan kedua jenis turbin ini adalah mencoba meningkatkan performa dari kedua turbin itu. Yang mana turbin jenis Darrieus akan lebih sulit untuk dapat memulai memutar poros turbin. Hal ini disebabkan oleh kecilnya torsi awal yang dimiliki turbin Darrieus. Maka dengan memasang rotor turbin Savonius akan lebih memudahkan turbin untuk dapat memulai putaran awal. Pada prosesnya putaran poros turbin akan dihubungkan dengan poros generator untuk dapat mengubah energi gerak poros turbin menjadi energi listrik. Lalu generator akan diberikan beban dengan menggunakan lampu LED DC.

Berdasarkan uraian tersebut, maka penulis mengambil tugas akhir/skripsi yang berjudul "Studi Eksperimental Turbin Darrieus-Savonius Dengan Tinggi Sudu Savonius Lebih Tinggi Dari Sudu Darrieus".

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka dapat diperoleh rumusan masalah yang akan dititik beratkan dalam penelitian ini yaitu bagaimana cara untuk meningkatkan efisiensi turbin Savonius dengan menggabungkan turbin Darrieus pada satu poros yang sama untuk menghasilkan listrik pada generator DC.

1.3 Batasan Masalah

Banyaknya permasalahan yang ada, maka penulis membuat batasan masalah dalam penelitian ini. Batasan masalah dalam penelitian ini antara lain:

1. Turbin angin yang diteliti adalah turbin angin gabungan Darrieus-Savonius yang masing-masing mempunyai dua sudu dengan tinggi sudu Savonius lebih tinggi daripada sudu Darrieus.

2. Turbin angin yang diteliti untuk pembangkit listrik skala mikro.
3. Turbin angin Darrieus menggunakan profil sudu NACA 0020.
4. Pengujian dilakukan di Laboratorium Fenomena Dasar Mesin, Teknik Mesin Universitas Sriwijaya menggunakan Wind Tunnel-40 subsonic.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah:

1. Meningkatkan efisiensi turbin Savonius dengan menggabungkan turbin Darrieus pada satu poros yang sama.
2. Mengerahui performansi dari turbin gabungan Darrieus-Savonius dalam menghasilkan listrik pada generator DC.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai bahan referensi ilmiah dalam penelitian selanjutnya yang membahas tentang turbin angin.
2. Sebagai bahan pertimbangan untuk membuat pembangkit listrik tenaga angin skala mikro yang ramah lingkungan.

1.6 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam proses penulisan skripsi ini adalah:

1. Studi Literatur

2. Perancangan
3. Pengujian Alat
4. Analisa Data

1.7 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan skripsi ini, penulis membuat sistematika penulisan dengan konsep yang berurutan sehingga didapat kerangka secara garis besar. Yaitu sebagai berikut:

BAB 1	PENDAHULUAN
	Membahas latar belakang penelitian, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.
BAB 2	TINJAUAN PUSTAKA
	Membahas mengenai teori dasar yang melandasi dalam penelitian yang dilakukan sesuai dengan literatur.
BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN
	Membahas mengenai diagram alir penelitian, alat dan bahan yang digunakan untuk penelitian ini dan prosedur penelitian.
BAB 4	ANALISA DAN PEMBAHASAN
	Membahas pengolahan data yang didapat dari penelitian serta menganalisa data hasil penelitian tersebut.
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN
	Membahas kesimpulan yang didapat dari analisa pengolahan data setelah melakukan penelitian, serta memberikan saran untuk kedepannya.

DAFTAR RUJUKAN

- Ali, R., Muhammad, T., Tunku, N., Baharudin, N. H., Idris, S., & Hassan, S., 2016. *Electric Renewable Energy System*. Elsevier Inc.
- Berg, D. E., 2007. *Handbook of Energy Efficiency and Renewable Energy*.
- Gupta, R., Das, R. & Sharma, K. K., 2006. Experimental Study of a Savonius-Darrieus Wind Machine. *International Conference on Renewable Energy for Developing Countries*, 1-11.
- Hau, E. & von Renouard, H., 2006. *Wind Turbines Fundamentals*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Third, Vol. 65.
- Herlamba, I. & Anshori, A., 2015. Karakteristik Model Turbin Angin Sumbu Vertikal Dua Tingkat Darrieus Tipe-H dengan Bilah Hibrid Profil Modified NACA 0018 dan Kurva S.
- Hicary, Suwandi & Qurthobi, A., 2016. Analisis Pengaruh Jumlah Sudu Pada Turbin Angin Savonius Sumbu Vertikal Terhadap Tegangan Dan Arus Di Dalam Proses Pengisian Akumulator. 4911-4918.
- Islam, M., Ting, D. S. K. & Fartaj, A., 2008. Aerodynamic models for Darrieus-type straight-bladed vertical axis wind turbines. Volume 4, 1087-1109.
- Johnson, G. L., 2001. *Wind Energy System*. Manhattan, KS.
- Kolachana, S., 2012. A Computational Framework for the Design and Analysis of Savonius Wind Turbine. June, 1-46.
- 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.

- Malge, A. & Pawar, P., 2015. Analysis of Lift and Drag Forces at Different Azimuth Angle of Innovative Vertical Axis Wind Turbine. Vol. IV, 12-16.
- Niblick, A. L., 2012. Experimental and Analytical Study of Helical Cross-Flow Turbines for a Tidal Micropower Generation System. 175.
- 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.
- Rachmawati, M. L., 2010. Rancang Bangun Kincir Angin Model Savonius Termodifikasi Sebagai Sumber Energi Terbarukan. 1-53.
- Rizkiyanto, S., Danardono, D., Prija, D. & Budiana, E. P., 2015. Perancangan Turbin Angin Tipe Savonius Dua Tingkat Dengan Kapasitas 100 Watt Untuk Gedung Syariah Hotel Solo. Vol. 14, 8-12.
- Teja, D. P., 2017. Studi Numerik Turbin Angin Darrieus-Savonius dengan Penambahan Stage Rotor Darrieus.
- Tobergte, D. R. & Curtis, S., 2013. Wind Energy Handbook. 53(9), 1689-1699.
- Wenehenubun, F., Saputra, A. & Sutanto, H., 2015. An experimental study on the performance of Savonius wind turbines related with the number of blades. *Energy Procedia*, Vol. 68, 297-304.