

**SKRIPSI**

**ANALISA KINERJA PUTARAN TURBIN ANGIN VERTIKAL  
SAVONIUS PADA PROTOTYPE PLTB DENGAN VARIASI SUDUT  
PITCH TERHADAP NILAI TEGANGAN DAN ARUS KELUARAN**



**Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Pada  
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Sriwijaya**

**OLEH  
SILVIA ANGRAINI  
03041381621084**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2020**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**ANALISA KINERJA PUTARAN TURBIN ANGIN VERTIKAL  
SAVONIUS PADA PROTOTIPE PLTB DENGAN VARIASI SUDUT  
PITCH TERHADAP NILAI TEGANGAN DAN ARUS KELUARAN**



**Disusun untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada  
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Sriwijaya**

**Oleh :**

**SILVIA ANGRAINI**

**03041381621084**

**Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Elektro**



**Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.  
NIP:197108141999031005**

**Indralaya, Juni 2020  
Menyetujui,  
Pembimbing Utama**



**Hermawati, S.T., M.T.  
NIP : 197708102001122001**

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Silvia Angraini  
NIM : 03041381621084  
Fakultas : Teknik  
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro  
Universitas : Sriwijaya

Menyatakan bahwa karya ilmiah dengan judul “Analisis Kinerja Putaran Turbin Angin Vertikal Savonius pada Prototipe PLTB Dengan Variasi Sudut Pitch Terhadap Nilai Tegangan dan Arus Keluaran” merupakan karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari karya ilmiah ini merupakan hasil plagiat atas karya ilmiah orang lain, maka saya bersedia bertanggung jawab dan menerima sanksi yang sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

Palembang, Juni 2020



Silvia Angraini

## SURAT PERNYATAAN PEMBIMBING

Saya sebagai pembimbing dengan ini menyatakan bahwa Saya telah membaca dan menyetujui skripsi ini dan dalam pandangan saya skop dan kuantitas skripsi ini mencukupi sebagai skripsi mahasiswa sarjana strata satu (S1).



Tanda Tangan : \_\_\_\_\_

Pembimbing Utama : Hermawati, S.T., M.T.

Tanggal : 11/ 06 /2020

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Analisis Kinerja Putaran Turbin Angin Vertikal Savonius pada Prototipe PLTB Dengan Variasi Sudut Pitch Terhadap Nilai Tegangan dan Arus Keluaran”. Shalawat serta salam tercurahkan kepada Rasulullah SAW, beserta keluarga, sahabat dan pengikutnya.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Maka dari itu, pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Kedua Orang Tua, Yanto dan Elyah, serta saudara kandung saya Novita Sari, Nova Apriyanti, Yolanda, dan Aura yang telah memberikan dukungan penuh dan motivasi selama proses perkuliahan dan penyelesaian tugas akhir ini.
2. Ibu Hermawati, S.T., M.T. selaku pembimbing tugas akhir yang telah memberikan bimbingan, arahan, nasihat dan bantuan kepada penulis hingga terselesaikannya tugas akhir ini.
3. Bapak Prof. Ir. Subriyer Nasir, MS.,Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Ir. Armin Sofijan, M.T , Ibu Caroline, S.T., M.T , Ibu Hj. Rahmawati, S.T., M.T dan Ibu Hj. Ike Bayusari, S.T.,M.T. selaku dosen penguji yang telah memberi arahan, ilmu, bimbingan, serta motivasi selama menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Seluruh dosen Teknik Elektro yang telah banyak memberikan ilmu yang Insya Allah bermanfaat dari awal kuliah hingga terselesaikannya tugas akhir ini.
7. Staff Jurusan Teknik Elektro Unsri yang telah banyak membantu selama perkuliahan.
8. Rekan mahasiswa teknik elektro Universitas Sriwijaya angkatan 2016.

Penulis menyadari masih banyak kekurangandalam pembuatan tugas akhir inidikarenakan keterbatasan penulis. Maka dengan segala kerendahan hati, penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya memperbaiki dan membangun dari pembaca.

Akhir kata penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan menambah ilmu pengetahuan terutama bagi mahasiswa jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya dan masyarakat pada umumnya.

Palembang, Juni 2020



SilviaAngraini

NIM.03041381621084

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK  
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Silvia Angraini  
Nim : 03041381621084  
Jurusan : Teknik Elektro  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-Exclusive Royalty- Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**ANALISA KINERJA PUTARAN TURBIN ANGIN VERTIKAL  
SAVONIUS PADA PROTOTIPE PLTB DENGAN VARIASI SUDUT  
PITCH TERHADAP NILAI TEGANGAN DAN ARUS KELUARAN**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengolah dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tulisan saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Indralaya  
Pada Tanggal : Juni 2020  
Yang menyatakan,



Silvia Angraini

## ABSTRAK

### **ANALISA KINERJA PUTARAN TURBIN ANGIN VERTIKAL SAVONIUS PADA PROTOTYPE PLTB DENGAN VARIASI SUDUT PITCH TERHADAP NILAI TEGANGAN DAN ARUS KELUARAN**

(Silvia Angraini, 03041381621084, 2020, 31 halaman)

---

Angin adalah suatu sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan. Energi angin merupakan energi fleksibel karena dapat diterapkan dimana-mana baik di daerah landai, dataran tinggi maupun laut. Energi angin juga merupakan sumber daya alam yang dapat diperoleh secara gratis (cuma-cuma) dengan jumlah yang melimpah dan tersedia terus-menerus sepanjang tahun. Mengingat kondisi angin di Indonesia yang relatif rendah PLTB jenis vertikal diklaim mampu berputar dalam kondisi angin tersebut. Dalam penelitian ini penulis membuat serta merancang prototipe PLTB vertikal serta memvariasikan sudut pitch turbin tersebut. Pengujian prototipe ini menggunakan kecepatan angin yaitu 2 m/s – 4m/s berasal dari sumber buatan. Pada pengujian prototipe ini menggunakan 6 sudu dengan panjang sudu 40 cm dan sudut pitch sebesar 40°, 60°, serta 80°. Dari hasil penelitian yang dilakukan nilai tegangan dan arus maksimal terdapat pada sudut pitch 40° sebesar 18,02 Volt dengan arus 0,0064 A dan juga menghasilkan kecepatan putaran maksimal sebesar 71,5 rpm dengan sudut pitch 40° pada kecepatan 4 m/s dengan menggunakan lampu 3 watt.

***Kata kunci : PLTB, Turbin Angin Savonius, Sudut Pitch***



## ABSTRACT

### **PERFORMANCE ANALYSIS OF SAVONIUS VERTICAL WIND TURBINE ON PLTB PROTOTYPE WITH PITCH ANGLE VARIATION ON VOLTAGE VALUE AND OUTPUT FLOW**

(Silvia Angraini, 03041381621084, 2020, 31 pages)

---

Wind is an environmentally friendly renewable energy source. Wind energy is flexible energy because it can be applied everywhere in the sloping areas, plateaus and sea. Wind energy is also a natural resource that can be obtained free of charge (for free) in abundant quantities and is available continuously throughout the year. Considering the relatively low wind conditions in Indonesia, the vertical type PLTB is claimed to be able to rotate in these wind conditions. In this study the authors make and design a vertical prototype PLTB and vary the pitch angle of the turbine. Testing of this prototype uses wind speeds of 2 m/s – 4 m/s originating from artificial sources. In testing this prototype using 6 blades with a blade length of 40 cm and pitch angles of 40°, 60°, and 80°. From the results of research conducted the maximum voltage and current values are found at a pitch angle of 40° by 18.02 Volts with a current of 0.0064 A and also produces a maximum rotation speed of 71.5 rpm with a pitch angle of 40° at a speed of 4 m/s with using a 3 watt lamp.

***Key words: Wind Power Plant (PLTB), Savonius Wind Turbine, Pitch Angle***

## DAFTAR ISI

<b>COVER SKRIPSI .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS .....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>PENYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRACK .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GRAFIK .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR RUMUS .....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	2
1.5 Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Angin.....	5
2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Bayu .....	7
2.2.1 Komponen Pada PLTB .....	7
2.2.2 Faktor Yang Diperlukan Dalam Perencanaan PLTB .....	8
2.3 Turbin Angin .....	8
2.3.1 Turbin Angin Sumbu Horizontal .....	10
2.3.2 Turbin Angin Sumbu Vertikal .....	11
2.3.2.1 Turbin Angin Darrieus .....	12
2.3.2.2 Turbin Angin Savonius .....	13

2.4	Generator.....	14
2.5	Daya .....	15
2.6	Sudut Pitch .....	15
2.7	Sifat Material Komposit .....	16
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>18</b>
3.1	Lokasi dan Waktu Penelitian .....	18
3.2	Alat dan Bahan .....	18
3.3	Umum .....	19
3.4	Desain Prototipe Turbin Angin Savonius .....	20
3.5	Diagram Alir Penelitian .....	22
3.6	Tahapan Penelitian .....	23
3.7	Rangkaian Pengukuran .....	24
3.7.1	Rangkaian Pengukuran Tegangan Tanpa Beban .....	24
3.7.2	Rangkaian Pengukuran Arus .....	24
<b>BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>25</b>
4.1	Umum .....	25
4.2	Pengujian Tanpa Beban .....	26
4.3	Pengujian Berbeban Lampu 3 Watt .....	26
4.4	Perhitungan Data Penelitian.....	27
4.4.1	Perhitungan Daya Angin .....	27
4.4.2	Perhitungan Daya Listrik Yang Dihasilkan .....	27
4.5	Analisa dan Pembahasan .....	28
4.5.1	Hubungan Sudut Pitch dan Rpm .....	28
4.5.2	Hubungan Sudut Pitch dan Tegangan .....	28
4.5.3	Hubungan Sudut Pitch dan Arus .....	29
<b>BAB V PENUTUP .....</b>		<b>31</b>
5.1	Kesimpulan .....	31
5.2	Saran .....	31
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		
<b>LAMPIRAN</b>		

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Skema PLTB Secara Umum.....	7
<b>Gambar 2.2</b> Komponen PLTB.....	7
<b>Gambar 2.3</b> Perbandingan Turbin Horizontal dan Vertikal .....	9
<b>Gambar 2.4</b> Turbin Angin Sumbu Horizontal .....	10
<b>Gambar 2.5</b> Variasi Jumlah Blade Pada HAWT .....	10
<b>Gambar 2.6</b> Turbin Angin Sumbu Vertikal .....	11
<b>Gambar 2.7</b> Darrieus Rotor .....	13
<b>Gambar 2.8</b> Savonius Rotor .....	13
<b>Gambar 2.9</b> Hubungan Sudut Pitch Dengan Sudut Serang .....	16
<b>Gambar 3.1</b> Desain Prototipe Turbin Vertikal Jenis Savonius .....	20
<b>Gambar 3.2</b> Diagram Rancangan Penelitian .....	22
<b>Gambar 3.3</b> Rangkaian Pengukuran Tegangan Tidak Berbeban .....	24
<b>Gambar 3.4</b> Rangkaian Pengukuran Arus .....	24
<b>Gambar 4.1</b> Prototipe Turbin Savonius Vertikal .....	25

## DAFTAR GRAFIK

<b>Grafik 4.1</b> Hubungan Sudut Pitch dan Rpm .....	28
<b>Grafik 4.2</b> Hubungan Sudut Pitch dan Tegangan .....	29
<b>Grafik 4.3</b> Hubungan Sudut Pitch dan Arus .....	29

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Potensi Angin Berdasarkan Kecepatannya.....	6
<b>Tabel 2.2</b> Informasi Iklim Tahun 2018 di Palembang.....	6
<b>Tabel 3.1</b> Jadwal Penelitian .....	18
<b>Tabel 3.2</b> Alat dan Bahan Pembuatan Kincir Angin .....	18
<b>Tabel 3.3</b> Komposisi Bahan Pembuatan Sudu .....	21
<b>Tabel 4.1</b> Pengujian Tidak Berbeban .....	27
<b>Tabel 4.2</b> Pengujian Menggunakan Lampu 3 Watt .....	27

## DAFTAR RUMUS

<b>Rumus 2.1</b> .....	14
<b>Rumus 2.2</b> .....	15
<b>Rumus 2.3</b> .....	15

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sepanjang sejarah manusia perkembangan-perkembangan besar dalam kebudayaan selalu diikuti dengan meningkatnya konsumsi energi. Angin merupakan suatu sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan. Energi dari angin merupakan sumber daya alam yang dapat diperoleh secara gratis (cuma-cuma) dengan jumlah yang melimpah dan tersedia terus-menerus sepanjang tahun [1].

Salah satu pemanfaatan energi angin yaitu pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB). Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) merupakan pembangkit dari energi listrik ke energi angin dimana energi angin sebagai sumber penyokong utamanya [2].

Menurut Marizka [2] Perkembangan energi angin di Indonesia untuk saat ini masih tergolong rendah berkisar antara 3 m/s hingga 5 m/s sehingga sulit untuk menghasilkan energi listrik dalam skala besar. Meskipun demikian, potensi angin di Indonesia tersedia hampir sepanjang tahun, sehingga memungkinkan untuk dikembangkan sistem pembangkit listrik skala kecil.

Jika dilihat dari kecepatan angin di wilayah Indonesia maka turbin yang sesuai untuk kecepatan angin rendah adalah turbin Savonius. Turbin ini memiliki torsi awal yang besar pada kecepatan angin rendah. Turbin Savonius termasuk turbin tipe sumbu tegak (*vertical axis*) yang rotornya dapat berputar untuk semua arah angin [2].

Pada penelitian sebelumnya yang menggunakan sudut kemiringan didapatkan bahwa sudut  $20^\circ$  merupakan kecepatan terbesar turbin dan sudut  $80^\circ$  merupakan kecepatan terkecil dari turbin [2]. Maka dari itu, penulis tertarik untuk membahas “Analisa Kinerja Putaran Turbin Angin Vertikal Savonius Pada



# Prototipe PLTB Dengan Variasi Sudut Pitch Terhadap Nilai Tegangan Dan Arus Keluaran”

## **1.2 Rumusan Masalah**

Dengan latar belakang yang telah dijelaskan maka turbin angin vertikal savonius cocok digunakan pada wilayah yang kecepatan anginnya rendah, selain itu turbin ini dibuat dengan sederhana dan tidak dipengaruhi oleh perubahan arah angin. Untuk itu penulis merancang prototipe turbin angin vertikal savonius dengan memvariasikan sudut pitch. Sudut pitch berkaitan dengan kinerja aerodinamika rotor turbin angin sehingga memiliki pengaruh terhadap daya keluaran turbin angin.

Maka dari itu dalam penelitian ini penulis akan merancang prototipe turbin angin vertikal savonius dengan variasi sudut pitch untuk mengetahui kinerja putaran angin, mengetahui tegangan dan arus keluaran pada turbin angin serta daya keluaran turbin tersebut.

## **1.3 Tujuan Penulisan**

Tujuan dilakukannya penelitian adalah :

1. Membuat dan merancang prototipe turbin angin vertikal savonius.
2. Menganalisa apakah variasi sudut pitch berpengaruh terhadap arus dan tegangan keluaran di prototipe turbin angin vertikal savonius.
3. Menganalisa apakah variasi sudut pitch berpengaruh terhadap kecepatan putaran turbin angin vertikal savonius.

## **1.4 Ruang Lingkup Penelitian**

Batasan permasalahan penelitian ini dibatasi pada :

1. Penulis membahas turbin angin vertikal savonius
2. Penulis menggunakan variasi sudut pitchnya sebesar  $40^\circ$ ,  $60^\circ$ , dan  $80^\circ$ .
3. Kecepatan angin berasal dari sumber angin buatan yaitu dari kipas angin.
4. Parameter yang akan diukur hanya berupa parameter daya keluaran berupa tegangan (Volt) dan arus (Ampere), dan kecepatan putaran (rpm) turbin.
5. Pada saat pengambilan data penulis menggunakan kecepatan angin berkisar antara 2m/s – 4m/s.

## **1.5 Sistematika Penulisan**

Adapun Sistematika Penulisan dalam proposal tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini membahas mengenai latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian dan sistematika penulisan.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini membahas mengenai dasar teori yang berkaitan dengan skripsi dan data yang mendukung dalam melakukan penelitian berdasarkan literatur.

### **BAB III METODELOGI PENELITIAN**

Pada bab ini berisi tentang tempat dan waktu penelitian, peralatan yang digunakan, perencanaan alat, prosedur pengambilan data dan pengolahan data serta menjelaskan singkat tentang proses penelitian.

### **BAB IV PEMBAHASAN**

Pada bab ini berisi tentang hasil pengukuran, perhitungan daya keluaran pada variasi sudut tersebut, dan analisa data.

## **BAB V PENUTUP**

Pada bab ini mencakup kesimpulan dan saran yang secara umum merupakan rangkuman dari hasil penelitian yang dilakukan.

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Aklis, H. Syafi, Y. C. Prastiko, and B. M. Sukmana, "Studi Eksperimen Pengaruh Sudut Pitch Terhadap Performa Turbin Angin Darrieus-H Sumbu Vertikal," vol. 17, no. 2, pp. 6–12, 2016.
- [2] D. Marizka Lustia, "Analisa Kinerja Turbin Angin Poros Vertikal Dengan Modifikasi Rotor Savonius L Untuk Optimasi Kinerja Turbin," Surakarta, 2010.
- [3] A. Putranto, A. Prasetyo, and A. Zاتمiko, "Rancang Bangun Turbin Angin Vertikal Untuk Penerangan Rumah Tangga," Semarang, 2011.
- [4] A. Musyafa', Soedibjo, I.Made Yulistiya Negara, Imam Robandi, "Design of pitch angle fuzzy logic control of speed variable wind turbine / Perancangan Kontrol Logika Fuzy Sudut Angguk Sebagai Variabel Kecepatan Turbin Angin," Prosiding Seminar Nasional Pascasarjana IX, Agustus 2009.pp.ELK-22,1-6.
- [5] Anonim, "Data Informasi Iklim Tahun 2018 Di Palembang, Sumatera Selatan," BMKG Palembang, 2018.
- [6] R. Yunginger and N. S. Nawir, "Analisis Energi Angin Sebagai Energi Alternatif Pembangkit Listrik Di Kota Di Gorontalo," Univ. Negeri Gorontalo, vol. 15, pp. 1–15, 2015.
- [7] M. Iqbal, "Pembuatan sistem pembangkit listrik tenaga angin berkapasitas 100 watt," 2018.
- [8] Anonim, "Pembangkit Listrik Tenaga Angin," 2013. [Online]. Available: <http://lugiromadoni.blogspot.com/2013/02/blog-post.html>.
- [9] T. Bambang and I Wayan Ratnata, "Program Pendidikan Profesi Guru (PPG) Perencanaan Sistem Mekanik PLTB," no. 2, 2017.
- [10] D. W. I. Lastomo *et al.*, "Simulasi Pengendali Sudut Pitch Blade pada Turbin Angin dengan Flower Pollination Algorithm (FPA) untuk Mengoptimalkan Konversi Daya Listrik Simulation of Pitch Angle Blade Controller Wind Turbine Using Flower Pollination Aalgorithn (FPA) for Optimizi," 2016.

- [11] M. Nuarsa, F. Aryanto and I Made Mara, "Pengaruh Kecepatan Angin Dan Variasi Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Poros Horizontal," vol. 3, no. 1, pp. 50–59, 2013.
- [12] Anonim, "Turbin Angin," pp. 3–28.
- [13] D. Putra, "Savonius Dengan Penambahan Stage," 2017.
- [14] Anonim, "Laporan Penelitian Turbin Angin Hybrid (Savonius- Darrieus)," no. *March*, 2016.
- [15] S. Atmadi and A. J. Fitroh, "Analisa Pengaruh Sudut Pitch, Untuk Memperoleh Daya Optimal Turbin Angin LPN-SKEA 50 KW Pada Beberapa Kondisi Kecepatan Angin," vol. 7, no. 1, pp. 60–66, 2009.
- [16] W. Dewi, E. Rahmawati and Imam Sucahyo, "Rancang Bangun Alat Ukur Kecepatan Dan Arah Angin Berbasis Arduino Uno ATMEGA 328P," vol. 04, pp. 150–156, 2015.
- [17] Marizka Lustia Dewi, "Analisa Kinerja Turbin Angin Poros Vertikal Dengan Modifikasi Rotor Savonius L Untuk Optimasi Kinerja Turbin," 2010.
- [18] B. Junaidin, "Perancangan Vertical Axis Wind Turbine (VAWT) Skala Kecil," *J. Ilm. Bid. Teknol. ANGKASA*, vol. IX, no. 2, pp. 29–38, 2017.
- [19] S. S. Huda and I. S. Arief, "Analisa Bentuk Profile dan Jumlah Blade Vertical Axis Wind Turbine terhadap Putaran Rotor untuk Menghasilkan Energi Listrik," *J. Tek. ITS*, vol. 3, no. 1, pp. G25–G29, 2014.
- [20] J. Arthur, E. Fitzgerald and Charles Kingsley, "Electric machinery," vol. 319, no. 4. 1985.
- [21] F. R. Muttaqin and B. L. Widjiantoro, "Pemilihan Sudut Pitch Optimal Untuk Prototipe Turbin Angin Skala Kecil Dengan Tipe Bilah on-Uniform Airfoil rel S83n," no. D, pp. 1–9, 2001.
- [22] N. Nurun, "Material Komposit,".
- [23] A. M. Siregar and C. A. Siregar, "Reliability test prototype wind turbine savonius type helical as an alternative electricity generator," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 674, no. 1, 2019.
- [24] Hicary, Suwandi, and A. Qurthobi, "Analisis Pengaruh Jumlah Sudu Pada Turbin Angin Savonius Di Dalam Proses Pengisian Akumulator," vol. 3,

no. 3, pp. 4911–4918, 2016.

- [25] I. T. Konstruksi and K. Fiberglass, “Material Fiberglass Fiberglass Reinforced Plastic ( FRP ) adalah suatu produk yang terdiri dari dua komponen pokok yaitu Glass reinforcement dan Polyester resin yang kemudian digabung , Formula FRP pada dasarnya terdiri dari : Resin : Glass ( by weight ).”