

**ANALISIS PENGISIAN AKUMULATOR PADA PLTB *HORIZONTAL*  
*AXIS WIND TURBINE* UNTUK PENCATUAN BEBAN LISTRIK**



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

**Oleh:**

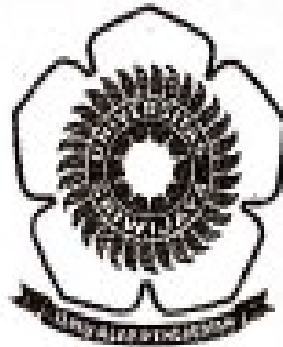
**MUHAMMAD ZULFIKAR FIRDAUS**

**03041181722006**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2021**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**ANALISIS PENGESIAN AKUMULATOR PADA PLTB *HORIZONTAL***  
***AXIS WIND TURBINE* UNTUK PENCATUAN BEBAN LISTRIK**



**SKRIPSI**

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

**Oleh:**

**Muhammad Zulfiqar Firdaus**

**(03041181722006)**

**Mengetahui,**

**Ketua Jurusan Teknik Elektro**



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

**NIP. 19700311999031005**

**Palembang, 22 Juli 2021**

**Menyetujui,**

**Pembimbing Utama**

**Hj. Hermawati S.T., M.T.**

**NIP. 197708102001122001**

## LEMBAR PERNYATAAN DOSEN

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



Tanda Tangan : \_\_\_\_\_  
Pembimbing Utama : Hj. Hermawati S.T.,M.T.  
Tanggal : 22 / Juli / 2021

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

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

Nama : Muhammad Zulfikar Firdaus  
NIM : 03041181722006  
Jurusan : Teknik Elektro  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

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

**ANALISIS PENGISIAN AKUMULATOR PADA PLTB *HORIZONTAL*  
AXIS WIND TURBINE UNTUK PENCATUAN BEBAN LISTRIK**

Berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola 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 Palembang

Pada tanggal: 22 Juli 2021

The image shows an official stamp of Universitas Sriwijaya, featuring the university's logo and the text 'UNIVERSITAS SRIWIJAYA' and 'MENTERI TENAGA'. Overlaid on the stamp is a handwritten signature in black ink.

Muhammad Zulfikar Firdaus

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini.

Nama : Muhammad Zulfikar Firdaus  
NIM : 03041181722006  
Fakultas : Teknik  
Jurusan/ Prodi : Teknik Elektro  
Universitas : Universitas Sriwijaya

Hasil pengecekan software *iThenticate/ Turnitin*: 11 %

Menyatakan bahwa laporan hasil penelitian saya yang berjudul “Analisis Pengisian Akumulator Pada PLTB *Horizontal Axis Wind Turbine* Untuk Pencatuan Beban Listrik” merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari ditemukan unsur penjiplakan/Plagiat dalam karya ilmiah ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tanpa paksaan.

Palembang, 22 Juli 2021



Muhammad Zulfikar Firdaus

NIM. 03041181722006

## KATA PENGANTAR

Puji beserta syukur selalu penulis haturkan kepada Allah SWT yang tidak pernah berhenti memberikan rahmat, kemudahan rahmat serta pertolongan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul “**Analisis Pengisian Akumulator Pada PLTB *Horizontal Axis Wind Turbine* Untuk Pencatuan Beban Listrik**”. Shalawat dan salam tercurahkan kepada Rasulullah SAW, keluarga, para sahabat dan pengikutnya.

Tugas akhir ini disusun sebagai syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Pada kesempatan kali ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu Hj. Hermawati, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan banyak nasihat, ilmu, bimbingan, saran serta bantuan kepada penulis sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
2. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku Kepala Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Prof. Ir. Zainuddin Nawawi, Ph.D., sebagai Dosen Pembimbing Akademik yang selalu memberi bantuan dan dukungan perihal akademik selama penulis menjalani proses perkuliahan.
4. Ibu Caroline, S.T., M.T., Ibu Hj. Rahmawati, S.T., M.T., dan Ibu Ike Bayusari, S.T., M.T., selaku dosen penguji yang telah memberikan ilmu, bimbingan dan saran terhadap penulisan tugas akhir.
5. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan ilmu selama masa perkuliahan serta seluruh Staff Jurusan Teknik Elektro.
6. Orang tua, saudara dan keluarga yang selalu memberi dukungan selama proses perkuliahan hingga tibalah penulis di fase pembuatan tugas akhir ini.
7. Teman-teman yang selalu memberikan dukungan selama perkuliahan dan dalam proses pembuatan tugas akhir ini.

Penulis menyadari dalam pembuatan tugas akhir ini masih banyak kekurangan, hal ini dikarenakan 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 serta menambah wawasan ilmu pengetahuan terutama bagi mahasiswa jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya dan masyarakat pada umumnya.

Palembang, 22 Juli 2021



Muhammad Zulfikar Firdaus

NIM. 03041181722006

## ABSTRAK

### ANALISIS PENGISIAN AKUMULATOR PADA PLTB *HORIZONTAL AXIS WIND TURBINE* UNTUK PENCATUAN BEBAN LISTRIK

(Muhammad Zulfikar Firdaus, 03041181722006, 2021, 56 Halaman)

---

Penelitian ini membahas tentang pengisian akumulator dengan menggunakan PLTB *Horizontal Axis Wind Turbine*. Penelitian ini menggunakan generator dengan jenis sinkron magnet permanen pada turbin angin dan akumulator kering berkapasitas 12 Volt DC 5 AH. Generator jenis sinkron magnet permanen memiliki keunggulan yaitu dapat berputar pada kecepatan rendah dan akumulator yang digunakan berfungsi sebagai media penyimpanan energi listrik yang dihasilkan oleh generator tersebut. Pengujian performa generator sangat diperlukan untuk melihat seberapa optimal turbin angin saat proses pengisian akumulator. Penelitian ini menggunakan kecepatan angin yang bervariasi yaitu 4 m/s, 5 m/s dan 6 m/s serta beban berupa dinamo motor DC 6 volt dan 12 volt. Hasil dari pengujiannya adalah total waktu pengisian akumulator paling lama saat menggunakan kecepatan angin 4 m/s dengan beban dinamo motor DC 12 volt yaitu 223 menit. Sedangkan, waktu pengisian akumulator tercepat adalah saat menggunakan kecepatan angin 6 m/s dengan beban dinamo motor DC 6 volt yaitu 163 menit. Nilai daya keluaran generator minimum yang diperoleh yaitu 0,991 watt saat pengisian akumulator menggunakan kecepatan angin 4 m/s dengan beban 6 volt. Sedangkan, nilai daya keluaran generator maksimumnya adalah 1,552 watt saat pengisian akumulator menggunakan kecepatan angin 6 m/s dengan beban 12 volt.

**Kata kunci :** Turbin angin poros horizontal, generator, pengisian akumulator, nilai daya keluaran



## **ABSTRACT**

### **ANALYSIS OF CHARGING ACCUMULATORS ON HORIZONTAL AXIS WIND TURBINE PLTB FOR ELECTRICITY LOADS**

*(Muhammad Zulfikar Firdaus, 03041181722006, 2021, 56 Pages)*

---

*This study discusses charging accumulators using PLTB Horizontal Axis Wind Turbine. This study uses a generator with a permanent magnet synchronous type on a wind turbine and a dry accumulator with a capacity of 12 Volt DC 5 AH. The permanent magnet synchronous type generator has the advantage that it can rotate at low speeds and the accumulator used functions as a storage medium for the electrical energy generated by the generator. Testing the performance of the generator is very necessary to see how optimal the wind turbine is during the accumulator charging process. This study uses varying wind speeds, namely 4 m/s, 5 m/s and 6 m/s and the load is a 6 volt and 12 volt DC motor dynamo. The result of the test is that the total charging time of the accumulator is the longest when using a wind speed of 4 m/s with a 12 volt DC motor dynamo load, which is 223 minutes. Meanwhile, the fastest accumulator charging time is when using a wind speed of 6 m/s with a 6 volt DC motor dynamo load, which is 163 minutes. The minimum generator output power value obtained is 0.991 watts when charging the accumulator using a wind speed of 4 m/s with a load of 6 volts. Meanwhile, the maximum generator output power value is 1.552 watts when charging the accumulator using a wind speed of 6 m/s with a load of 12 volts.*

**Keywords:** *Horizontal shaft wind turbine, generator, accumulator charging, rated output power*

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
LEMBAR PERNYATAAN DOSEN.....	iii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
ABSTRAK .....	viii
<i>ABSTRACT</i> .....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR RUMUS .....	xv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Energi Angin .....	5
2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) .....	5
2.3 Turbin Angin .....	7
2.4 Jenis Turbin Angin .....	7
2.4.1 <i>Horizontal Axis Wind Turbine</i> .....	7
2.4.2 <i>Vertical Axis Wind Turbine</i> .....	8

2.5	Induksi Elektromagnetik .....	9
2.6	<i>Generator Wind Turbine</i> .....	10
2.7	Generator Sinkron Magnet Permanen .....	11
2.8	Arus dan Tegangan.....	13
2.9	Daya Terhadap Kecepatan Angin .....	13
2.10	<i>Rectifier</i> .....	15
2.11	Aki (Akumulator).....	15
2.12	Inverter .....	16
2.12.1	Pengertian Inverter .....	16
2.12.2	Jenis Gelombang Inverter.....	17
2.12.3	Prinsip Kerja Inverter .....	18
BAB III .....		19
METODOLOGI PENELITIAN .....		19
3.1	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	19
3.2	Umum.....	19
3.3	Peralatan dan Bahan .....	20
3.4	Diagram Alir Penelitian .....	22
3.5	Tahapan Penelitian .....	23
3.6	Rangkaian Pengukuran.....	23
BAB IV .....		24
HASIL DAN PEMBAHASAN .....		24
4.1	Umum.....	24
4.2	Pengujian Pengisian Akumulator Dengan Turbin Angin Dalam Kondisi Berbeban .....	25
4.3	Pengujian Nilai Daya Keluaran Generator Saat Pengisian Akumulator.....	26
4.4	Analisa Hasil Pengujian Pengisian Akumulator Dalam Kondisi Berbeban Dengan Variasi Kecepatan Angin.....	28
BAB V .....		31
PENUTUP .....		31
5.1	Kesimpulan.....	31

5.2	Saran.....	31
-----	------------	----

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses Konversi PLTB .....	6
Gambar 2.2 <i>Horizontal Axis Wind Turbine</i> .....	8
Gambar 2.3 <i>Vertical Axis Wind Turbine</i> .....	9
Gambar 2.4 Induksi Elektromagnetik .....	10
Gambar 2.5 Komponen <i>Wind Turbine</i> .....	11
Gambar 2.6 Konstruksi Generator Magnet Permanen .....	12
Gambar 2.7 Rangkaian dan <i>output bridge rectifier</i> .....	15
Gambar 2.8 Baterai 12 Volt .....	16
Gambar 2.9 Proses Kimia Pada Akumulator .....	16
Gambar 2.10 Prinsip Kerja Inverter .....	18
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....	22
Gambar 3.2 Rangkaian Pengukuran.....	23
Gambar 4.1 Alur Proses Pengisian Akumulator Kondisi Berbeban .....	24
Gambar 4.2 Grafik Total Waktu Pengisian Akumulator .....	29
Gambar 4.3 Grafik Nilai Daya Keluaran Generator .....	30

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jadwal Penelitian.....	19
Tabel 3.2 Alat dan Bahan.....	20
Tabel 3.3 Spesifikasi Turbin Angin .....	21
Tabel 4.1 Data Pengisian Akumulator Dengan Kecepatan Angin 4 m/s .....	25
Tabel 4.2 Data Pengisian Akumulator Dengan Kecepatan Angin 5 m/s .....	26
Tabel 4.3 Data Pengisian Akumulator Dengan Kecepatan Angin 6 m/s .....	26
Tabel 4.4 Data Nilai Daya Keluaran Generator Saat Pengisian Akumulator Dalam Kondisi Berbeban Dengan Kecepatan Angin 4 m/s .....	27
Tabel 4.5 Data Nilai Daya Keluaran Generator Saat Pengisian Akumulator Dalam Kondisi Berbeban Dengan Kecepatan Angin 5 m/s .....	28
Tabel 4.6 Data Nilai Daya Keluaran Generator Saat Pengisian Akumulator Dalam Kondisi Berbeban Dengan Kecepatan Angin 5 m/s .....	28

## DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1 Frekuensi Listrik.....	12
Rumus 2.2 Arus Listrik.....	13
Rumus 2.3 Energi Kinetik.....	13
Rumus 2.4 Massa .....	14
Rumus 2.5 Luas Penampang Baling-Baling .....	14
Rumus 2.6 Daya Masukkan .....	14
Rumus 4.1 Daya Keluaran .....	27

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Negara Indonesia mempunyai sebuah kondisi geografis dengan potensi yang baik dalam mengelola sumber energi terbarukan yaitu salah satunya adalah energi bayu(angin). Energi Bayu(angin) saat ini adalah energi alternatif yang sering dimanfaatkan di Indonesia, yang dimana energi bayu bisa menggantikan sumber energi tak terbarukan dalam penggunaannya dalam pembangkitan energi listrik dikarenakan ketersediaan dari energi bayu yang merupakan energi terbarukan tidak akan pernah habis [1].

Energi bayu merupakan energi baru terbarukan dimana bisa dijadikan solusi pada saat ini melihat pola penggunaan energi listrik yang terus meningkat baik di masyarakat maupun sektor perindustrian. Untuk saat ini, bahan bakar dari fosil sudah semakin minim persediaannya karena digunakan untuk menghasilkan energi listrik. Salah satu dampak dari ketersediaan listrik oleh PT.PLN adalah terjadinya pemadaman. Hal ini disebabkan oleh penambahan sumber energi baru tidak sebanding dengan peningkatan pemakaian listrik di masyarakat. Oleh karena itu, pemerintah terus mengupayakan pengoptimalan penggunaan sumber daya energi terbarukan di Indonesia. Didasari oleh PP No.79 pada tahun 2014 yang berisikan tentang Kebijakan Energi Nasional, target energi listrik dari energi terbarukan pada tahun 2025 paling minimal 23% dan 31% pada tahun 2050 [2].

Salah satu langkah yang diambil untuk mengatasi sumber energi yang tidak sebanding dengan pemakaian di masyarakat adalah meminimalkan penggunaan sumber energi dari fosil dengan sumber energi terbarukan. Energi terbarukan yang dapat digunakan adalah energi angin. Energi ini dapat digunakan untuk menghasilkan listrik melalui PLTB(Pembangkit Listrik Tenaga Bayu). PLTB merupakan salah satu jenis pembangkit listrik yang dimana dalam membangkitkan energi listrik melalui tahapan proses dari pemutaran turbin oleh angin yang langsung tercatu dengan generator sebagai pembangkit listrik, lalu daya listrik keluaran dari generator akan disimpan dalam baterai. Agar energi listrik optimal



saat disimpan di dalam baterai adalah dengan menjaga kestabilan tegangan yang keluar dari generator menggunakan komponen pengendali energi listrik. Penggunaan dari energi listrik yang telah disimpan pada baterai berfungsi untuk menghidupkan komponen-komponen kelistrikan di rumah tangga yang memiliki kapasitas daya listrik kecil. Energi listrik yang dimana telah disimpan ke dalam baterai kemudian dikonversikan menjadi arus dan tegangan DC(searah) dengan nilai 12 volt menjadi tegangan dan arus AC yang bernilai 220 volt setelah dikonversikan dengan alat listrik bernama inverter, yang dimana inverter berfungsi untuk mengubah listrik arus searah(DC) menjadi listrik arus bolak balik(AC) dengan spesifikasi yang sesuai dengan inverter yang dipakai. Hal ini dikarenakan komponen- komponen kelistrikan yang ada di dalam rumah tangga menggunakan tegangan dan arus bolak-balik,

Penggunaan dari turbin angin yang terdapat dalam skripsi ini bertujuan untuk mencakup angin melalui sudu-sudu dari turbin angin yang kemudian akan menghasilkan energi listrik melalui proses pengkonversian pada generator. Karena kondisi kecepatan angin di Indonesia yang bervariasi maka saat proses pengisian akumulator akan terjadi kondisi yang dinamik juga, dikarenakan hal tersebut skripsi ini akan dijelaskan mengenai proses pengisian akumulator pada pembangkit listrik tenaga bayu jenis *horizontal axis wind turbine*, serta kondisi daya keluaran yang dihasilkan oleh generator proses pengisian akumulator dalam keadaan tercatu ke beban.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan penelitian shofa [3] telah dilakukan pengujian secara langsung terkait perfomansi dari generator sinkron magnet permanen pada turbin angin berjenis *horizontal axis wind turbine* dengan kecepatan angin yang bervariasi serta beban yang bervariasi juga. Hasil dari penelitian tersebut adalah kecepatan dari angin yang dapat dimanfaatkan untuk menggerakkan baling-baling pada turbin angin adalah minimalnya 3,5 m/s. Selain itu, dari penelitian tersebut dapat diperoleh bahwasanya tegangan dan arus maksimal yang diperoleh tanpa menggunakan beban adalah 13,7 Volt dan 1,42 A dengan kecepatan angin 5 m/s. Berdasarkan hasil yang

diperoleh kemampuan turbin angin ini dalam menghasilkan daya yang dapat digunakan untuk pengisian akumulator. Oleh sebab itu penulis akan melakukan penelitian dan menganalisis pengujian pengisian akumulator menggunakan pembangkit listrik tenaga bayu jenis *horizontal axis wind turbine* dengan sumber energi angin yang bervariasi, serta menganalisis daya keluaran dari generator saat proses pengisian akumulator saat kondisi berbeban.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Menganalisa pengaruh variasi kecepatan angin terhadap waktu proses pengisian akumulator saat kondisi berbeban.
2. Mengukur dan menghitung nilai daya keluaran dari generator saat proses pengisian akumulator pada kondisi berbeban.

### **1.4 Batasan Masalah**

Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menggunakan PLTB jenis *horizontal axis wind turbine* dengan daya pada generator yaitu 600 Watt.
2. Akumulator yang digunakan adalah akumulator kering 12 Volt DC 5 AH.
3. Beban yang digunakan adalah dinamo motor DC 6 Volt dan 12 Volt.
4. Mengabaikan nilai rugi-rugi yang terdapat pada generator, akumulator dan beban.
5. Variasi kecepatan angin yang digunakan dalam penelitian adalah bernilai 4 m/s, 5 m/s dan 6 m/s.

### **1.5 Sistematika Penulisan**

Penulisan dari skripsi yang akan dilakukan adalah tersusun dari lima bab, yang dapat dilihat sebagai berikut.

## **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini menjelaskan mengenai latar belakang dari judul skripsi yang diambil, perumusan masalah dari penelitian, tujuan dari penelitian, batasan masalah pada penelitian dan sistematika penulisan

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bagian bab ini menjelaskan terkait teori yang digunakan untuk referensi saat melakukan penelitian.

## **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini berisikan tentang metode penulis dalam melakukan penelitian, lokasi serta waktu dari penelitian dan proses pengerjaan skripsi yang dilakukan.

## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini membahas penganalisaan pengujian dan pengolahan data terkait proses pengisian akumulator pada PLTB *horizontal axis wind turbine* untuk pencatuan beban listrik.

## **BAB V PENUTUP**

Bagian dari bab ini adalah menjelaskan terkait kesimpulan penelitian yang telah dilakukan beserta saran untuk penelitian berikutnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Perwita and W. Banar, "A Technical Review of Building Integrated Wind Turbine System and a Sample Simulation Model in Central Java, Indonesia," *Energy Procedia*, vol. 47, pp. 29-36, 2014.
- [2] N. I. Suharyati; Hesti Pambudi, Sadmoko; Wibowo, Jamaludin Lastiko; Pratiwi, *Indonesia Energy Outlook*, vol. 94. Jakarta Selatan: National Energy Council, 2019.
- [3] N. D. Nuary, "ANALISIS PENGISIAN BATERAI PADA RANCANG BANGUN TURBIN ANGIN POROS VERTIKAL TIPE SAVONIOUS UNTUK PENCATUAN BEBAN LISTRIK," 2011.
- [4] I. F. Syahbana, "ANALISIS PENGARUH PEMBEBANAN DAN RPM TERHADAP PERFORMA GENERATOR WIND TURBINE MENGGUNAKAN SOFTWARE MAGNET INFOLYTICA PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO," 2019.
- [5] Q. H. Nagpurwala, "Wind Turbines," M.S. Ramaiah School of Advanced Studies.
- [6] I. Ikhsan and A. Hipi, "Analisis Pengaruh Pembebanan terhadap kinerja kincir angin tipe propeller pada wind tunnel sederhana," *Jur. Mesin Fak. Tek. Univ. Hasanudin. Makassar*, 2011.
- [7] A. M. Eltamaly, "Introduction to Wind Energy Systems," Arab Saudi: King Saud University, p. 97.
- [8] S. Arga Gideon, B. Untung, Z. Ahmad Fauzan, "Analisa Efektifitas *Wind Turbine* Sumbu Horizontal Dengan Variasi Jumlah dan Jenis Airfoil Sebagai Sumber Energi Listrik Tambahan Pada Fisheries Inspection," vol.4,no. 4, 2016.

- [9] C. Retno, Hidayat Arif, S. Sutopo, “Analisis Pemahaman Konsep Fisika Mahasiswa Pada Materi Induksi Elektro Magnetik” vol. 3, no. 10, pp. 1383-1390, 2018.
- [10] P. Jain, Wind Energy Engineering. McGraw-Hill Companies, 2011.
- [11] I. S. Rifdian, “Analisa Unjuk Kerja Generator Sinkron Tiga Fasa dengan Penggerak Turbin Angin,” no. 73, pp. 1–15.
- [12] W. Dwi Prasetyo, “Rancang Bangun Generator Sinkron 1 Fasa Magnet Permanen Kecepatan Rendah 750 RPM,” *J. Ilm. SETRUM*, vol. 5, no. 1, 2016.
- [13] E. Mourabit *et al.*, “Implementation and validation of backstepping control for PMSG wind turbine using dSPACE controller board,” vol. 5, pp. 807–821, 2019.
- [14] Z. Anthony, *Mesin Listrik Arus Bolak Balik*. Yogyakarta: Penerbit Andi, 2013.
- [15] M. Muhammad, “ANALISA PERBANDINGAN ARUS DAN TEGANGAN PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN DAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA,” 2019.
- [16] L. Melda, N. Refdinal, Reza Hamdi, “ANALISA PROSES *CHARGING* AKUMULATOR PADA PROTOTIPE TURBIN ANGIN SUMBU HORIZONTAL DI PANTAI PURUS PADANG,” vol. 2, no. 1, 2013.