

ANALISA POTENSI KECEPATAN ANGIN PADA MODUL LATIH RANCANG BANGUN PLTB

Dezetty Monika¹, Nuha Nadhiroh², Mutiar^{3*}

1 Program Studi Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta, Indonesia

2 Program Studi Teknik Otomasi Listrik Industri, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta, Indonesia.

3 Program Studi Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Sriwijaya, Indonesia

*e-mail: mutiar.tiar@gmail.com

ABSTRAK

Energi listrik adalah energi yang dapat dihasilkan dari konversi berbagai jenis energi, salah satunya adalah energi angin. Rata-rata kecepatan angin di wilayah Indonesia tergolong berkecepatan rendah, hanya daerah daerah tertentu saja yang memiliki kecepatan angin yang sedang sampai tinggi. Kecepatan angin yang rendah bukan berarti potensi energi yang terkandung di dalamnya tidak dapat dimanfaatkan atau dikonversikan menjadi energi listrik, tetap dapat dimanfaatkan tetapi diperlukan generator yang sesuai dengan karakteristik kecepatan angin tersebut. Maka dari itu turbin yang digunakan jenis savonius yang dimana turbin jenis tersebut dapat bekerja dalam kecepatan angin rendah. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengukur daya keluaran modul latihan PLTB terhadap kecepatan angin. Dengan metode eksperimental menggunakan anemometer dan pengukuran tegangan, arus dan daya keluaran. Dari hasil penelitian ini daya maksimal yang dihasilkan modul latihan PLTB sebesar 0,008 Watt dengan kecepatan angin 4,31 m/s dan daya minimal yang dihasilkan sebesar 0,001 Watt dengan kecepatan angin 1,17 m/s. Dalam sehari, rata-rata kecepatan angin adalah 2,94 m/s maka dari kecepatan angin tersebut modul latihan PLTB mampu menghasilkan daya rata-rata 0,001 Watt.

Kata Kunci: Energi listrik, Energi angin, Turbin Savonius, PLTB

Analysis of Wind Speed Potential in Wind Power Plant Design Training Module

ABSTRACT

Electrical energy is energy that can be generated from the conversion of various types of energy, one of which is wind energy. The average wind speed in Indonesia is classified as low speed, only certain areas have moderate to high wind speeds. Low wind speed does not mean that the potential energy contained in it cannot be utilized or converted into electrical energy, it can still be utilized but a generator is needed that matches the characteristics of the wind speed. Therefore, the turbine used is the Savonius type, which can work in low wind speeds. The purpose of this research is to measure output power against wind speed. With experimental methods using an anemometer and measuring voltage, current and output power. From the results of this study, the maximum power generated by the wind power training module is 0.008 Watt with a wind speed of 4.31 m/s and the minimum power generated is 0.001 Watt with a wind speed of 1.17 m/s. In a day, the average wind speed is 2.94 m/s so from the wind speed the wind power training module is able to produce an average power of 0.001 Watt.

Keywords: Electrical energy, Wind energy, Turbine Savonius, Wind Power

I. PENDAHULUAN

Energi listrik adalah energi yang dapat dihasilkan dari konversi berbagai jenis energi, salah satunya adalah energi angin. Untuk menghasilkan hasil konversi energi angin menjadi energi listrik dibutuhkan peralatan utama yaitu generator yang mampu menkonversi energi mekanis menjadi energi listrik [1]. Rata-rata kecepatan angin di wilayah Indonesia tergolong berkecepatan rendah, hanya daerah-daerah tertentu saja yang memiliki kecepatan angin yang sedang sampai tinggi, seperti di daerah pantai atau di atas bukit.

Kecepatan angin maksimum terjadi pada periode Juni, Juli, Agustus (JJA) saat terjadi monsun Australia sedangkan minimum terjadi pada periode Maret, April, dan Mei (MAM) saat peralihan monsun Asia ke monsun Australia [2].

Energi angin telah lama dikenal dan dimanfaatkan oleh manusia. Pada awalnya pemanfaatan energi angin digunakan sebagai penggerak perahu layar di zaman dahulu kala dimana masyarakat Indonesia belum mengenal mesin penggerak. Dikenal dengan sebutan kapal layar, yaitu sebuah kapal yang menggunakan layar dan memanfaatkan tenaga angin untuk mendorong kapal tersebut bergerak [3].

Kecepatan angin yang rendah bukan berarti potensi energi yang terkandung di dalamnya tidak dapat dimanfaatkan atau dikonversikan menjadi energi listrik, tetap dapat dimanfaatkan tetapi diperlukan generator yang sesuai dengan karakteristik kecepatan angin tersebut.

Sistem pembangkitan listrik menggunakan angin sebagai sumber energi merupakan sistem alternatif yang sangat berkembang pesat, mengingat angin merupakan salah satu energi yang tidak terbatas di alam [4].

Karakteristik angin yang dapat dimanfaatkan pada PLTB adalah angin yang mengalir secara laminar (mengalir secara teratur) dengan kecepatan antara 4 m/s hingga 25 m/s [5]. Angin dengan kecepatan 4 m/s dianggap sebagai kecepatan minimal angin agar dapat memutar turbin dengan kapasitas pembangkitan listrik yang kecil, sedangkan 25 m/s merupakan kecepatan maksimum angin yang tidak mengganggu kekuatan struktur turbin angin. Hal ini lah yang menyebabkan mayoritas turbin angin dibangun di daerah dengan lahan yang luas, tanpa adanya bangunan, struktur geografis dan benda-benda lainnya yang mengganggu aliran angin. Jika turbin angin dibangun di daerah perkotaan yang padat dengan bangunan, maka aliran angin menjadi terganggu dan turbulen (mengalir secara acak), sehingga sulit untuk menghasilkan gaya angkat yang cukup untuk memungkinkan perputaran sudu turbin [6].

Pembangkit energi listrik tenaga angin dengan kecepatan rendah secara garis besar mempunyai fungsi dan cara kerja yang sama dengan pembangkit energi listrik tenaga angin lainnya. Hanya saja perbedaannya terletak pada jenis dan desain turbin angin untuk kecepatan rendah [7]. Maka dari itu menggunakan turbin jenis savonius yang dimana turbin jenis tersebut dapat bekerja dalam kecepatan angin rendah.

Baterai digunakan sebagai penyimpan sekaligus sebagai buffer agar keluaran inverter bisa dipertahankan stabil. Dibutuhkan kajian untuk menetapkan besarnya kapasitas turbin angin, kapasitas baterai agar dapat memasok kebutuhan beban listrik tanpa pemadaman [8].

II. METODE PENELITIAN

Pengujian kecepatan angin merupakan hal yang penting untuk menentukan titik lokasi pembangunan modul latihan PLTB. Selain itu, pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi angin di lokasi sebagai dasar penentuan waktu pada pengujian keluaran arus dan tegangan PLTB ini. Berdasarkan spesifikasi pada turbin angin bahwa dibutuhkan kecepatan angin minimal 1,5 m/s untuk dapat memutar turbin angin. [9]

Pengujian ini bertujuan untuk mengukur kecepatan angin dan mengetahui besar rata-rata kecepatan angin di lokasi pembangunan. Pengujian dilakukan di lokasi rencana pembangunan modul

latih PLTB dengan jarak waktu pengambilan data selama satu jam per harinya. Anemometer diposisikan tepat di titik lokasi dengan ketinggian 7meter sesuai letak turbin angin yang akan dipasang. [10]

Turbin angin merupakan suatu cara untuk memperoleh energi listrik dengan cara mengkonversi energi mekanik angin menjadi listrik. Secara teori daya maksimal yang dapat dipanen dari angin adalah : [11]

$$Pa = V \times I \tag{1}$$

$$Pth = 1/2\rho A(v)^3 \tag{2}$$

Dimana Pa menyatakan daya aktual dalam satuan Watt, Pth menyatakan daya teoritis yang dihasilkan dalam satuan Watt, ρ menyatakan massa jenis udara sebesar 1,2 kg/m², A sebagai luas area sapuan turbin dalam satuan m² dan v menyatakan kecepatan angin dalam satuan m/s. Suatu sistem konversi turbin angin tidak pernah mampu memanen lebih dari 60% daya teoritisnya. Biasanya kurang dari 0,593 yang dikarenakan oleh banyak faktor kehilangan lain yang tidak diperhitungkan, seperti faktor gesekan, faktor aerodinamik sudu dan rotasi. Oleh karena itu besaran energi yang dapat didapat (Pe) dalam satuan Watt adalah sebesar 0,593 x Pth.

Dengan demikian dapat dihitung efisiensi dengan rumus sebagai berikut : [12]

$$\eta = \frac{Pa}{Pe} \times 100\% \tag{3}$$

Dalam melakukan pengujian kecepatan angin, dilakukan dengan prosedur sebagai berikut.

1. Mempersiapkan anemometer digital UT363BT dan aplikasi iENV pada *smartphone* untuk memantau kecepatan angin yang terukur pada anemometer dari jarak jauh.
2. Aktifkan anemometer dengan menekan tombol power kemudian tekan tombol *bluetooth* untuk mengkoneksikan anemometer dengan aplikasi pada *smartphone*.
3. Posisikan anemometer di titik lokasi pembangunan setinggi 7meter dari permukaan tanah sesuai dengan letak ketinggian kincir angin.
4. Mencatat kecepatan angin yang terukur oleh anemometer dengan melihatnya pada aplikasi iENV di *smartphone*.
5. Mengukur tegangan dan arus keluaran dan menghitung daya keluaran serta efisiensi.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut adalah tabel 1-3 berisikan data hasil pengujian kecepatan angin di lokasi yang dilakukan.

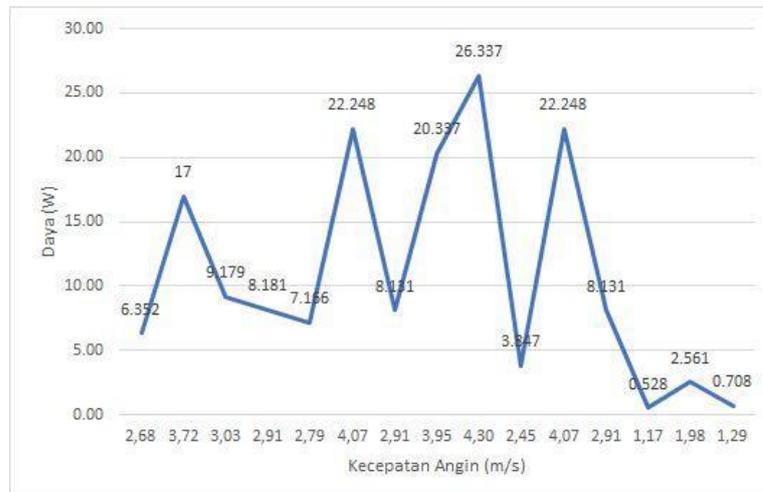
Tabel 1. Kecepatan Angin

Pukul	Hari ke-1		Hari ke-2	
	Max (m/s)	x (m/s)	Max (m/s)	x (m/s)
00:00 - 01:00	1,63	0,21	0	0
01:00 - 02:00	1,17	0,03	0	0
02:00 - 03:00	1,05	0,01	0	0
03:00 - 04:00	0	0	0	0
04:00 - 05:00	0	0	1,05	0,02
05:00 - 06:00	1,75	0,10	0	0

06:00 - 07:00	1,75	0,12	0	0
07:00 - 08:00	1,87	0,29	1,98	0,40
08:00 - 09:00	2,33	0,29	2,45	0,29
09:00 - 10:00	2,68	0,36	2,10	0,33
10:00 - 11:00	3,72	0,92	2,68	0,73
11:00 - 12:00	3,03	0,51	3,61	0,79
12:00 - 13:00	2,91	0,47	3,14	0,55
13:00 - 14:00	2,79	0,70	4,77	1,63
14:00 - 15:00	4,07	0,91	6,31	1,24
15:00 - 16:00	2,91	0,45	4,07	1,25
16:00 - 17:00	3,96	0,74	4,07	0,96
17:00 - 18:00	4,30	0,63	2,79	0,70
18:00 - 19:00	2,45	0,63	2,45	0,44
19:00 - 20:00	4,07	1,27	2,68	0,45
20:00 - 21:00	2,91	0,40	2,1	0,55
21:00 - 22:00	1,17	0,06	2,33	0,69
22:00 - 23:00	1,98	0,47	2,56	0,93
23:00 - 24:00	1,29	0,14	1,15	0,60

Tabel 2 Pengujian Kecepatan Angin Hari Ke-1

Waktu	Kecepatan Angin	Tegangan Keluaran	Arus Keluaran	Pa	Pth	Pe	efisiensi
	Max	Max					
	(m/s)	(V)	(A)	(W)	(W)	(W)	(%)
09:00-10:00	2,68	2,02	0,001	0,002	6,352	3,766	0,053
10:00-11:00	3,72	4,41	0,002	0,008	16,988	10,073	0,079
11:00-12:00	3,03	4,38	0,002	0,008	9,179	5,443	0,146
12:00-13:00	2,91	2,91	0,001	0,002	8,131	4,821	0,041
13:00-14:00	2,79	3,72	0,001	0,002	7,166	4,249	0,047
14:00-15:00	4,07	3,93	0,002	0,007	22,248	13,193	0,053
15:00-16:00	2,91	2,12	0,001	0,002	8,131	4,821	0,041
16:00-17:00	3,95	2,76	0,001	0,002	20,337	12,059	0,016
17:00-18:00	4,30	4,02	0,002	0,008	26,237	15,558	0,051
18:00-19:00	2,45	1,89	0,001	0,001	4,853	2,877	0,034
19:00-20:00	4,07	3,90	0,002	0,007	22,248	13,193	0,053
20:00-21:00	2,91	2,89	0,001	0,002	8,131	12,059	0,016
21:00-22:00	1,17	1,42	0,001	0,001	0,528	0,313	0,319
22:00-23:00	1,98	1,73	0,001	0,001	2,561	1,518	0,065
23:00-00:00	1,29	1,44	0,001	0,001	0,708	0,419	0,238
Rata-rata	2,94	2,90	0,001	0,003	10,838	6,909	0,083

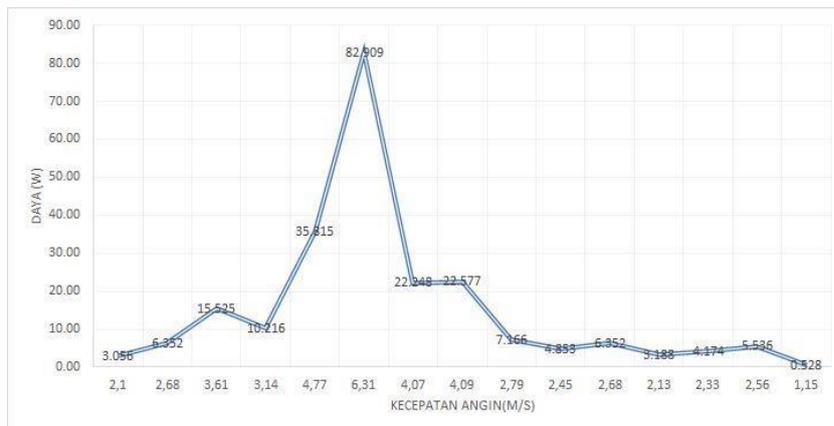


Gambar 1. Kecepatan angin terhadap daya keluaran teoritis pada hari ke-1

Berdasarkan modul latih PLTB yang telah dibuat serta telah di ambil datanya ternyata pembangkit tersebut memiliki efisensi terendah sebesar 0.016 % pada pukul 16.00-17.00 WIB, dan pukul 20.00-21.00 WIB. Sedangkan rata-rata efisensi pembangkit listrik tersebut sebesar 0.083 %. Efisiensi tertinggi modul latih PLTB tersebut ada pada angka 0,319 % pada pukul 21.00-22.00 WIB pada kecepatan angin 1,17 m/s. Dari data yang dihasilkan pembangkit listrik yang telah dibuat belum mencapai 100% penggunaan atau belum maksimal dalam menghasilkan listrik karena kurangnya kecepatan sehingga belum mencapai efisensi.

Tabel 3 Pengujian Kecepatan Angin Hari Ke-2

Waktu	Kecepatan Angin Max (m/s)	Tegangan Keluaran Max (V)	Arus Keluaran (A)	Pa (W)	Pth (W)	Pe (W)	efisiensi (%)
09:00-10:00	2,10	1,02	0,001	0,001	3,056	1,812	0,055
10:00-11:00	2,68	2,10	0,002	0,004	6,352	3,766	0,106
11:00-12:00	3,61	4,39	0,002	0,008	15,525	9,206	0,086
12:00-13:00	3,14	3,28	0,001	0,003	10,216	6,058	0,049
13:00-14:00	4,77	4,10	0,001	0,004	35,815	21,238	0,018
14:00-15:00	6,31	5,80	0,001	0,005	82,909	49,165	0,010
15:00-16:00	4,07	3,92	0,001	0,003	22,248	13,193	0,022
16:00-17:00	4,09	3,91	0,001	0,003	22,577	13,388	0,022
17:00-18:00	2,79	1,87	0,001	0,001	7,166	4,249	0,023
18:00-19:00	2,45	1,76	0,001	0,001	4,853	2,877	0,034
19:00-20:00	2,68	1,65	0,001	0,001	6,352	3,766	0,026
20:00-21:00	2,13	1,03	0,001	0,001	3,188	1,890	0,052
21:00-22:00	2,33	1,32	0,001	0,001	4,174	2,475	0,040
22:00-23:00	2,56	1,80	0,001	0,001	5,536	3,282	0,030
23:00-00:00	1,15	1,61	0,001	0,001	0,528	0,313	0,319
Rata-rata	3,124	2,63	0,001	0,002	15,331	9,091	0,059



Gambar 2. Kecepatan angin terhadap daya keluaran teoritis pada hari ke-2

Berdasarkan modul latih PLTB yang telah dibuat serta telah di ambil datanya ternyata pembangkit tersebut memiliki efisiensi terendah sebesar 0,010 % pada pukul 14:00-15:00WIB. Sedangkan rata-rata efisiensi modul latih PLTB tersebut sebesar 0,059 %. Efisiensi tertinggi pembangkit listrik tersebut ada pada angka 0,319 % pada pukul 23.00-00.00 WIB pada kecepatan angin 1,15 m/s. Dari data yang dihasilkan pembangkit listrik yang telah dibuat belum mencapai 100% penggunaan atau belum maksimal dalam menghasilkan listrik.

Letak modul latih PLTB ini berada di Gedung Serba Guna Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta yang mana lokasi tersebut terletak di pusat wilayah Kota Depok. Pada tabel 4.2 menunjukkan bahwa dengan kecepatan angin 2.68 m/s menghasilkan daya teoritis (Pth) 6,352 W. Pada kecepatan angin 3.72 m/s dihasilkan daya teoritis (Pth) 16,388 W dan pada kecepatan angin 3.03 m/s daya teoritis yang dihasilkan 9,179 W. Dan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.2. Berdasarkan gambar 4.2 Yang merupakan grafik pengukuran hari pertama dapat dianalisis bahwa daya teoritis yang dihasilkan dipengaruhi oleh kecepatan angin. Dimana semakin tinggi nilai kecepatan angin, maka daya teoritis yang dihasilkan semakin tinggi pula.

Berdasarkan tabel 2 yaitu pengujian hari pertama menunjukkan bahwa efisiensi terendah sebesar 0.016 % pada pukul 16.00-17.00 WIB, dan pukul 20.00-21.00 WIB. Sedangkan rata-rata efisiensi pembangkit listrik tersebut sebesar 0.083%. Efisiensi tertinggi modul latih PLTB tersebut ada pada angka 0,319 % pada pukul 21.00-22.00 WIB pada kecepatan angin 1,17 m/s. Dari data yang dihasilkan pembangkit listrik yang telah dibuat belum mencapai 100% penggunaan atau belum maksimal dalam menghasilkan listrik karena kurangnya kecepatan sehingga belum mencapai efisiensi.

Berdasarkan tabel 3 yaitu pengujian hari kedua menunjukkan bahwa pembangkit memiliki efisiensi terendah terendah sebesar 0,010 % pada pukul 14:00-15:00WIB. Sedangkan rata-rata efisiensi modul latih PLTB tersebut sebesar 0,059%. Efisiensi tertinggi pembangkit listrik tersebut ada pada angka 0,319 % pada pukul 23.00-00.00 WIB pada kecepatan angin 1,15 m/s. Dari data yang dihasilkan pembangkit listrik yang telah dibuat belum mencapai 100% penggunaan atau belum maksimal dalam menghasilkan listrik. Dari data yang dihasilkan pembangkit listrik yang telah dibuat belum mencapai 100% penggunaan atau belum maksimal dalam menghasilkan listrik karena kurangnya kecepatan sehingga belum mencapai efisiensi.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada bab yang telah dipaparkan sebelumnya, dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu PLTB yang terpasang adalah modul latih PLTB dengan daya 300 Watt. Idealnya PLTB akan menghasilkan energi maksimal dengan kecepatan angin 45 m/s, namun pada kondisi aktualnya kecepatan angin di lokasi berubah-ubah. Daya maksimal yang dihasilkan modul latih PLTB sebesar 0,008 watt dengan kecepatan angin 4,31 m/s dan daya minimal yang dihasilkan sebesar 0,001 Watt dengan kecepatan angin 1,17 m/s. Dalam sehari, rata-rata kecepatan angin adalah 2,94 m/s maka dari kecepatan angin tersebut modul latih PLTB mampu menghasilkan daya rata-rata 0,001 Watt. Efisiensi turbin angin yang dihasilkan pada hari pertama pengukuran berkisar antara 0,016 – 0,319%, hari kedua pengukuran berkisar antara 0,010 – 0,319%. Rata-rata efisiensi turbin angin yang dihasilkan pada hari pertama adalah 0,083%, pada hari kedua 0,059%. Besar kecilnya nilai efisiensi turbin angin yang dihasilkan dipengaruhi oleh besar kecilnya arus, tegangan, dan kecepatan angin.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Priyadi, A. Surapati and V. T. Putra, "Rancang Bangun Turbin Angin Horizontal Sebagai Salah Satu Pembangkit Daya Pada Mobil Hybrid," Seminar Nasional Inovasi, Teknologi dan Aplikasi, pp. 1-12, 2018.
- [2] "Pilot Plan Project Energi Angin Potensi Energi Angin 2020," 20 Januari 2021. [Online]. Available: https://p3tkebt.esdm.go.id/pilot-plan-project/energi_angin/potensi-energi-angin-indonesia-2020.
- [3] R. A. Akmal and R. Ahmad, Kincir Angin Membelah Bukit Pabbarasseng Kabupaten Sidenreng Rappang, Yogyakarta: Deepublish, 2020.
- [4] A. Bachtiar and W. Hayyatul, "Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Angin PT. Lentera Angin Nusantara (LAN) Ciheras," Jurnal Teknik Elektro ITP, Vol.7, 2018.
- [5] B. Sugiharto, S. Soeparman, D. Widhiyanuriyawan, and S. Wahyudi, "Characteristics of the Savonius Wind Turbine Using Multiple Guide Vanes," International Journal of Fluid Machinery and Systems, vol. 13, no. 3, pp. 606–614, Sep. 2020, doi: <https://doi.org/10.5293/ijfms.2020.13.3.606>.
- [6] M. G. Rianta, "Mengenal Pembangkit Listrik Tenaga Bayu PLTB Dan Mekanisme Kegagalan Pada Turbin Angin," 6 Oktober 2021. [Online]. Available: <https://indonesiare.co.id/id/article/mengenal-pembangkit-listrik-tenaga-bayu-pltb-danmekanisme-kegagalan-pada-turbin-angin>.
- [7] D. W. Jati, T. Sukmadi and Karnoto, "Perancangan Generator Fluks Aksial Putaran Rendah Magnet Permanen Jenis Neodymium (NdFeB) Dengan Variasi Celah Udara," Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2015, vol 4, no. 1, pp. 135-142, Okt. 2015.
- [8] Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konversi Energi, "Panduan Pengoperasian dan Pemeliharaan PLTB Off-Grid," 2021. [Online]. Available: <https://ebtke.esdm.go.id/>.
- [9] Y. Daryanto, "Kajian Potensi Angin untuk Pembangkit Listrik Tenaga bayu," Balai PPTAG-UPT-LAGG, pp. 1-32, 2007.
- [10] D. Monika, Nuha Nadhiroh, Ikhsan Kamil, Mochammad Fahmi Aprilianto, Agris Haznu Pamekas, and Ebenheazer Sitindaon, "Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Bayu dengan Turbin Savonius", SNTE, vol. 9, no. 1, pp. 62–67, Jan. 2024.
- [11] F. Aryanto, I. M. Mara and M. Nuarsa, "Pengaruh Kecepatan Angin Dan Variasi Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Angin Poros Horizontal," Dinamika Teknik Mesin, pp. 50-59, 2013.
- [12] R. M. Hamid, Rizky, M. Amin and I. B. D, "Rancang Bangun Charger Baterai Untuk Kebutuhan UMKM," Jurnal Teknologi Terpadu No. 2 Vol. 4, pp. 130-136, 2016.