

RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU UNTUK PENERANGAN GUBUK DI SAWAH

Yoga Mahendra¹, Yunita Subarwanti^{2*}, Willy Artanika Rikarda³

^{1,2,3}Teknik Elektro Universitas Nahdlatul Ulama Lampung, Jalan Raya Lintas Pantai Timur Sumatera Lampung Timur 34192, Telp. 0725-2202024

Received: 12 Juli 2024

Accepted: 31 Juli 2024

Published: 7 Agustus 2024

Keywords:

PLTB; Angin; Bayu; Listrik

Correspondent Email:

yunitasubarwanti15@gmail.com

Abstrak. Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk memanfaatkan energi alam yaitu tenaga angin untuk penerangan gubuk di sawah. Salah satu daerah di Desa Sidorejo Kec. Sekampung Udik, Lampung Timur merupakan salah satu daerah pesawahan yang minim dengan penerangan dan jauh dari jaringan listrik. Penerangan pada daerah tersebut masih sangat minim, sehingga warga yang menginap di sawah hanya menggunakan penerangan seadanya. Pada penelitian ini alat dan bahan yang digunakan yaitu generator AC 500 Watt lowspeed, Rectifier, Accumulator 12 V 45 Ampere Hours, Solar Charger Controller, Power Inverter DC to AC, Lampu LED 20 Watt, Tiang Penyangga, Pipa PVC, Kabel, Watt Meter, MCB. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen. Untuk mendapatkan data, peneliti menggunakan Metode Research and Development (R&D). Akan tetapi objek penelitian ini lebih menekan kepada hasil pengujian, yaitu pengujian generator untuk menghasilkan energi listrik, pengujian generator dilakukan pada dilakukan pada pukul 10.00-16.00 WIB dengan mencatat 2 jam sekali selama 2 bulan, menghasilkan daya rata-rata sebesar 3 A, pada pengujian penerangan yang dilakukan selama 2 bulan PLTB dengan baterai penyimpanan daya sebesar 540 Ah mampu menghidupkan lampu dengan beban daya 40 watt selama 12 jam pada gubuk sawah.

Abstract. This research was conducted aimed at utilizing natural energy, namely wind power for lighting huts in rice fields. One of the areas in Sidorejo village, Kec. Sekampung Udik, Lampung Timur is one of the rice fields with minimal lighting and far from electricity network. Lighting in the area is still very minimal, so residents who stay in the rice fields only use makeshift lighting. In this study the tools and materials used are a generator AC low speed 500 watt, Rectifier, Accumulator 12 V 45 Ampere Hours, Solar Charger Controller, Power Inverter DC to AC, LED Lamp 20 watt, Support pole, PVC pipe, Cable, Wattmeter, and MCB. This research is an experimental research. To get data, researchers use the Research and Development (R&D) method. However, the object of this research is more pressing on the results of the test, that is, the test of generators to produce electrical energy, generator testing was carried out at 10.00 – 16.00 WIB by recording every 2 hours, producing an average power of 3 Ampere, in lighting tests carried out for 2 months PLTB with a power storage battery of 540 Ah was able to turn on the lights with a power load of 40 watt for 12 hours in rice fields.

1. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) pada masa sekarang ini sangatlah penting bagi masyarakat. Untuk itu PLTB yang

mengkonversi energi kinetik dari udara menjadi energi mekanik yang berputar sehingga menggerakkan generator dan menghasilkan arus Listrik [6]. Energi angin untuk memutar baling-

baling sehingga rotor berputar, ketika rotor berputar maka secara otomatis generator tersebut akan mengalirkan arus Listrik. Berdasarkan penelitian tentang PLTB menggunakan turbin sumbu horizontal dengan menggunakan metode maximum Power Point Tracker belum memperoleh hasil yang maksimal, karena turbin sumbu horizontal memiliki kelemahan yaitu hanya menerima angin dari satu arah, sehingga jika ada angin dari arah berlawanan turbin tersebut hanya dapat berputar pelan [1], [13]. Sedangkan penelitian lain yang menggunakan turbin sumbu vertikal menyimpulkan bahwa turbin sumbu vertical sangat cocok pada PLTB karena dapat menerima angin dari arah manapun, sehingga dapat digunakan dalam skala kecil seperti penerangan jalan ataupun gubuk [2].

Berdasarkan peninjauan lokasi gubuk pesawahan di desa Sidorejo Kecamatan Sekampung Udik jauh dari jangkauan listrik PLN. Selain itu berdasarkan data dari BMKG kecepatan angin di Desa Sidorejo memiliki kecepatan angin 10 km/jam dengan kecepatan tersebut dapat membangkitkan energi listrik untuk penerangan di sawah. PLTB dapat berguna mencukupi kebutuhan listrik di gubuk sawah sebagai penerangan. Pada penelitian ini turbin yang digunakan adalah turbin sumbu vertical axis tipe H, Dimana turbin tersebut cocok untuk PLTB skala kecil dengan kecepatan angin 10 km/jam di desa Sidorejo Lampung Timur.

2. TINJAUAN PUSTAKA

PLTB merupakan salah satu pembangkit tenaga Listrik yang ramah lingkungan dan menggunakan energi terbarukan. Selain itu, PLTB juga memiliki efisiensi kerja yang baik dan dapat dimanfaatkan dalam skala kecil. Kecepatan angin yang dapat digunakan untuk PLTB tergantung pada turbin yang digunakan. Turbin angin skala besar dapat bekerja pada kecepatan angin 5 – 20 m/s menggunakan turbin angin horizontal [12]. Untuk kecepatan angin yang kurang dari 5 m/s menggunakan turbin angin skala kecil yaitu turbin angin vertikal [2].

Berdasarkan data BMKG Lampung, kecepatan rata – rata angin di daerah Lampung sekitar 10-15 km/jam dan khususnya di Kecamatan Sekampung Udik memiliki kecepatan angin 10 km/jam. Dari data tersebut, PLTB yang cocok untuk Desa Sidorejo Kecamatan Sekampung adalah PLTB yang

menggunakan turbin vertikal. Turbin angin dibagi menjadi dua jenis, yaitu turbin angin propeller (poros horizontal) dan turbin angin darrieus (poros tegak/vertikal). Konstruksi turbin angin secara umum meliputi sudu, *gearbox*, *break system*, generator, penyimpanan energi, dan rectifier-inverter [2].

Sudu turbin dibagi menjadi dua yaitu sudu *vertical axis wind* turbin dan *horizontal axis wind* turbin. Sudu *vertical axis wind* turbin mempunyai sumbu vertikal dengan bilah sudu parallel dengan sumbunya dan turbin dengan sudu jenis ini memiliki efisiensi yang lebih kecil dibandingkan dengan *horizontal axis wind* turbin [2]. Pada sudu *vertical axis wind* turbin terdapat dua sumbu yang biasa digunakan yaitu Savonius dan Darrieus [9]. Pada penelitian ini sudu yang akan digunakan adalah sudu *vertical axis wind* turbin dengan sumbu vertikal tipe H-Darrieus. Tipe tersebut sangat efektif karena dapat menangkap angin dari berbagai arah, sehingga tidak perlu mengatur sudu sesuai arah angin yang ada [3].

Daya yang diperoleh pada hasil penelitian ini akan diisikan ke dalam sebuah baterai. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui lama pengisian arus dan lama pengisian daya, sehingga akan diperoleh daya keseluruhan dari PLTB yang telah dibuat. Untuk mengetahui lama pengisian arus pada aki/baterai dapat digunakan persamaan berikut [4]:

$$Ta = \frac{Ah}{A} \quad (1)$$

Keterangan:

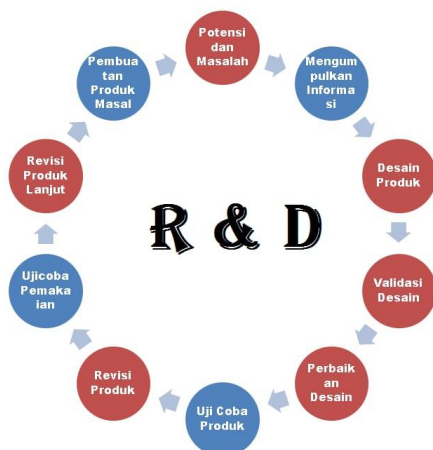
Ta = Lama pengisian arus (jam)

Ah= Besarnya kapasitas aki (ampere hours)

A = Besarnya arus pengisian ke aki (ampere)

3. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D). Metode ini digunakan karena pada metode ini menghasilkan teknologi baru atau teknologi lama dengan inovasi yang lebih baik. Pada penelitian ini, tipe R&D yang digunakan adalah riset mendasar, dan desain & pengembangan. Berikut alur penelitian yang telah dilakukan:



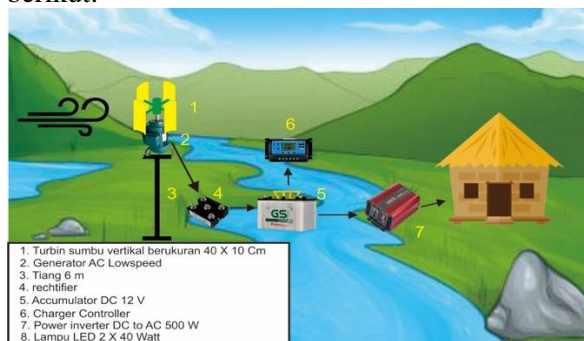
Gambar 1. Alur Penelitian [5].

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Desa Siderejo Kecamatan Sekampung Udik Kabupaten Lampung Timur. Berdasarkan survei data yang telah dilakukan, kecepatan angin di daerah sawah desa tersebut sebesar 20 m/s. Kecepatan tersebut sudah mampu menggerakkan turbin vertikal tipe H pada PLTB. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei – Juni setelah dilakukan survei terkait kecepatan angin di beberapa desa kecamatan Sekampung Udik.

3.2. Desain Pengembangan PLTB

Desain rangkaian pada penelitian PLTB untuk penerangan gubuk di sawah sebagai berikut:

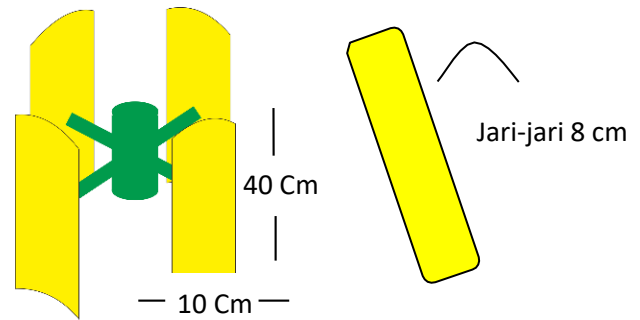


Gambar 2. Desain Rangkaian PLTB Penerangan Gubuk Sawah.

3.3. Alat dan Bahan

3.3.1. Turbin Angin

Turbin angin yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis turbin dengan sumbu vertikal dan terbuat dari bahan pipa PVC dengan jumlah sudu sebanyak 4 ukuran 40 x 10 cm. Desain turbin yang digunakan pada penelitian sebagai berikut:



Gambar 3. Turbin Sumbu Vertikal Axis Tipe H

3.3.2. Generator

Generator pada penelitian ini berjenis *low speed* [8], menggunakan rotor magnet permanen *output* AC 300 Watt 100 Volt dengan rpm 3500.

3.3.3. Rectifier

Rectifier merupakan komponen yang berfungsi menyearahkan arus dari generator atau merubah arus AC *output* dari generator menjadi arus DC dengan arus sebesar 30 A dan tegangan 12 V yang nantinya diteruskan ke aki/*accumulator* [7].

3.3.4. Aki/Accumulator

Aki/*Accumulator* pada penelitian ini menggunakan aki mobil dengan tegangan DC 12 V dan arus 45 A.

3.3.5. Power Inverter DC ke AC

Power inverter ini berfungsi untuk merubah arus DC pada baterai menjadi arus AC [7]. Pada penelitian ini power inverter yang digunakan memiliki daya sebesar 500 watt.

3.3.6. Lampu

Lampu yang digunakan pada penelitian ini adalah *Light Emitting Diode* (LED) ukuran 20 watt sebanyak 2 lampu.

3.3.7. Tiang Penyangga

Tiang penyangga ini berfungsi sebagai penyangga generator dan turbin, terbuat dari besi dengan panjang 6 meter.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pembuatan PLTB berdasarkan desain pada pembahasan sebelumnya dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4. Hasil Perancangan PLTB

Pengamatan dilakukan mulai bulan Mei sampai dengan bulan Juni. Setiap hari dilakukan pengamatan dengan mencatat tegangan, kuat arus dan daya yang dihasilkan pada generator turbin setiap 2 jam sekali dimulai dari jam 10.00 – 16.00 WIB. Rentang waktu tersebut ditetapkan berdasarkan hasil observasi sebelumnya dan di daerah pesawahan Desa Sidorejo angin mulai bertiup kencang pada pukul 10.00 – 16.00 WIB.

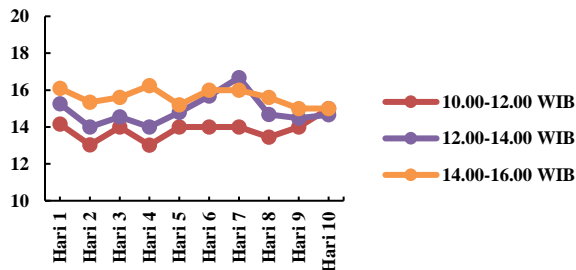
Berdasarkan pengamatan tersebut, data yang diperoleh sangat bervariasi karena kecepatan angin setiap harinya ada perbedaan meskipun tidak signifikan. Dari banyaknya data yang diperoleh, diambil nilai rata – rata tertinggi dengan jumlah hari sebanyak 10 hari. Meskipun nilai tertinggi hanya ada pada 10 hari, tetapi pada hari lainnya, PLTB tersebut tetap menghasilkan arus listrik. Arus Listrik yang dihasilkan pada hari lainnya relatif lebih kecil dibandingkan dengan arus Listrik pada 10 hari tertinggi. Meskipun arus yang diperoleh kecil, tetapi mampu untuk menerangi gubuk sawah dengan 1 LED 20 watt. Data tertinggi yang diperoleh dari 10 hari dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 1. Data Tertinggi Hasil Pengujian PLTB

No	Pengujian Hari	Waktu (WIB)	V (Volt)	I (A)	Daya (W)
1	Pertama	10.00-12.00	14,16	1,02	27,60
		12.00-14.00	15,25	1,08	28,20
		14.00-16.00	16,10	2,03	28,75
2	Kedua	10.00-12.00	13,03	0,80	26,02
		12.00-14.00	14,00	1,00	27,00
		14.00-16.00	15,34	1,10	28,20
3	Ketiga	10.00-12.00	14,00	1,00	27,00
		12.00-14.00	14,54	1,60	27,34
		14.00-16.00	15,60	2,20	28,60
4	Keempat	10.00-12.00	13,02	0,90	26,03
		12.00-14.00	14,00	1,00	27,00
		14.00-16.00	16,24	2,60	29,34
5	Kelima	10.00-12.00	14,00	1,02	27,03
		12.00-14.00	14,80	1,50	27,35
		14.00-16.00	15,20	2,30	28,54
6	Keenam	10.00-12.00	14,00	1,02	27,03
		12.00-14.00	15,68	2,80	27,85
		14.00-16.00	16,00	3,00	29,00
7	Ketujuh	10.00-12.00	14,00	1,02	27,03
		12.00-14.00	16,68	2,80	29,85
		14.00-16.00	16,00	3,00	28,00
8	Kedelapan	10.00-12.00	13,45	0,90	26,53
		12.00-14.00	14,68	2,80	26,90
		14.00-16.00	15,60	3,04	27,00
9	Kesembilan	10.00-12.00	14,00	2,00	26,00
		12.00-14.00	14,48	2,67	26,67
		14.00-16.00	15,00	3,00	28,00
10	Kesepuluh	10.00-12.00	15,21	3,23	28,50
		12.00-14.00	14,67	2,17	26,17
		14.00-16.00	15,00	3,00	28,00

Berdasarkan tabel 1, dapat dilihat bahwa arus, tegangan dan daya terbesar dihasilkan pada setiap pukul 14.00 – 16.00 WIB. Hal tersebut sesuai dengan potensi angin yang ada, pada waktu tersebut, kecepatan angin di sawah Desa Sidorejo memiliki kecepatan yang tinggi dibandingkan dengan kondisi pada pagi – tengah hari. Dari data 10 hari tersebut, tidak ada daya yang dihasilkan jauh lebih tinggi dari yang lain. Tetapi arus, tegangan dan daya yang dihasilkan memiliki perbedaan nilai yang tidak signifikan. Daya yang dihasilkan memiliki rentang nilai 26,02 – 29,85 watt. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kecepatan angin di sawah Desa Sidorejo relatif konstan.

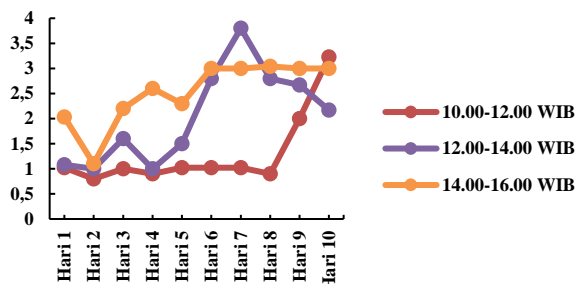
Berdasarkan data pada Tabel 1, dapat kita lihat masing - masing nilai tegangan, arus dan daya yang diperoleh pada Gambar 5 berikut:



Gambar 5. Grafik Nilai Tegangan.

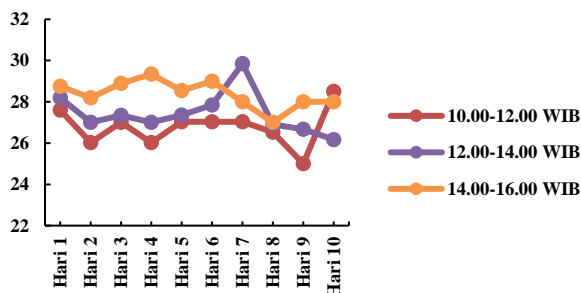
Pada Gambar 5, dapat dilihat bahwa tegangan yang dihasilkan pada pukul 10.00 – 12.00 memiliki nilai terendah dari hari 1 sampai hari 10. Sedangkan nilai tegangan tertinggi terdapat pada pukul 14.00 – 16.00 WIB. Tetapi pada hari 7, puncak tegangan tertinggi pada pukul 12.00 – 14.00. Hal ini dikarenakan pada hari tersebut angin lebih kencang dibandingkan pada hari – hari sebelumnya.

Sedangkan nilai arus yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 6 berikut ini:



Gambar 6. Grafik Nilai Arus

Pada Gambar 6, nilai arus saat naik dan turun sesuai dengan nilai tegangan karena nilai tegangan dan arus saling berbanding lurus. Nilai rata – rata arus yang tertinggi diperoleh pada pukul 14.00 – 16.00 WIB. Sedangkan untuk nilai daya yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 7 berikut:



Gambar 7. Grafik Nilai Daya

Pada Gambar 7, terlihat bahwa daya yang dihasilkan sebanding dengan arus dan tegangan yang diperoleh. Daya tertinggi diperoleh pada hari ketujuh pukul 12.00 – 14.00 WIB. Tetapi rata – rata nilai daya tinggi diperoleh pada pukul 14.00 – 16.00 WIB. Dari keseluruhan data yang diperoleh, pada pengisian aki selama 6 jam memiliki arus tertinggi sebesar 3 A pada pukul 14.00 – 16.00 WIB, karena pada waktu tersebut kecepatan angin sangat tinggi sehingga memutarakan turbin dengan cepat dan menghasilkan arus paling tinggi. Sedangkan pada pukul 10.00 – 12.00 WIB arus yang diperoleh adalah 1 – 2 A, karena kecepatan angin rendah meskipun putaran turbin kurang begitu cepat tetapi mampu membangkitkan listrik. Hal tersebut dapat terjadi karena generator yang digunakan berjenis *low speed* [8]. Pada pukul 12.00 – 14.00 WIB arus yang diperoleh 2,80 A, kecepatan angin sudah mulai tinggi sehingga dapat menggerakkan turbin lebih cepat dan menghasilkan arus lebih besar dari sebelumnya.

Berdasarkan data yang diperoleh di atas, dapat dinyatakan bahwa besarnya arus yang dihasilkan dipengaruhi oleh kecepatan turbin bergerak. Karena semakin cepat turbin berputar, maka arus yang dibangkitkan oleh generator semakin besar. Pada penelitian ini, factor yang paling mempengaruhi besarnya arus listrik yang diperoleh adalah kecepatan angin. Pada PLTB yang dibuat ini, memiliki *cut off* daya, jadi ketika daya pada aki sudah penuh maka meskipun turbin berputar tidak akan ada daya yang masuk ke aki. Sedangkan saat daya pada aki mulai menurun, maka saat turbin berputar dan menghasilkan arus akan mengisi daya pada aki tersebut. Jadi saat malam hari terdapat angin yang dapat menggerakkan turbin, maka aki akan terisi kembali.

Arus dan tegangan yang sudah diperoleh pada pengujian yang telah dilakukan sesuai Tabel 1, maka dapat diperoleh beban yang dibutuhkan dan total daya yang dihasilkan. Dua buah LED dengan masing – masing memiliki daya 20 watt dan digunakan selama 12 jam (18.00 – 06.00) membutuhkan daya sebesar 480 watthours. Sedangkan kapasitas aki yang digunakan sebesar 540 Ah. Sesuai dengan persamaan (1) dapat dihitung perkiraan lama waktu pengisian aki pada PLTB, yaitu 15 jam [10], [11]. Tetapi saat dilakukan pengamatan, pengisian aki mencapai kapasitas penuh selama

± 16 jam pada hari pertama. Sedangkan pada hari selanjutnya membutuhkan waktu lebih cepat dari perhitungan yaitu 11,25 jam karena angin yang berhembus cukup konstan pada setiap waktu siang dan malam hari. Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Nurdianto dan Haryudo (2020), PLTB menggunakan turbin vertikal model savonius pengisian aki dengan kapasitas 12 V dan 3,5 Ah membutuhkan waktu sebesar 29 jam. Sehingga hasil pada penelitian ini, memiliki proses pengisian daya aki lebih cepat dibandingkan dengan penelitian sebelumnya.

5. KESIMPULAN

- PLTB yang telah dirancang dan dibuat di daerah sawah Desa Sidorejo menggunakan sudu sumbu vertikal tipe H sangat efektif untuk penerangan di gubuk sawah. Karena kelebihan sudu sumbu vertikal dapat bergerak meskipun arah angin berubah – ubah.
- Daya yang dihasilkan dapat mengisi penuh kapasitas aki sebesar 540 Ah dan memenuhi kebutuhan beban untuk penerangan menggunakan 2 LED masing – masing 20 watt selama 12 jam.
- Lama pengisian aki sampai dengan kapasitas penuh membutuhkan waktu ± 16 jam untuk awal pengisian, untuk selanjutnya kurang dari 12 jam karena terdapat sistem *cut off* pada pengisian aki.
- Arus yang dihasilkan dipengaruhi oleh kecepatan angin. Semakin besar kecepatan angin, maka arus yang dihasilkan oleh generator juga semakin besar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Prasetyo, D. Notosudjono, and H. Soebagja, “Studi Potensi Penerapan dan Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin di Indonesia,” Fakultas Teknik Universitas Pakuan, Bogor, 2020.
- [2] R. S. Lubis and M. Gapy, “Pemanfaatan Alternator Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB),” *Jurnal Karya Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 4, no. 4, pp. 19 – 24, 2019.
- [3] Y. D. Herlambang, D. Hendrawati, A. D. Agustin, K. A. Kusuma, S. Wahyuningsih, and Wigiantoro, “Model Turbin Angin Savonius untuk Meningkatkan Kinerja PLTB,” *Jurnal Teknik Energi*, vol. 16, no. 1, pp. 35 – 39, 2020.
- [4] A. Nurdianto, and S. I. Haryudo, “Rancang Bangun Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Turbin Angin Savonius,” *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 09, no. 01, pp. 711 – 717, 2020.
- [5] W. S. Alfira, A. R. Ashar, and Y. Nantan, “Studi Kestabilan Tegangan dengan Masuknya PLTB Pada Sistem Interkoneksi Sulselbar,” *Jurnal Teknologi Elekterika*, vol. 17, no. 2, pp. 75 – 80, 2020.
- [6] S. Lubis, F. Lubis, and P. Harahap, “PLTB Sebagai Alternatif Energi Baru Terbarukan,” *Seminar Nasional Teknik Industri*, Universitas Malikussaleh, Aceh, vol. 4, no. 1, 2019.
- [7] D. N. Anwar, S. D. Ramdani, M. Fawaid, H. Abdillah, and M. Nurtanto, “Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu Tipe HAWT 3 Propeler Sebagai Media Pembelajaran: Konseptual Konversi Energi,” *Jurnal of Science, Technology, Education, and Mechanical Engineering*, vol. 2, no. 2, pp. 65 – 72, 2021.
- [8] M. F. Nur, I. C. Gunadin, and Z. Muslimin, “Studi Optimalisasi Kinerja PLTB Melalui Pemilihan Type Generator Terhadap Stabilitas Sistem Tenaga Listrik (Stabilitas Frekuensi dan Tegangan) Sulbagsel,” *Jurnal Eksitasi*, vol. 1, no. 1, pp. 7 – 13, 2022.
- [9] S. Anggraini and Hermawati, “Analisis Kinerja Putaran Turbin Angin Vertikal Savonius Pada Prototipe PLTB Dengan Variasi Sudut Pitch Terhadap Nilai Tegangan dan Arus Keluaran,” Universitas Sriwijaya, Palembang, 2020.
- [10] N. Wananda, “Analisa Perbandingan Optimasi Pengisian Daya Baterai (Accu) Pada PLTB dan PLTS Menggunakan Solar Charger Controller Tipe PWM dan MPPT,” Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan, 2019.
- [11] I. A. Medina, I. Giriantari, and W. Sukerayasa, “Kajian dan Evaluasi Sistem Suplai Energi Listrik PLTS dan PLTB di Kampus Teknik Elektro Universitas Udayana Bukit Jimbaran Bali, Majalah Ilmiah Teknologi Elektro, vol 17, no. 3, pp. 311, 2020.
- [12] Y. D. Herlambang, Wahyono, and Sahid, “Rancang Bangun Turbin Angin Poros Horizontal 9 Sudu Flat Dengan Variasi Rasio Lebar Sudu Top dan Bottom Untuk

Meningkatkan Kinerja PLTB,” *Jurnal Teknik Energi*, vol. 14, no. 2, 2018.

- [13] Mulyono, T. H. Mulud, N. H. Daffa, L. Konita, and R. Nanda, “Rancang Bangun Turbin Angin Tipe Horizontal Doble Multiflat Blade PLTB Skala Mikro,” *Jurnal Teknik Energi*, vol. 16, no. 3, pp. 128 – 135, 2020.