

Analisis Potensi Pemanfaatan Energi Angin pada Kawasan Wisata Bukit Gua Jepang Kota Lhokseumawe

Panji Aji Riha Wijayanto¹, Muhammad Daud², Adi Setiawan³, dan Arnawan Hasibuan⁴

^{1,2,3,4}Program Magister Teknik Energi Terbarukan, Universitas Malikussaleh

Correspondent Author: mdaud@unimal.ac.id

Abstract — In order to maintain energy security and independence due to the decline in fossil energy production, especially oil and gas, as well as the world's commitment to minimize greenhouse gas emissions, the Indonesian government continues to optimize the use of new and renewable energy. Aceh has a new renewable energy potential of 16,882 MW with a wind energy potential of 894 MW. This study aims to analyze the potential of wind energy in the tourist area of Bukit Gua Jepang in Lhokseumawe, Aceh, to be used as a source of lighting energy in the area. Wind speed measurements were carried out at 08:30 AM to 08:00 PM. Time interval of data collection every half hour at a height of three meters and five meters from the ground directly and by installing a wind turbine with a maximum power capacity of 400 W. The results showed that the Bukit Gua Jepang tourist area has an average daily wind speed of 0.7 m/s which has the potential to produce an average electric power of 8.9 W when using a three-blade wind turbine at a height of three meters from the ground, with peak power obtained at 11:30 AM which is 13.33 watts. Meanwhile, wind turbines that use five blades do not produce any power at all. Meanwhile, at a height of five meters the daily average wind speed is 0.63 m/s which has the potential to generate a power of 9.98 W with the peak power obtained at 01:00 PM which is 14.85 W.

Keyword — Wind energy, wind speed, Bukit Gua Jepang.

Abstrak — Dalam rangka menjaga ketahanan dan kemandirian energi akibat penurunan produksi energi fosil, terutama minyak bumi dan gas, serta komitmen dunia untuk meminimalkan emisi gas rumah kaca, pemerintah Indonesia terus mengoptimalkan penggunaan energi baru dan terbarukan. Aceh mempunyai potensi energi baru terbarukan sebesar 16.882 MW dengan potensi energi angin sebesar 894 MW. Penelitian ini bertujuan menganalisis potensi energi angin pada kawasan wisata Bukit Gua Jepang di Lhokseumawe, Aceh, untuk dijadikan sumber energi penerangan di kawasan tersebut. Pengukuran kecepatan angin dilakukan pada jam 08:30 AM sampai 08:00 PM. Interval waktu pengambilan data setiap setengah jam pada ketinggian tiga meter dan lima meter dari permukaan tanah secara langsung serta dengan memasang turbin angin dengan kapasitas daya maksimum 400 W. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kawasan wisata Bukit Gua Jepang memiliki kecepatan angin rata-rata harian sebesar 0,7 m/s yang berpotensi menghasilkan daya listrik rata-rata 8,9 W jika menggunakan turbin angin tiga bilah pada ketinggian tiga meter dari permukaan tanah, dengan daya puncak diperoleh pada jam 11:30 AM yaitu sebesar 13,33 watt. Sedangkan untuk turbin angin yang menggunakan lima bilah tidak menghasilkan daya sama sekali. Adapun pada ketinggian lima meter kecepatan angin rata-rata harian sebesar 0,63 m/s yang berpotensi menghasilkan daya sebesar 9,98 W dengan daya puncak diperoleh pada jam 01:00 PM yaitu sebesar 14,85 W.

Kata kunci — Energi angin, kecepatan angin, Bukit Gua Jepang.

I. PENDAHULUAN

Salah satu dampak revolusi industri pada tahun 1900-an adalah sumber energi utama dalam skala global telah mengalami banyak pergeseran. Pada awalnya, sebagian besar masyarakat memenuhi kebutuhan energinya dengan menggunakan biomassa, seperti kayu bakar. Selanjutnya, mereka beralih menggunakan bahan bakar fosil, seperti batu bara, minyak, dan gas alam [1]. Peningkatan konsumsi bahan bakar fosil menyebabkan tingkat emisi gas rumah kaca yang lebih tinggi, yang pada gilirannya menyebabkan iklim yang lebih tidak stabil, serta peningkatan suhu planet dan tingkat lautannya [2]. Sejumlah penelitian telah menemukan bahwa emisi karbon dioksida adalah penyebab utama perubahan iklim antara tahun 1750 dan 2005 [3].

Visi masa depan manajemen energi global berpusat pada pengurangan emisi melalui berbagai cara, termasuk perluasan kapasitas dan penggunaan generator EBT, pengurangan penggunaan sumber energi fosil di semua industri, dan perluasan penggunaan kendaraan listrik. Perubahan seperti ini disebut pergeseran energi. Sejumlah negara, termasuk China pada tahun 2060, serta Korea, Jepang, dan Uni Eropa pada tahun 2050, telah berkomitmen untuk mencapai emisi net-zero [4].

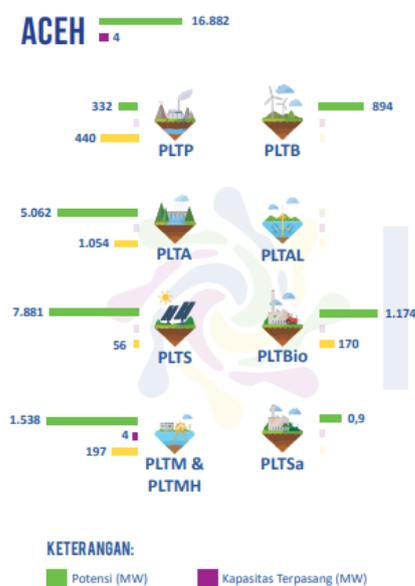
Dalam upaya menjaga kemandirian dan ketahanan energi, pemerintah didesak untuk memperluas penggunaan energi baru dan terbarukan [5]. Hal ini disebabkan oleh penurunan produksi bahan bakar fosil, khususnya minyak bumi, dan komitmen global untuk menurunkan emisi gas rumah kaca [6]. Sesuai Perpres Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional, bauran sasaran sumber energi baru dan terbarukan untuk tahun 2025 minimal 23 persen, sedangkan target untuk tahun 2050 adalah 31 persen [7] [8]. Menurut perkiraan, Indonesia memiliki kapasitas untuk mencapai tujuan bauran energi primernya dengan sumber energi baru dan terbarukan. Negara ini memiliki total potensi energi terbarukan setara dengan 442 gigawatt yang dapat digunakan untuk menghasilkan listrik [8].

Referensi [9] menunjukkan bahwa di Pantai Blimbingsari Kabupaten Banyuwangi, tenaga angin sedang diuji. Peneliti mengevaluasi aplikasi Zephyrus Windmeter di smartphonanya. Pemeriksaan berlangsung antara pukul 08.00 hingga 16.00 WIB. Di lima tempat, pengukuran dilakukan tiga kali untuk mengumpulkan data. Hasilnya menunjukkan rata-rata kecepatan angin 2,5 meter per detik dan daya 28,7 watt. Kesimpulan: Pantai Blimbingsari memiliki potensi pengembangan energi angin yang minim.

Referensi [10] menyajikan studi kelayakan energi angin di kawasan Pantai Ciheras Tasikmalaya. Data kecepatan angin dicatat setiap jam selama 24 jam. Temuan pengujian menunjukkan kecepatan angin rata-rata 4 meter per detik. Akibatnya, daya terbesar yang dapat dihasilkan adalah 129 W. Lampu digunakan sebagai beban selama pengujian. Perangkat lunak Homer dan turbin The Sky Dancer TSD 500 digunakan untuk simulasi. Turbin membutuhkan kecepatan angin 2,5 meter per detik, seperti yang diprediksi oleh model. Potensi angin di Pantai Ciheras cukup memadai untuk menampung fasilitas penghasil tenaga angin.

Referensi [11] [12] menyajikan energi angin sebagai sumber energi alternatif menjadi subyek studi kelayakan yang dilakukan di kota Gorontalo. Dalam penelitian tersebut, alat ukur AWS yang dipasang pada ketinggian 7 meter digunakan. Tiga bulan digunakan untuk mengumpulkan data. Kecepatan angin rata-rata bulanan selama penyelidikan menghasilkan hasil sebagai berikut: Kecepatannya adalah 2,79 m/s, 3,02 m/s, dan 5 m/s. Pada siang hari, kecepatan angin lebih besar. Mampu menghasilkan energi listrik 3 W, 4 W, dan 18 W.

Referensi [13] [14] telah melakukan penelitian potensi energi angin di kota Lhokseumawe, Aceh, dengan menggunakan kincir angin 3 sudu berbahan stainless steel dengan ketebalan 0,6 mm dan tebal cover 1 mm. Desainnya terinspirasi dari kapal penangkap ikan. Berdasarkan hasil pengujian, turbin generator dapat menghasilkan tegangan 75 - 80 V pada putaran 3000 rpm. Kecepatan angin yang diperoleh bervariasi dari 3 sampai 7 m/s dan dapat mengoperasikan generator turbin pada 120 sampai 400 rpm. Mekanisme transmisi digunakan untuk mencapai kecepatan putaran 800 - 1000 rpm dengan menghasilkan tegangan 70 - 75 V. Daya listrik cukup untuk mengoperasikan penerangan kapal ikan. Dari hasil penelitian ini, perekonomian masyarakat dapat distabilkan dengan tidak mengandalkan energi fosil untuk kebutuhan penerangan.



Gambar 1. Potensi energi terbarukan di Aceh [15]

Menurut IESR dalam laporan status energi bersih Indonesia Provinsi Aceh memiliki potensi energi angin sebesar 894 MW dengan kapasitas yang terpasang hanya sebesar 4 MW [15].

Tim peneliti Universitas Malikussaleh didukung oleh PT Perta Arun Gas (PAG) telah melakukan kajian Pengembangan Objek Wisata Gua Jepang dan telah menyampaikan laporan pada 16 Januari 2020 di ruang video conference kantor PT PAG Lhokseumawe. Tim Unimal menambahkan, Universitas Malikussaleh dan PT. PAG Partnership melakukan studi pendahuluan pembangunan objek wisata Gua Jepang pada kesempatan ini. Dalam laporan tersebut, Tim Unimal memberikan update tentang kemajuan penelitian, mengungkapkan bahwa 700 kuesioner dikirim, 500 di antaranya diserahkan kepada pengunjung untuk memantau perkembangan objek wisata ini. Selain itu, penelitian pembangunan destinasi wisata Gua Jepang ini mencakup lima konsep yaitu atraksi, aktivitas, aksesibilitas, akomodasi, dan amenitas. Achyar mencatat objek wisata Gua Jepang ini layak untuk dikembangkan karena memiliki nilai sejarah yang tinggi, tatanan alam yang sangat baik (perpaduan bukit dan laut), kesempatan berfoto yang luar biasa, dan 17 bukaan gua yang dapat diakses. Untuk meningkatkan daya saing pariwisata, diperlukan langkah-langkah proaktif dan terobosan inovatif untuk mengembangkan daya tarik dan pesona yang unik bagi pengunjung, seperti membangun paradigma (cara berpikir) tentang teknologi berkebun dan mengoptimalkan energi angin yang dapat diterapkan untuk penerangan jalan, taman, lampu, dan sebagainya.

Berdasarkan informasi tersebut, dilakukan kajian langsung untuk memperkirakan potensi energi angin di bukit wisata Gua Jepang Lhokseumawe, yang energinya akan dimanfaatkan untuk menerangi kawasan sekaligus meminimalkan penggunaan bahan bakar fosil. Selain itu, visibilitas kincir angin dari kejauhan akan menambah daya tarik tempat wisata tersebut.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada Tanggal 20 Oktober 2022 sampai 12 November 2022 bertempat di kawasan wisata Bukit Gua Jepang Lhokseumawe, Aceh, Indonesia. Penelitian ini bertujuan mengetahui potensi energi angin pada kawasan tersebut untuk dijadikan sumber energi penerangan yang terbarukan. Untuk mencapai tujuan tersebut disusunlah rencana penelitian dengan metode pengukuran kecepatan angin mulai jam 08:30 AM sampai 8:00 PM dengan interval waktu pengambilan data setiap 30 menit pada ketinggian tiga meter dan lima meter dari permukaan tanah secara langsung dan memasang turbin angin dengan kapasitas daya maksimum 400 W dengan memvariasikan jumlah bilah yang digunakan pada turbin angin. Tabel I menunjukkan jadwal rencana pengukuran.

TABEL I JADWAL PENGUKURAN

Tanggal	Ketinggian (m)	Jumlah bilah
20/10/2022 sampai 25/10/2022	3	3
26/10/2022 sampai 31/10/2022	5	3
01/11/2022 sampai 06/11/2022	5	5
07/11/2022 sampai 12/11/2022	3	5

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa peralatan dengan spesifikasi turbin angin dan komponen pendukung pada Tabel II.

TABEL II PERALATAN PENELITIAN

Alat	Model	Spesifikasi
Turbin angin	400	400 W/24 V
Anemometer	GM8903	<30 m/s
Multimeter	Fluke 179 true	<1000VAC/DC

A. Kecepatan Angin

Dalam penelitian ini, pengukuran kecepatan angin dilakukan secara aktual dengan menggunakan alat anemometer di ketinggian 3 dan 5 meter. Rumus pada persamaan (1) bisa menghitung kecepatan angin sesuai dengan ketinggian yang diinginkan. Rumus ini dapat digunakan untuk memverifikasi data kecepatan angin yang didapat dari stasiun cuaca [16].

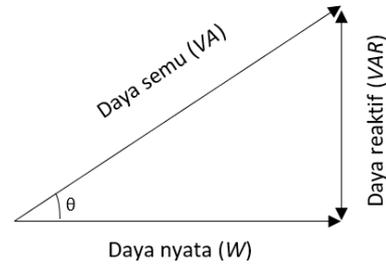
$$V(Z_r) = V(Z) \frac{\ln(\frac{Z_r}{Z_0})}{\ln(\frac{Z}{Z_0})} \quad (1)$$

Dimana Z adalah tinggi data angin, Z₀ adalah tinggi kekasaran permukaan, Z_r adalah tinggi hub, V(Z) adalah kecepatan angin pada ketinggian Z dan V(Z_r) adalah kecepatan angin pada ketinggian Z_r. Tinggi kekasaran suatu permukaan bernilai nol (permukaan laut) atau bahkan setinggi 2 (pusat kota). Tinggi kekasaran memiliki nilai 0,005 untuk medan halus dan datar; 0,025-0,1 untuk lahan rumput terbuka; 0,2-0,3 untuk tanaman baris; 0,5-1 untuk kebun dan semak; dan 1 sampai 2 untuk hutan dan pusat kota [17].

B. Daya Listrik

Daya listrik adalah konsumsi energi listrik di suatu rangkaian listrik. Daya listrik dibagi menjadi 3, yaitu daya nyata, daya reaktif, dan daya semu [18] [19].

Daya nyata adalah daya yang dikonsumsi untuk melakukan suatu energi, satuannya adalah watt. Daya reaktif adalah daya yang dibutuhkan untuk menghasilkan medan magnet, yang selanjutnya akan menghasilkan fluks medan magnet, satuannya adalah VAR. Daya semu adalah hasil perkalian antara tegangan dan arus, satuannya adalah VA [20].



Gambar 2 Segitiga daya listrik

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

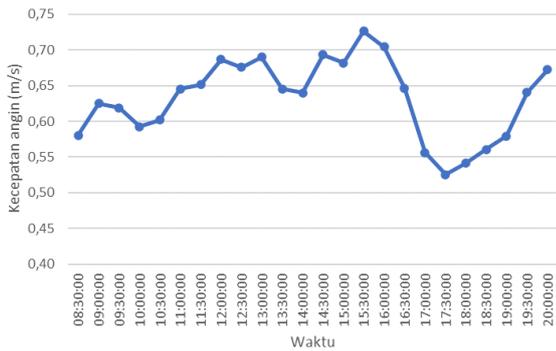
Setelah melakukan penelitian yang di mulai dari tanggal 20 Oktober 2022 sampai 12 November 2022 dengan kondisi operasi yang telah direncanakan seperti pada Tabel I, didapatkan data kecepatan angin per 30 menit selama 12 jam dan daya listrik yang dihasilkan dari pemasangan turbin angin dengan kapasitas daya maksimum 400 W dengan kondisi bilah turbin dan ketinggian yang direncanakan.

Gambar 3 menunjukkan kecepatan angin rata-rata pada waktu tertentu mulai dari jam 08:30 AM sampai 8:00 PM, berdasarkan hasil pengujian secara langsung selama sepuluh hari, kecepatan angin tertinggi pada ketinggian tiga meter berada pada jam 12:30 PM dengan nilai kecepatan rata-rata mencapai 0,87 m/s.



Gambar 3. Kecepatan harian rata-rata angin pada ketinggian tiga meter

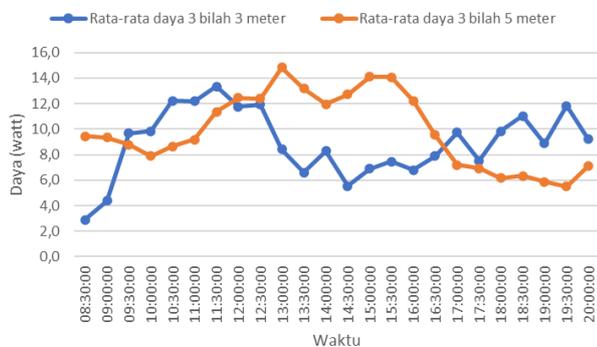
Gambar 4 menunjukan kecepatan angin rata-rata yang diukur secara langsung menggunakan alat anemometer hot wire pada waktu tertentu mulai dari jam 08:30 AM sampai 8:00 PM, pengukuran kecepatan angin ini dilakukan setiap 30 menit selama waktu pengujian berlangsung. Berdasarkan hasil pengukuran secara langsung selama sepuluh hari, kecepatan angin tertinggi pada ketinggian lima meter berada pada jam 3:30 PM dengan nilai kecepatan rata-rata mencapai 0,73 m/s.



Gambar 4. Kecepatan harian rata-rata angin pada ketinggian lima meter

Setelah melakukan pengukuran angin secara aktual, dilakukan pengujian dengan menggunakan turbin 3 bilah pada ketinggian 3 meter dan 5 meter. Pengujian bertujuan untuk mendapatkan energi listrik yang dihasilkan dari putaran turbin.

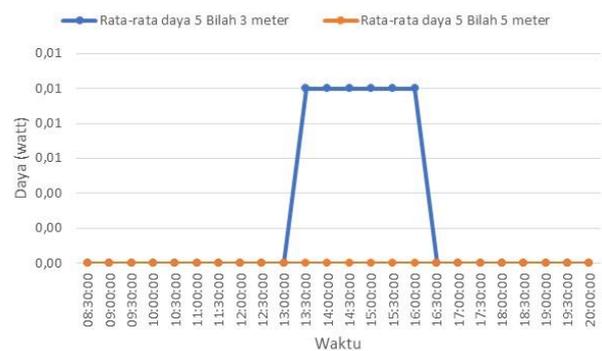
Pada Gambar 5 ditunjukkan grafik hubungan antara waktu dan daya yang dihasilkan. Pengujian dengan menggunakan turbin 3 bilah pada ketinggian 3 meter dilakukan selama 5 hari. Begitu juga dengan pengujian dengan menggunakan turbin 3 bilah pada ketinggian 5 meter dilakukan selama 5 hari. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan maksimal daya yang dihasilkan sebesar 14,85 W, pada saat menggunakan ketinggian 5 meter.



Gambar 5. Daya rata-rata yang dihasilkan turbin angin tiga bilah per waktu

Pada pengujian selanjutnya menggunakan turbin 5 bilah pada ketinggian 3 meter dan 5 meter. Pengujian bertujuan untuk mendapatkan energi listrik yang dihasilkan dari putaran turbin.

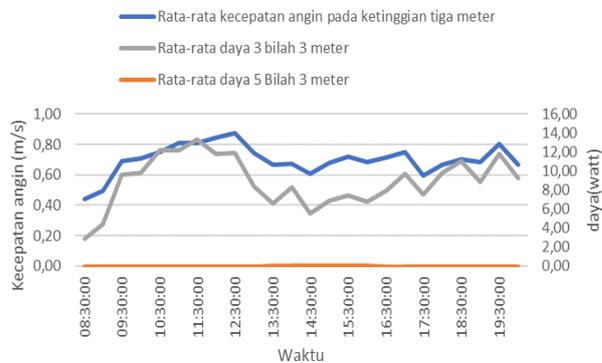
Pada Gambar 6 ditunjukkan grafik hubungan antara waktu dan daya yang dihasilkan. Pengujian dengan menggunakan turbin 5 bilah pada ketinggian 3 meter dilakukan selama 5 hari. Begitu juga dengan pengujian dengan menggunakan turbin 5 bilah pada ketinggian 5 meter dilakukan selama 5 hari. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan maksimal daya yang dihasilkan sebesar 0,01 W, pada saat menggunakan ketinggian 3 meter.



Gambar 6. Daya rata-rata yang dihasilkan oleh turbin angin lima bilah per waktu

Setelah melakukan semua pengujian selama 20 hari, dengan menggunakan 3 bilah dan 5 bilah pada ketinggian 3 meter dan 5 meter. Didapatkan grafik hubungan antara waktu, kecepatan angin, dan daya yang dihasilkan.

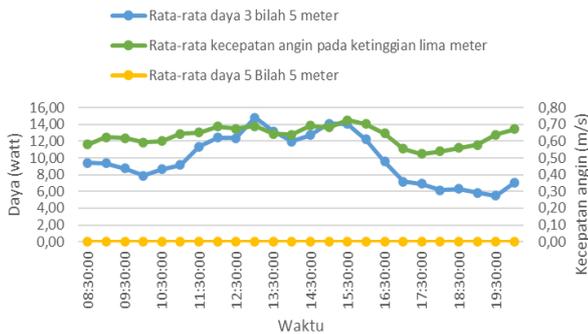
Pada Gambar 7 ditunjukkan grafik hubungan antara waktu, kecepatan angin pada ketinggian 3 meter, dan daya yang dihasilkan, dengan menggunakan turbin 3 bilah dan 5 bilah pada ketinggian 3 meter. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan maksimal daya yang dihasilkan sebesar 13,33 W, pada saat menggunakan turbin 3 bilah dan pada ketinggian 3 meter, pada saat kecepatan angin 0,81 m/s.



Gambar 7. Hubungan kecepatan angin pada ketinggian tiga meter terhadap daya per waktu

Pada Gambar 7 menunjukan grafik hubungan antara waktu, kecepatan angin pada ketinggian 3 meter, dan daya yang dihasilkan, dengan menggunakan turbin 3 bilah dan 5 bilah pada ketinggian 3 meter. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan maksimal daya yang dihasilkan sebesar 14,85 W, pada saat menggunakan turbin 3 bilah dan pada ketinggian 3 meter, pada saat kecepatan angin 0,74 m/s. sedangkan turbin angin yang menggunakan lima bilah hampir tidak mengeluarkan daya sama sekali, daya yang dikeluarkan hanya sebesar 0,01 W pada kecepatan angin 1,7 m/s yang terjadi pada tanggal 08 November 2022 pada jam 15:00.

Gambar 8 menyajikan hubungan antara waktu, kecepatan angin pada ketinggian 5 meter, dan besarnya daya yang dihasilkan oleh turbin 3 sudu dan 5 sudu pada ketinggian 5 meter. Dengan menggunakan turbin tiga sudu pada ketinggian lima meter dan kecepatan angin 0,81 m/s, jumlah daya terbesar yang diciptakan adalah 13,33 W, sedangkan turbin angin dengan lima sudu hampir tidak menghasilkan daya sama sekali.



Gambar 8. Hubungan kecepatan angin pada ketinggian lima meter terhadap daya per waktu

IV. KESIMPULAN

Setelah menyelesaikan studi dan analisis, dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan energi angin pada wisata bukit Gua Jepang dapat menjadi pendorong bagi pengunjung untuk mengunjungi situs-situs di kawasan wisata tersebut. Selain sebagai objek wisata, energi angin juga dapat dimanfaatkan sebagai sumber listrik untuk penerangan dalam rangka meminimalisir penggunaan bahan bakar fosil. Kecepatan angin rata-rata di kawasan wisata bukit Gua Jepang tersebut pada ketinggian 3 meter adalah 0,7 m/s, sedangkan pada ketinggian 5 meter adalah 0,63 m/s. Untuk kecepatan angin 0,7 m/s, maka penggunaan turbin angin dengan tiga bilah dapat menghasilkan daya rata-rata sebesar 9,35 W.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Yayasan SMK Yapeta yang telah membantu penelitian ini dengan memberikan kesempatan bagi penulis untuk melakukan penelitian di area SMK tersebut.

DAFTAR ACUAN

- [1] Fabiana Meijon Fadul, *Revolusi Industri 4.0 Perspektif Teknologi, Manajemen, Dan Edukasi*. ANDI, 2019.
- [2] Pertamina, *Energy transition & global climate risk*, 3rd ed., vol. 8. Medan: Buletin Pertamina Energy Institute, 2022.
- [3] C. Luo and D. Wu, "Environment and economic risk: An analysis of carbon emission market and portfolio management," *Environ. Res.*, vol. 149, pp. 297–301,

- 2016.
- [4] S. Halim, "Revolusi Industri 4.0 di Indonesia," *Interciencia*, vol. 30, no. 8, p. 1, 2018.
- [5] A. E. Setyono and B. F. T. Kiono, "Dari energi fosil menuju energi terbarukan: potret kondisi minyak dan gas bumi Indonesia tahun 2020--2050," *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 2, no. 3, pp. 154–162, 2021.
- [6] A. Hasibuan, M. Daud, R. Kurniawan, W. V. Siregar, P. A. Safna, and others, "Comparison Analysis Of Electricity Use By State Electricity Company With Renewable Energy Sources In Household Type 54," in *2022 6th International Conference on Electrical, Telecommunication and Computer Engineering (ELTICOM)*, 2022, pp. 24–29.
- [7] A. Hasibuan, M. Isa, M. I. Yusoff, S. R. A. Rahim, and I. M. A. Nrartha, "Effect of installation of distributed generation at different points in the distribution system on voltage drops and power losses," in *AIP Conference Proceedings*, 2021, vol. 2339, no. 1, p. 20134.
- [8] Tim Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional, *Indonesia Energy Outlook 2019*, vol. 53, no. 9. Jakarta Selatan: NATIONAL ENERGY COUNCIL, 2019.
- [9] S. Sudarti and F. A. Dani, "Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Angin di Pantai Blimbingsari Kabupaten Banyuwangi," *CIRCUIT J. Ilm. Pendidik. Tek. Elektro*, vol. 5, no. 2, pp. 93–102, 2021.
- [10] A. Bachtiar and W. Hayattul, "Analisis potensi pembangkit listrik tenaga angin PT. Lentera Angin Nusantara (LAN) Ciheras," *J. Tek. Elektro*, vol. 7, no. 1, pp. 35–45, 2018.
- [11] R. Yunginger and N. N. Sune, "Analisis Energi Angin Sebagai Energi Alternatif Pembangkit Listrik Di Kota Di Gorontalo," *Univ. Negeri Gorontalo*, vol. 15, pp. 1–15, 2015.
- [12] R. Kurniawan, M. Daud, and A. Hasibuan, "Study of Power Flow and Harmonics when Integrating Photovoltaic into Microgrid," *Motiv. J. Mech. Electr. Ind. Eng.*, vol. 5, no. 1, pp. 33–46, 2023.
- [13] A. Hasibuan, W. V. Siregar, A. Setiawan, and M. Daud, "Pemanfaatan Energi Bayu Sebagai Sumber Energi Listrik Untuk Penerangan Pada Perahu Nelayan," *RELE (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro*, vol. 3, no. 2, pp. 85–88, 2021.
- [14] A. Hasibuan, M. SAYUTI, W. V. SIREGAR, M. DAUD, F. HIDAYATULLAH, and R. FAHROJI, "Analysis of Selection of Wind Turbine as a Source Of Additional Electricity in the Tourism Area Banyak Island, Indonesia," *doi*, vol. 10, pp. 633–645.
- [15] A. C. A. Praditya Tampubolon, "Laporan Status Energi Bersih Indonesia," *Iesr*, pp. 1–23, 2019.
- [16] R. Kurniawan, M. Daud, and A. Hasibuan, "Impact of Intermittent Renewable Energy Generations Penetration on Harmonics in Microgrid Distribution Networks," in *2022 6th International Conference on Electrical, Telecommunication and Computer Engineering (ELTICOM)*, 2022, pp. 30–37.
- [17] B. S. Premono, D. D. D. P. Tjahjana, and S. Hadi, "Wind energy potential assessment to estimate performance of selected wind turbine in northern coastal region of Semarang-Indonesia," *AIP Conf. Proc.*, vol. 1788, no. 2017, 2017, doi: 10.1063/1.4968279.
- [18] A. Hasibuan, M. Daud, M. Sayuti, F. Hidayatullah, W. V. Siregar, and R. Fachroji, "Utilization of Small Wind Turbines as Source Alternative Electrical Energy for

- Lighting in the Banyak Island Tourism Area, Aceh Singkil, Indonesia,” in *2022 6th International Conference on Electrical, Telecommunication and Computer Engineering (ELTICOM)*, 2022, pp. 44–47.
- [19] R. A. Fauzan, R. A. Wiranata, and Endarko, “Rangkaian Segitiga Daya (E8),” *J. Elektron. Dasar li*, vol. 1, no. 1, pp. 1–5, 2016.
- [20] T. Barlian, Y. Apriani, N. Savitri, and M. Hurairah, “Analisis Kapasitor Bank Untuk Memperbaiki Tegangan,” *J. Surya Energy*, vol. 4, no. 2, pp. 391–396, 2020.