

ANALISA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN SEBAGAI PENERANG AREA ROOFTOP KAMPUS C JGU

Muhamad Aris¹⁾*, Ade Sunardi²⁾, dan Riyan Ariyansah³⁾

¹⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Global Jakarta, Jl Boulevard Raya No.2 Grand Depok City, Kota Depok, Jawa Barat 16412

*Email: maris@student.jgu.ac.id

²⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Global Jakarta, Jl Boulevard Raya No.2 Grand Depok City, Kota Depok, Jawa Barat 16412

Email: ade@jgu.ac.id

³⁾ Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri dan Informatika, Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka Jakarta,

Jl Tanah Merdeka No.6 Rambutan, Ciracas, Kota Jakarta Timur, Jakarta 13830

Email: riyanariyansah@jgu.ac.id

Abstrak Kondisi geografis Kampus *Jakarta Global University (JGU)* Depok mempunyai sumber daya alam dengan potensi yang baik untuk pengembangan energi terbarukan. Energi angin merupakan salah satu pemanfaatan energi terbarukan yang memiliki potensi sangat besar untuk dikembangkan. Penggunaan sumber pembangkit tenaga listrik yang digunakan masih cenderung menggunakan sumber daya alam yang akan habis dipakai dalam beberapa puluh tahun mendatang. Skripsi ini dibuat dengan memanfaatkan sumber daya alam yang dimiliki kampus *JGU* Depok. Sumber daya angin ini dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik, dengan menggunakan sebuah turbin angin sehingga penelitian ini merupakan menganalisa sebuah pembangkit listrik tenaga angin/bayu (PLTB) sejalan dengan pemerintah dengan mengembangkan energi terbarukan tetap dengan dilakukannya skripsi ini merupakan suatu langkah awal guna memberikan dampak besar kedepannya yaitu menjadikan kampus *C JGU* ini menjadi kampus mandiri energi. Untuk itu, kami akan menerapkan Pembangkit Listrik Tenaga Angin sebagai Penerang Area rooftop Kampus *C JGU* dengan harapan dapat bermanfaat untuk Pihak Kampus *C JGU*.

Kata kunci: Sumber Daya Alam, PLTB, listrik.

Abstract Geographical conditions *JGU Depok Campus* has natural resources with good potential for the development of renewable energy. Wind energy is one of the uses of renewable energy that has enormous potential to be developed. The use of power generation sources used still tend to use natural resources that will be used up in the next few decades. This thesis was made by utilizing the natural resources of the *JGU Depok campus*. This wind resource can be used to generate electricity, by using a wind turbine so that this research is to analyze a wind power plant (PLTB) in line with the government by developing renewable energy. make campus *C JGU* an energy independent campus. For this reason, we will implement a Wind Power Plant as an Illuminator for the rooftop area of *Campus C JGU* with the hope that it can be useful for *Campus C JGU*.

Keywords: Natural Resources, PLTB, electricity

Email: maris@student.jgu.ac.id

1. PENDAHULUAN

Keterbatasan energi listrik dan tingginya ketergantungan terhadap bahan bakar fosil membuat pemerintah harus tanggap untuk mencari solusi dari permasalahan tersebut dengan mencari sumber daya lain [1]. Energi listrik berasal dari dua sumber yaitu energi baru terbarukan (EBT) dan energi konvensional yang tidak bisa diperbaharui. Salah satu sumber EBT yang memiliki prospek yang baik dan ramah lingkungan adalah energi angin adalah energi angin [2] karena tidak akan habis seperti energi konvensional yang berasal dari fosil [3]. Kecepatan angin di Indonesia berkisar antara 4 - 5 m/detik. Pada daerah-daerah tertentu kecepatan angin dapat mencapai 10 m/detik [4][2].

PLTB adalah salah satu pembangkit listrik EBT yang ramah lingkungan dan memiliki efisiensi kerja yang baik jika dibandingkan dengan pembangkit listrik energi terbarukan lainnya [5].

Turbin angin sebagai pembangkit listrik pertama kali di temukan di Skotlandia pada tahun 1887 [6] oleh James Blyth yang menggunakannya untuk mengisi baterai yang sebagai sumber energi untuk penerangan rumah. Beberapa bulan kemudian diikuti oleh Charles F.Brush yang mengembangkan turbin otomatis untuk menghasilkan listrik [7]. Turbin angin terdiri turbin angin vertikal dan horizontal, yang juga terdiri dari turbin aliran terbuka [8] yang dianalisa menggunakan teori teori Lanchester-Betz [9][10], dengan nilai Betz = 0.593 dan turbin dengan ducted [2]. Kecepatan rata-rata angin lebih dari 5 m/s agar dapat dikembangkan turbin angin poros horisontal [11][12].

Karena itu turbin angin jenis ini dapat digunakan untuk memanfaatkan energi angin pada daerah terbuka maupun pada gedung-gedung teristimewa pada rooftop.

Sejalan dengan itu maka potensi energi yang ada terdekat pada Kampus C JGU yang berada di wilayah Depok. Kecepatan angin di daerah Depok adalah $V_0 = 2 - 5$ m/s secara normal. Oleh karena itu pada penelitian ini dirancang bangun PLTB pada Kampus C JGU.

Prinsip kerja PLTB adalah dengan memanfaatkan energi kinetik angin yang masuk ke dalam area efektif turbin untuk memutar

baling-baling/kincir angin, kemudian energi putar ini diteruskan ke generator untuk membangkitkan energi listrik [13].

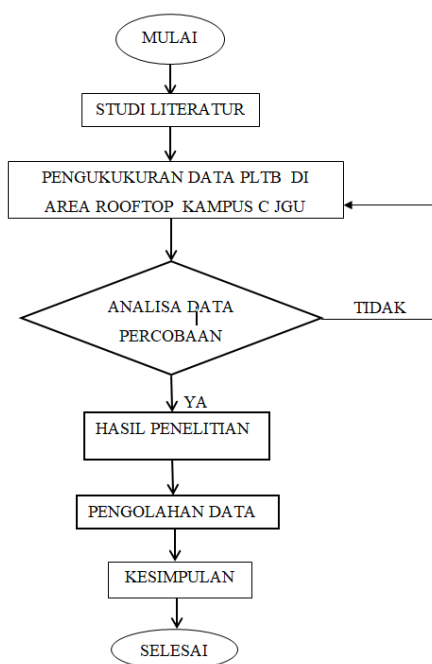
Energi listrik yang diperoleh dari turbin angin horisontal sering kita lihat pada turbin angin desainnya mirip dengan kincir angin, memiliki blade yang mirip propeller dan berputar pada sumbu vertical [14]. Turbin angin horisontal memiliki shaft rotor dan generator pada puncak tower dan harus diarahkan ke arah angin bertiup [9]. Turbin-turbin kecil mengarah ke angin dengan menggunakan *wind plane* yang diletakkan di rotor, sementara untuk turbin yang lebih besar dilengkapi dengan sensor yang terhubung dengan motor servo yang mengarahkan blade [15] sesuai dengan arah angin. Sebagian besar turbin yang besar memiliki gearbox yang merubah kecepatan putar rotor yang ditransfer ke generator menjadi lebih cepat [16]. Efisiensi lebih tinggi, karena blades selalu bergerak tegak lurus terhadap arah angin, menerima daya sepanjang putaran [17]. Sebaliknya pada turbin vertikal, melibatkan gaya timbal balik yang membutuhkan permukaan airfoil untuk mundur melawan angin sebagian bagian dari siklus [18][10].

Setelah mendapatkan pemaparan terkait turbin vertikal dan horizontal diatas. Permasalahan yang muncul adalah Bagaimana pengaruh perubahan kecepatan angin terhadap daya yang dihasilkan untuk menerangi area rooftop kampus C JGU. Selanjutnya agar penelitian ini dapat mengarah pada tujuan dan menghindari terlalu banyak permasalahan yang muncul, maka penulis memberikan batasan masalah yang sesuai dengan judul penelitian, adapun batasan masalah sebagai berikut. Pembahasan hanya mengetahui pengaruh angin terhadap daya yang dihasilkan oleh turbin pada waktu - waktu tertentu. Berdasarkan latar belakang yang telah di jelaskan untuk selanjutnya turbin angin dengan jumlah 6 baling – baling akan memanfaatkan energi angin di sekitar kampus C JGU menjadi PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Angin/Bayu) sehingga dapat diberikan beban lampu untuk penerangan rooftop Kampus C JGU. Maka penelitian ini menganalisa besaran output energi listrik yang dapat dihasilkan dari turbin angin.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dimulai dari studi literatur, pengukuran data dan dilakukan analisa. Pengukuran dilakukan untuk mendapatkan tegangan keluaran yang terjadi saat daya angin masuk. Metode yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah :

1. Metode yang digunakan dalam penelitian dengan data nilai Tegangan yang dihasilkan peralatan dan hasil keluaran dari turbin.
 2. Melakukan analisa hasil pengukuran tegangan keluaran turbin.
- Berikut diagram alir nya.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.1. Lokasi dan obyek penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kampus Jakarta Global University, Grand Depok City, Jl. Boulevard Bogor No 2, Kota Depok, 16412 Jawa Barat.



Gambar 2. Pengujian Turbin Angin

2.2. Teknik Analisis Data

Analisis data yang digunakan adalah analisis deskriptif dengan perhitungan-perhitungan teknis untuk menggambarkan keadaan yang berhubungan dengan potensi pembangkit listrik tenaga bayu/angin (PLTB).

Menghitung energi dari PLTB, dapat dituliskan dalam bentuk Udara yang bergerak memiliki energi kinetik. Udara yang bergerak memiliki energi kinetik. Udara yang memiliki massa m dan kecepatan v akan menghasilkan energi kinetik sebesar:

$$E_k = \frac{1}{2} \rho V_0^2 \tag{1}$$

Dimana E_k adalah energi kinetik (Joule), ρ adalah kerapatan udara ($1,2 \text{ Kg/m}^3$) dan V_0 adalah kecepatan angin (m/s).

Kecepatan angin rata-rata angin yang dihasilkan selama durasi waktu pengukuran dan jumlah pengukuran ditentukan dengan persamaan (2) :

$$\text{Angin (rata - rata)} = \frac{\sum \text{Angin}}{n} \tag{2}$$

Energi kinetik yang terkandung dalam angin inilah yang ditangkap oleh turbin angin untuk memutar rotor. Untuk menganalisis seberapa besar energi angin yang dapat diserap oleh turbin angin, digunakan teori momentum elementer betz [2][18][10].

Daya Turbin dihitung dengan menggunakan rumus [2].

$$P_{ke} = \frac{1}{2} \rho A V_0^2 \tag{3}$$

Dan dengan memperhitungkan nilai koefisien daya $C_p=0.593$ (Betz limits), maka daya turbin dihitung dengan rumus :

$$P_{ke} = \frac{1}{2} \rho C_p A V_0^2 \quad (4)$$

Turbin akan menggerakkan generator dan membangkitkan listrik dengan tegangan dan arus yang dihitung dengan rumus :

$$I = \frac{P}{V} \quad (5)$$

Dimana I adalah Arus listrik (Ampere), P adalah daya listrik (Watt) dan V adalah tegangan (Volt).

Dengan pengaturan rangkaian listrik, maka tahanan listrik pada rangkaian paralel adalah

$$R = \frac{V}{I} \quad (6)$$

Dimana pada rangkaiian paralel diperoleh :

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad (7)$$

Daya listrik yang dihasilkan dihitung dengan rumus :

$$P = \frac{V^2}{R} \quad (8)$$

Lama waktu pemakaian baterai untuk rangkaian lampu dihitung dengan rumus :

$$T = \frac{I_{baterai}}{I_{beban}} \cdot \eta \quad (9)$$

Dimana T adalah lama waktu pemakaian baterai, $I_{baterai}$ adalah kuat arus yang tersedia di baterai, I_{beban} adalah arus beban dan $\eta = 80\%$ adalah efesiensi.

Pengujian dilakukan pada beban listrik dirangkai dalam rangkaian paralel yang terdiri dari 4 buah lampu dengan spesifikasi yang disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Tabel data penggunaan lampu

Penggunaan Lampu	V (Volt)	Arus I (Ampere)
1	12.3	0.34
2	12.2	0.56
3	12.2	0.67
4	12.2	0.74

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan serta pengukuran telah dilakukan bertempat di Kampus C JGU dengan beberapa kali pengukuran data untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat. Analisa dilakukan dengan mengukur kecepatan angin

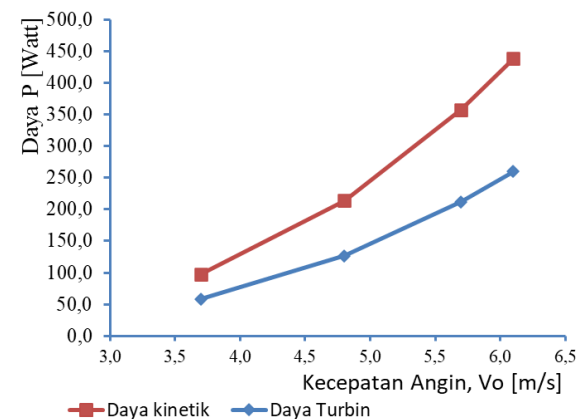
V_0 (m/s) menggunakan anemometer dan mengukur tegangan V (Volt) dan arus listrik I (Ampere) yang dihasilkan.

Pengukuran n_i dilakukan sebanyak 6 ($i=6$) kali dari pukul 13.00 – 15.30 WIB dengan interval waktu pengukuran pada setiap 30 menit. Data hasil pengukuran kecepatan angin, arus listrik dan tegangan disajikan dalam tabel 2.

Tabel 2. Tabel data parameter output turbin

Waktu (WIB)	Ni	V_0 (m/s)	Arus I (Ampere)	Tegangan V (Volt)	Daya Turbin (Watt)
13:00	1	4,8	26,2	12,21	319,9
13:30	2	3,7	22,2	10,38	230,4
14:00	3	6,1	31,1	14,1	438,5
14:30	4	4,8	26,2	12,21	319,9
15:00	5	6,1	31,1	14,1	438,5
15:30	6	5,7	28,3	13,79	390,3

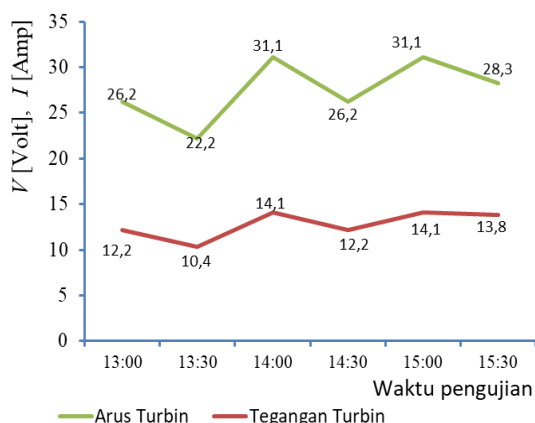
Berdasarkan data kecepatan angin pada lokasi pengujian, maka daya kinetic dan daya turbin secara teoriti dengan menggunakan persamaan (1) dan persamaan (4) ditampilkan pada gambar 3.



Gambar 3. Daya teoritis turbin

Kecepatan angin pada setiap kali pengambilan data berkisar antara 3,7 – 6,1 m/s. pada nilai kecepatan angin tersebut nilai kuat arus listrik I yang dibangkitkan berkisar antara 22,2 – 31,1 Ampere, semenatar nilai tegangan listrik V yang dibangkitkan berkisar antara 10.38 – 14.1 Volt.

Grafik hasil pengukuran tegangan dan arus listrik pada tabel 2 ditampilkan dalam gambar 4.



Gambar 4. Grafik tegangan dan arus turbin pada durasi waktu pengukuran.

Pada tabel 2 dan grafik gambar 3 terlihat bahwa kecepatan angin maksimum $V_{max} = 6,1$ m/s terjadi pada pukul 15.00 WIB. Pada durasi waktu pengukuran tersebut, kecepatan angin tidak tetap, sehingga tegangan dan arus listrik tidak stabil.

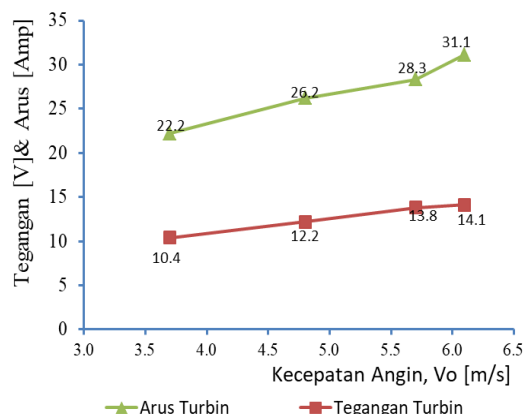
Analisa potensi energi pada lokasi dilakukan melalui gambaran hubungan kecepatan angin terhadap kuat arus listrik dan tegangan serta daya yang dibangkitkan turbin. Pengaruh kecepatan angin terhadap nilai tegangan dan kuat arus disajikan dalam tabel 3.

Tabel 3. Hubungan Kecepatan Angin dengan daya

Kecepatan Angin (m/s)	Arus Turbin (Ampere)	Tegangan Turbin (Volt)	Daya Turbin (Watt)
3,7	22,2	10,38	230,4
4,8	26,2	12,21	319,9
5,7	28,3	13,79	390,3
6,1	31,1	14,1	438,5

Pengaruh kecepatan angin terhadap tegangan dan kuat arus secara grafik ditampilkan pada gambar 5.

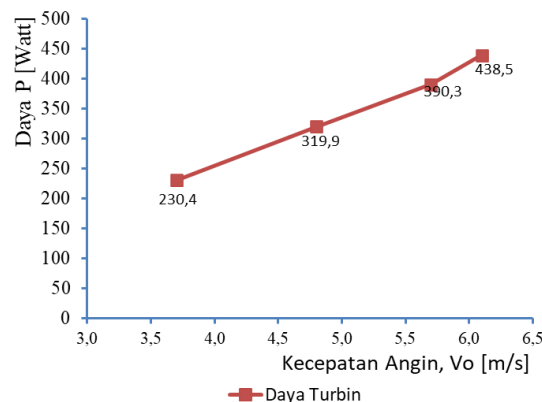
Berdasarkan data pada tabel 3 dan gambar 5, terlihat bahwa tegangan dan arus listrik meningkat dengan meningkatnya kecepatan angin. Kedua parameter ini mengikuti tren daya kinetic sesuai persamaan (1) sampai persamaan (4).



Gambar 5. Grafik Perbandingan Kecepatan Angin terhadap Tegangan dan Arus Turbin

Serupa dengan tegangan dan arus listrik. Daya listrik yang dihasilkan pada sistem pembangkit ini secara proporsional dengan kecepatan angin,

Namun demikian trend hubungan daya listrik tidak sepenuhnya mengikuti karakteristik daya kinetic dan daya mekanis turbin berdasarkan persamaan (1) dan (4). Hal ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor yang mungkin terjadi.



Gambar 3. Grafik perbandingan kecepatan angin terhadap daya turbin

Pada nilai tegangan dan kuat arus yang dibangkitka, maka dapat dilakukan pengisian terhadap baterai selama lebih dari 4 jam.

Penggunaan battery dengan kapasitas 45 Ah, dibutuhkan waktu pengisian selama 12 jam dan dan daya pengisian sebesar 54 watt dengan menggunakan metode *slow charging*. S

Jika pengisian dilakukan dengan metode *fast charging*, maka dibutuhkan Waktu

pengisian dibutuhkan adalah 3 Jam dengan daya charger 216 watt.

Jadi pengisian baterai dengan metode fast charging untuk kapasitas baterai 45 Ah membutuhkan waktu pengisian selama 3 jam dengan daya pengisian sebesar 216 watt. Hal ini menunjukkan bahwa total energi dan daya yang dihasilkan turbin dapat digunakan untuk pengisian baterai 45 Ah dengan tegangan 12 Volt dan kuat arus 18 Ampere.

Berdasarkan persamaan (2), maka rata-rata kecepatan angin yang melewati turbin dari pukul 13.00 – 15.30 WIB adalah 5,2 m/s. Selanjutnya dengan menggunakan persamaan (1), maka energi kinetik angin pada lokasi penelitian ini adalah 3,12 Joule.

Selanjutnya arus listrik yang dikeluarkan untuk beban lampu berdasarkan persamaan (5) adalah sebagai berikut :

a. Daya : 20 watt dengan tegangan DC 12v, maka kuat arus I yang dibutuhkan adalah 1,6 Ampere

b. Daya rangkaian paralel.

Berdasarkan persamaan (6), tahanan yang timbul adalah 7,5 Ω . Sedangkan tahanan total R_t pada rangkaian lampu paralel adalah 3,75 Ω . Selanjutnya daya yang diberikan pada rangkaian berdasarkan persamaan (8) adalah 38,4 Watt. Daya paralel beban lampu 12 Volt 20 Watt adalah 38,4 Watt.

c. Arus 4 lampu rangkaian paralel.

Sesuai persamaan (5), maka untuk 4 lampu rangkaian paralel, kuat arus yang dibutuhkan adalah 3,2 Ampere. Sehingga arus beban 4 lampu 12 Volt 20 Watt rangkaian paralel adalah 3,2 Ampere.

d. Lama waktu pemakaian.

Lama waktu pengisian baterai untuk beban 4 lampu 12 Volt dengan daya 20 Watt rangkaian paralel yang dihitung dengan persamaan (9) adalah 11,25 jam. Jadi waktu pemakaian baterai untuk beban 4 lampu 12 Volt 20 Watt adalah 11,25 Jam.

Berdasarkan hasil analisis diatas, maka untuk menerangi area rooftop kampus C JGU pada malam hari selama 11 jam, maka sistem ini dapat menyediakan energi yang cukup.

Selanjutnya untuk menjamin keberlanjutan sistem ini, maka perlu dilakukan pengkondisian dan koordinasi.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, maka yang dapat disimpulkan bahwa pada kecepatan angin rata-rata sebesar 5,2 m/s, energi kinetik yang dihasilkan adalah 3,12 Joule. Total energi ini mampu melayani pengisian baterai dan melayani beban listrik 4 lampu 12 Volt 20 Watt rangkaian paralel dengan penggunaan kapasitas baterai selama 11,25 Jam. Daya listrik yang dihasilkan PLTB mampu memasok beban listrik pada lampu untuk penerangan area rooftop kampus C JGU.

Sistem ini dapat diaplikasikan pada lokasi yang lain dengan potensi energi angin yang lebih besar melalui penelitian lanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Bachtiar and W. Hayyatul, "Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Angin PT. Lentera Angin Nusantara (LAN) Ciheras," *J. Tek. Elektro ITP*, vol. 7, no. 1, pp. 34–45, 2018, doi: 10.21063/jte.2018.3133706.
- [2] W. M. Rumaherang, B. Laconawa, N. Titahelu, and J. Louhenapessy, "Kajian Perbandingan Performance Energi Turbin Angin Model Ducted Dengan Un-Ducted," *J. Tek. Mesin, Elektro, Inform. Kelaut. dan Sains*, vol. 2, no. 1, pp. 56–64, 2022, doi: 10.30598/metiks.2022.2.1.56-64.
- [3] S. Lubis, F. Lubis, and P. Harahap, "PLTB sebagai Alternatif Energi Baru Terbarukan," *Semin. Nas. Tek.*, vol. 1(2), pp. 1–5, 2019.
- [4] S. Bagaskara, S. Sardono, and I. R. Kusuma, "Pemanfaatan Turbin Angin Sebagai penghasil Energi Listrik Alternatif di Pulau Panggang Kepulauan Seribu," 2008.
- [5] M. Adam, P. Harahap, and M. R. Nasution, "Analisa Pengaruh Perubahan Kecepatan Angin Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin Terhadap Daya Yang Dihasilkan Generator DC," *RELE (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 1, pp. 30–36, 2019, [Online]. Available: jurnal.umsu.ac.id/index.php/RELE/article/view/3648/3993%0D
- [6] C. A. Wiguna, *Manajemen dan*

- Konvergensi Media Penyiaran*. 2002.
- [7] T. Nizardi, S. Ali, Z. Husin, and M. Marbun, “Rancang Bangun Propeller Turbin Angin Sumbu Vertical Berbahan Dasar Komposit Fiberglass (Gfrp),” *J. Mekanova Mek. Inov. dan Teknol.*, vol. 7, no. 1, p. 10, 2021, doi: 10.35308/jmkn.v7i1.3615.
- [8] S. P. S. Widiyanto and M. K. Ridwan, “Performance Analysis of Small Horizontal Axis Wind Turbine with Airfoil NACA 4412,” *Int. J. Sci. Technol. Manag.*, vol. 2, no. 1, pp. 347–357, 2015.
- [9] W. M. Rumaherang, “Pengaruh rasio diameter terhadap parameter-parameter energi turbin arus laut horizontal,” *Din. Tek. Mesin*, vol. 10, no. 1, p. 1, 2020, doi: 10.29303/dtm.v10i1.306.
- [10] W. M. Rumaherang and J. Latuny, “Fluid Flow Study in Various Shapes and Sizes of Horizontal Axis Sea Current Turbine,” *Sinergi*, vol. 25, no. 3, p. 289, 2021, doi: 10.22441/sinergi.2021.3.006.
- [11] A. PRASETYO, “Studi potensi penerapan dan pengembangan pembangkit listrik tenaga angin di Indonesia,” *J. Online Mhs. Bid. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 1, 2019.
- [12] S. J. Etwan Sarwuna, W. M. Rumaherang, and C. S. Edwina Tupamahu, “Sosialisasi & Pelatihan EBT untuk Menciptakan Kemandirian Penyediaan Listrik Secara Mandiri,” *J. Pengabd. Masy.*, vol. 2, no. 1, pp. 161–169, 2022, doi: 10.31004/abdira.v2i1.48.
- [13] E. T. S. Lobo, Rombe, and M. Sau, “Sistem Hibrid Energi Surya-Bayu,” *Tekno*, vol. 10, no. 1, pp. 105–109, 2019.
- [14] I. H. PAMUNGKAS, *RANCANG BANGUN ROTOR TURBIN ANGIN SUMBU HORIZONTAL MENGGUNAKAN AIRFOIL NACA 4415 DENGAN BAHAN FIBER REINFORCED PLASTIC (FRP)*. 2018.
- [15] I. Bostan, V. Dulgheru, I. Sobor, and V. Bostan, “Wind microturbines with power of 10 kW DEVELOPMENT , MANUFACTURE AND TESTING OF HORIZONTAL AXIS WIND MICROTURBINES WITH POWER OF 10 KW,” no. January, 2011.
- [16] M. P. Pane, *RANCANG BANGUN MEKANISME PITCH BLADE CONTROL DAN YAW DRIVE CONTROL TURBIN ANGIN HORIZONTAL DIAMETER SUDU 10 M*. 2018.
- [17] P. T. Indonesia and P. Semarang, “Prosiding Seminar Nasional NCIET Vol.1 (2020) B312-B316 1,” vol. 1, pp. 312–316, 2020.
- [18] M Sofyan Kurnia putra, *Tugas Akhir Pembuatan Turbin Angin Horizontal Axis Lima Sudu Sebagai Pembangkit Listrik Kapasitas Rendah*. 2019.