

**Rancang Bangun Portabel Turbin Angin Jenis Vertikal untuk Pesisir
Danau**

Ricky Kurniawan¹, Rosita Efriyanti², Marliyus Sunarhati³

1,2,3 Program Studi Teknik Elektro, Universitas Palembang, Indonesia

email : rickkurniawan10@gmail.com

ABSTRAK

Konsumsi energi yang terus meningkat mendorong perlunya pemanfaatan sumber energi alternatif yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Energi angin merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang potensial dikembangkan di Indonesia, khususnya di wilayah pesisir danau yang memiliki karakteristik kecepatan angin relatif stabil sepanjang tahun. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji turbin angin portabel jenis vertikal (Vertical Axis Wind Turbine/VAWT) yang mampu beroperasi secara efektif pada kondisi kecepatan angin rendah. Prototipe turbin dirancang menggunakan bahan pipa PVC dan plywood dengan tiga variasi jumlah bilah, yaitu 3, 4, dan 5 bilah. Pengujian dilakukan di kawasan pesisir Danau Jakabaring, Palembang, untuk mengukur hubungan antara kecepatan angin, putaran turbin (RPM), dan tegangan listrik yang dihasilkan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi jumlah bilah berpengaruh signifikan terhadap performa turbin. Konfigurasi lima bilah menghasilkan performa terbaik dengan tegangan maksimum mencapai 2,4 V pada kecepatan angin 7,2 m/s, sementara konfigurasi tiga bilah lebih responsif pada angin berkecepatan rendah. Rancang bangun sistem turbin portabel ini dinilai layak untuk dikembangkan sebagai solusi energi terbarukan skala kecil, terutama di daerah pesisir dan pedesaan.

Kata kunci: Turbin angin vertikal, energi terbarukan, portabel, pesisir danau, efisiensi bilah

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik di Indonesia terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk, industrialisasi, dan perkembangan teknologi di berbagai sektor. Kondisi ini menuntut penyediaan energi yang handal, efisien, dan berkelanjutan. Data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) menunjukkan bahwa sebagian besar energi nasional masih bergantung pada sumber fosil seperti minyak bumi, batu bara, dan gas alam, yang ketersediaannya semakin menurun serta berpotensi habis dalam beberapa dekade ke depan. Selain itu, pembakaran bahan bakar fosil menghasilkan emisi gas rumah kaca yang memperburuk perubahan iklim global. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan sumber energi baru terbarukan (EBT) untuk mewujudkan sistem energi nasional yang berkelanjutan dan ramah lingkungan [1].

Pemerintah Indonesia melalui Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) menargetkan kontribusi EBT sebesar 23% terhadap bauran energi nasional pada 2025. Untuk mencapai target tersebut, pengembangan teknologi seperti tenaga surya, air, biomassa, dan angin menjadi prioritas strategis. Energi angin menjadi salah satu yang menjanjikan karena bersih, tidak menghasilkan emisi, dan sumbernya tersedia secara alami tanpa biaya bahan bakar [2].

Indonesia memiliki potensi energi angin lebih dari 60 GW, terutama di wilayah pesisir,

perbukitan, dan dataran tinggi [3]. Namun, pemanfaatannya masih rendah karena kecepatan angin sebagian besar wilayah tergolong rendah, sekitar 2–7 m/s [4]. Turbin angin konvensional Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT) membutuhkan kecepatan angin tinggi agar beroperasi optimal, sehingga kurang sesuai untuk kondisi angin rendah yang umum di wilayah tropis seperti Indonesia.

Sebagai alternatif, Turbin Angin Sumbu Vertikal (Vertical Axis Wind Turbine/VAWT) lebih tepat digunakan karena mampu menangkap angin dari berbagai arah tanpa sistem pengarah, memiliki struktur mekanik sederhana, mudah perawatan, stabil dalam kondisi turbulensi tinggi, dan efisien pada kecepatan angin rendah [5][6]. Penerapan turbin sumbu vertikal potensial dikembangkan di wilayah pesisir, perumahan terpencil, dan area dengan topografi kompleks.

Penelitian ini bertujuan merancang dan menguji turbin angin portabel sumbu vertikal yang efektif pada kecepatan angin rendah di kawasan pesisir danau. Rancang bangun turbin dibuat portabel agar mudah dipindahkan sesuai kebutuhan. Fokus penelitian diarahkan pada pengaruh variasi jumlah bilah (3, 4, dan 5 bilah) terhadap kinerja sistem dalam menghasilkan energi listrik, dengan pengukuran kecepatan angin, putaran turbin (RPM), dan tegangan keluaran generator DC. Hasil penelitian diharapkan memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi energi angin skala kecil sebagai solusi listrik ramah lingkungan di wilayah terpencil.

2. METODELOGI PENELITIAN DAN DESAIN

2.1 METODELOGI

Penelitian ini akan dilaksanakan di daerah Jakabaring Palembang dari bulan October 2023 sampai bulan Maret 2024

Uraian pelaksanaan penelitian dibagi menjadi beberapa tahapan yaitu :

1. Observasi

Waktu : November – Desember 2023

Tempat : Danau Jakabaring

2. Perencanaan

Waktu : November -Desember 2023

Tempat : Danau Jakabaring

3. Pembuatan Desain Turbin

Waktu : Desember – Maret 2024

Tempat : Danau Jakabaring

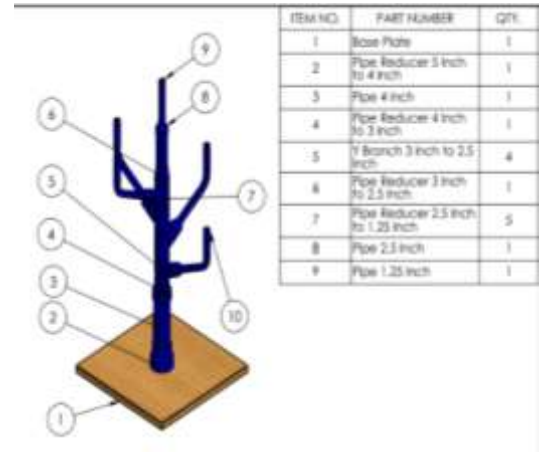
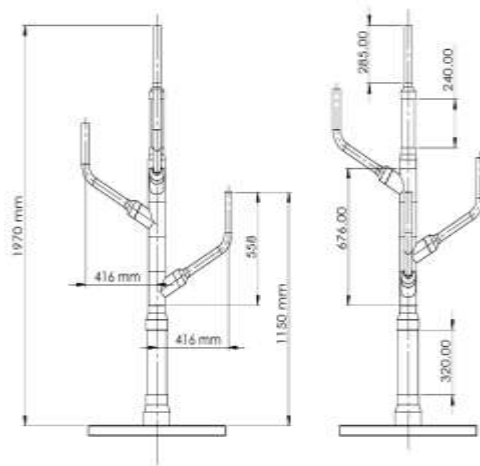
4. Performance Test

Waktu : Januari – Selesai 2024

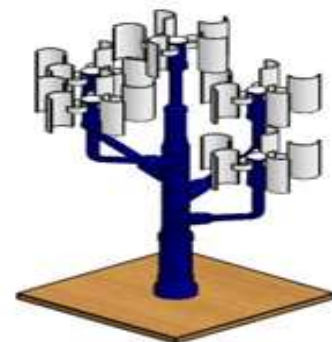
Tempat : Danau Jakabaring

2.2 DESAIN

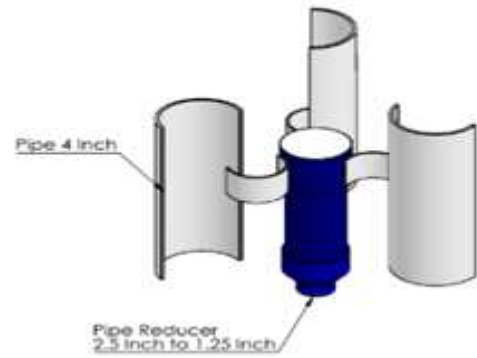
Alat ini didesain dengan dimensi kincir vertikal yang berdiameter 440 mm dan panjang 300 mm dengan menggunakan bahan pipa yang memiliki ketebalannya 0,3 mm dengan ukuran Bilah Panjang P = 300 mm , Lebar L = 180 mm



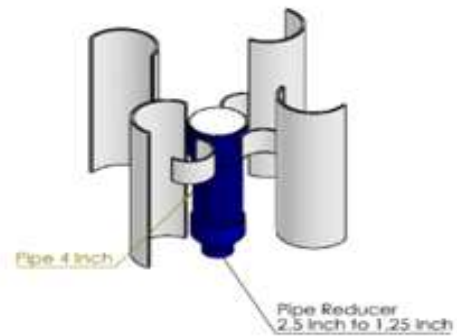
Gambar 1 Desain Turbin



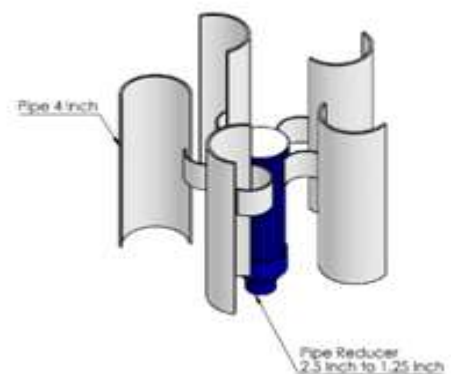
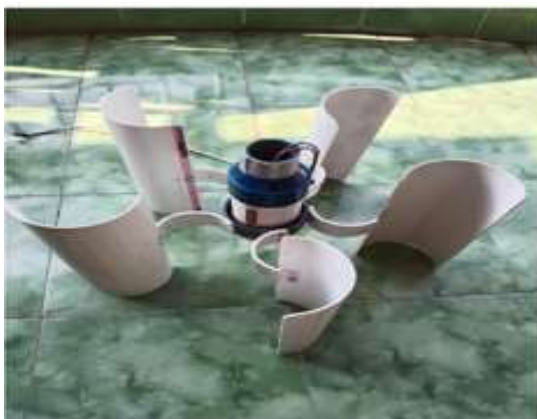
Gambar 2 Turbin Vertical



Gambar 3 Baling-baling 3



Gambar 4 Baling-Baling 4



Gambar 5 Baling- Baling 5

3. HASIL PENELITIAN

Eksperimen terhadap turbin angin dilakukan dengan membandingkan tiga tipe turbin yang berbeda berdasarkan jumlah bilahnya, yakni turbin dengan 3 bilah, 4 bilah, dan 5 bilah. Pengujian ini memanfaatkan angin alami yang bertiup di sekitar tepi danau sebagai sumber energi untuk menggerakkan turbin. Selama proses pengujian, berbagai parameter kinerja dicatat dan dianalisis. Hasil pengukuran kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk memudahkan perbandingan serta interpretasi data dari masing-masing tipe turbin.

Tabel 1. Turbin Vertikal 3 Baling-Baling

Jumlah Baling-Baling	Turbin Vertikal			
	Tegangan	Kecepatan Angin	Kecepatan Rotor	Jam
3	5,59	2,4	83,52	10.00
	4,66	2	69,6	11.00
	4,89	2,1	73,08	12.00
	3,03	1,3	45,24	13.00
	3,73	1,6	55,68	14.00
	6,99	3	104	15.00
	16,55	7,1	247,08	16.00
	16,78	7,2	250,56	17.00

Berdasarkan hasil pengujian pada turbin angin dengan tiga bilah, kecepatan angin yang terukur berada pada rentang 1,3 hingga 7,2 m/s. Putaran turbin yang dihasilkan berkisar antara 79,8 hingga 192,6 rpm, sedangkan tegangan listrik yang dihasilkan bervariasi dari 0,33 hingga 2,4 volt. Nilai tertinggi dicapai pada pukul 17.00, dengan kecepatan angin sebesar 7,2 m/s, putaran turbin 192,6 rpm, dan tegangan keluaran 2,4 volt. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan angin berbanding lurus dengan kenaikan putaran turbin dan tegangan keluaran.

Tabel 2. Turbin Vertikal 4 Baling-Baling

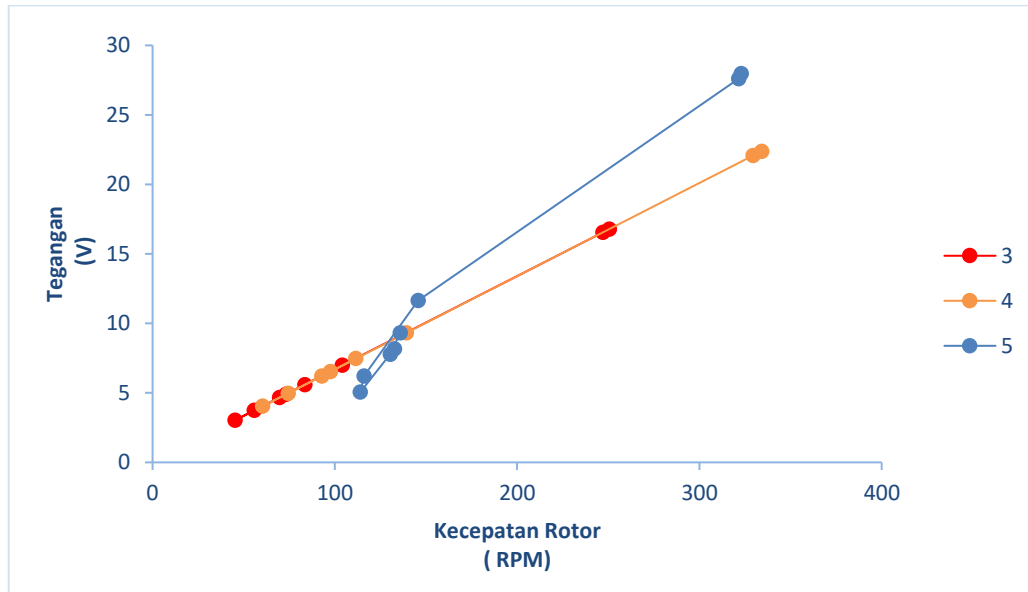
Baling-Baling	Turbin Vertikal			
	Tegangan	Kecepatan Angin	Kecepatan Rotor	Jam
4	7,46	2,4	111,36	10.00
	6,21	2	92,8	11.00
	6,52	2,1	97,44	12.00
	4,04	1,3	60,32	13.00
	4,97	1,6	74,24	14.00
	9,32	3	139,2	15.00
	22,07	7,1	329,44	16.00
	22,38	7,2	334,08	17.00

Hasil pengujian untuk variasi turbin empat bilah menunjukkan bahwa kecepatan angin berkisar antara 1,3 hingga 7,2 m/s. Putaran turbin meningkat dari 99,8 hingga 415,2 rpm, dan tegangan yang dihasilkan berada pada kisaran 0,4 hingga 2,22 volt. Data tertinggi tercatat pada pukul 17.00, dengan kecepatan angin 7,2 m/s, putaran turbin 415,2 rpm, dan tegangan keluaran 2,22 volt. Dari hasil ini dapat dilihat bahwa turbin dengan empat bilah menghasilkan putaran dan tegangan yang lebih besar dibandingkan dengan turbin tiga bilah pada kondisi kecepatan angin yang sama.

Tabel 1. Turbin Vertikal 3 Baling-Baling

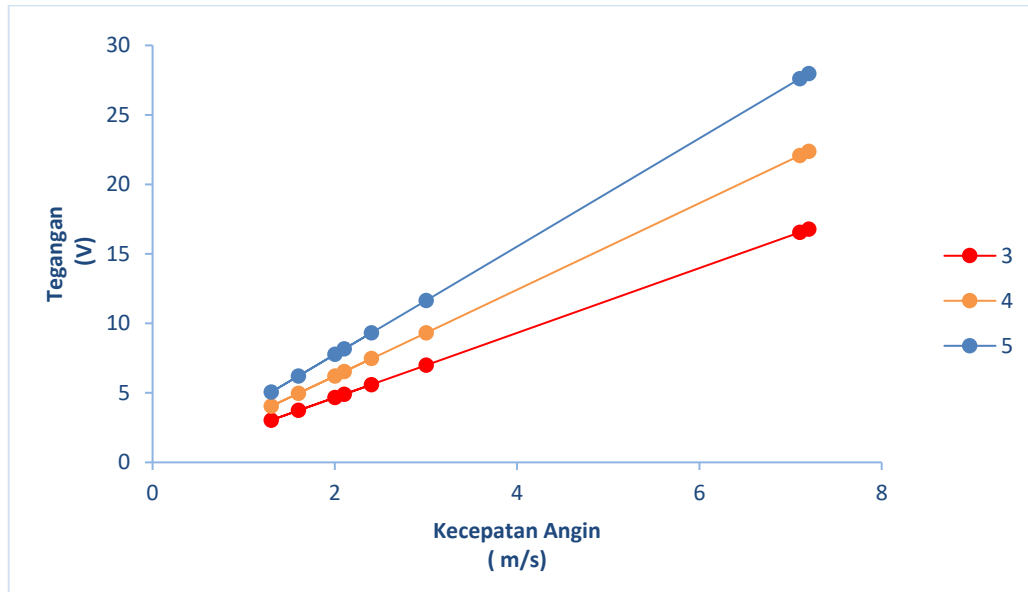
Baling-Baling	Turbin Vertikal			
	Tegangan	Kecepatan Angin	Kecepatan Rotor	Jam
5	9,32	2,4	135,8	10.00
	7,77	2	130,3	11.00
	8,16	2,1	132,6	12.00
	5,05	1,3	113,9	13.00
	6,21	1,6	115,9	14.00
	11,65	3	145,7	15.00
	27,59	7,1	321,5	16.00
	27,97	7,2	322,8	17.00

Pada pengujian turbin lima bilah, kecepatan angin terukur berada pada rentang 1,3 hingga 7,2 m/s. Putaran turbin yang dihasilkan berkisar antara 113,9 hingga 322,8 rpm, dengan tegangan keluaran antara 0,54 hingga 2,4 volt. Nilai maksimum dicapai pada pukul 17.00, ketika kecepatan angin mencapai 7,2 m/s, dengan putaran turbin 322,8 rpm dan tegangan keluaran 2,4 volt. Meskipun turbin lima bilah menghasilkan tegangan maksimum yang sama seperti turbin tiga bilah, putaran turbin sedikit lebih rendah, yang menunjukkan bahwa penambahan jumlah bilah dapat memengaruhi efisiensi aerodinamis turbin.



Gambar 1. Grafik Perbandingan hasil Tegangan dan RPM Dari Turbin Vertikal
Baling-baling 3,4,dan 5

Berdasarkan grafik hubungan antara kecepatan rotor (RPM) dan tegangan (V) pada turbin angin vertikal dengan variasi 3, 4, dan 5 bilah, terlihat adanya hubungan linear positif. Artinya, setiap kenaikan kecepatan rotor diikuti oleh peningkatan tegangan yang dihasilkan. Pada turbin dengan 3 bilah, tegangan yang dihasilkan berkisar antara 5,59 V hingga 16,78 V, dengan kecepatan rotor antara 83,52 rpm hingga 250,56 rpm. Model 4 bilah menghasilkan tegangan lebih tinggi, yaitu antara 7,46 V hingga 22,38 V, dengan kecepatan rotor maksimum 334,08 rpm. Sedangkan turbin 5 bilah menunjukkan performa paling optimal dengan tegangan mencapai 27,97 V dan kecepatan rotor 322,8 rpm. Perbedaan nilai tegangan ini menunjukkan bahwa penambahan jumlah bilah meningkatkan efisiensi penangkapan energi angin, karena luas permukaan yang lebih besar membuat turbin mampu menerima dorongan angin lebih optimal. Dengan demikian, turbin 5 bilah memiliki performa konversi energi terbaik di antara ketiga variasi.



Gambar 1. Grafik Perbandingan hasil Tegangan dan RPM Dari Turbin Vertikal

Baling-baling 3,4,dan 5

Grafik hubungan antara kecepatan angin (m/s) dan tegangan keluaran (V) memperlihatkan pola serupa, yaitu peningkatan kecepatan angin menyebabkan peningkatan tegangan secara signifikan. Untuk turbin 3 bilah, tegangan meningkat dari 3,03 V pada kecepatan angin 1,3 m/s hingga 16,78 V pada 7,1 m/s. Pada turbin 4 bilah, nilai tegangan berkisar dari 4,84 V pada 1,3 m/s hingga 22,38 V pada 7,2 m/s. Sedangkan turbin 5 bilah menghasilkan tegangan tertinggi sebesar 27,97 V pada kecepatan angin 7,2 m/s. Hasil ini menegaskan bahwa semakin besar kecepatan angin, semakin besar pula energi kinetik yang dapat dikonversi menjadi energi listrik. Selain itu, jumlah bilah turut mempengaruhi kemampuan turbin dalam menangkap aliran angin. Model dengan 5 bilah terbukti lebih efisien karena menghasilkan tegangan tertinggi pada setiap tingkat kecepatan angin.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi kinerja turbin angin vertikal dengan membandingkan tiga variasi jumlah bilah, yaitu 3, 4, dan 5 bilah. Setiap bilah memiliki panjang 300 mm dan lebar 180 mm, dengan kecepatan angin yang digunakan dalam pengujian berkisar antara 1,3 hingga 7,2 m/s. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa kecepatan angin berpengaruh langsung terhadap kecepatan putaran bilah, yang pada gilirannya memengaruhi besar tegangan listrik yang dihasilkan. Secara umum, penambahan jumlah bilah mampu meningkatkan efisiensi dan performa turbin, meskipun peningkatan tersebut memiliki batas tertentu. Dari seluruh hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa turbin dengan konfigurasi 5 bilah memberikan performa paling optimal, menghasilkan kecepatan putaran sebesar 322,8 rpm dan tegangan keluaran 2,4 volt pada kondisi kecepatan angin 7,2 m/s.

5. DAFTAR PUSTAKA

1. L. Solanki, S. Vadhera, and K. S. Sandhu, "Study of Vertical Axis Wind Turbines with Solar PV for Energy Storage in Battery Swapping Stations or for Electric Vehicles on Highways Using HOMER Pro," in 2022 1st International Conference on Sustainable Technology for Power and Energy Systems (STPES), IEEE, Jul. 2022, pp. 1–6. doi: 10.1109/STPES54845.2022.10006644.
2. N. G. Gawande, R. C. Modi, S. N. Damare, A. A. Hawa, M. D. Dharpawar, and P. P. Takarkhede, "Electricity Generation by Vertical Axis Turbine," Int J Res Appl Sci Eng Technol, vol. 10, no. 5, pp. 3114–3117, May 2022, doi: 10.22214/ijraset.2022.43021.
3. S. S. Sayyed, S. T. Hargude, and A. A. Bhopale, "Vertical Axis Wind Turbine with Inverter," Int J Res Appl Sci Eng Technol, vol. 10, no. 5, pp. 43–46, May 2022, doi: 10.22214/ijraset.2022.42045.
4. L. Solanki, S. Vadhera, and K. S. Sandhu, "Study of Vertical Axis Wind Turbines with Solar PV for Energy Storage in Battery Swapping Stations or for Electric Vehicles on Highways Using HOMER Pro," in 2022 1st International Conference on Sustainable Technology for Power and Energy Systems (STPES), IEEE, Jul. 2022, pp. 1–6. doi: 10.1109/STPES54845.2022.10006644.
5. N. G. Gawande, R. C. Modi, S. N. Damare, A. A. Hawa, M. D. Dharpawar, and P. P. Takarkhede, "Electricity Generation by Vertical Axis Turbine," Int J Res Appl Sci Eng Technol, vol. 10, no. 5, pp. 3114–3117, May 2022, doi: 10.22214/ijraset.2022.43021.
6. S. S. Sayyed, S. T. Hargude, and A. A. Bhopale, "Vertical Axis Wind Turbine with Inverter," Int J Res Appl Sci Eng Technol, vol. 10, no. 5, pp. 43–46, May 2022, doi: 10.22214/ijraset.2022.42045.
7. Prof. R. Deshmukh, A. Pathan, G. Raut, P. Nakade, and S. Mohankar, "Design and Development of Vertical Axis Wind Turbine with Inverter," International Journal of Research Publication and Reviews, vol. 5, no. 5, pp. 12099–12102, May 2024, doi: 10.55248/gengpi.5.0524.1427.
8. N. B. Alnavis, R. R. Wirawan, K. I. Solihah, and V. H. Nugroho, "Energi listrik berkelanjutan: Potensi dan tantangan penyediaan energi listrik di Indonesia," Journal of Innovation Materials, Energy, and Sustainable Engineering, vol. 1, no. 2, Jan. 2024, doi: 10.61511/jimese.v1i2.2024.544.
9. S. Sukanto, A. Azwardi, H. Hamira, and D. P. Atiyatna, "The Unsustainable Path: Assessing Indonesia's Reliance on Fossil Energy in Economic Growth," International Journal of Energy Economics and Policy, vol. 14, no. 2, pp. 484–489, Mar. 2024, doi: 10.32479/ijeep.15358
10. H. Wahyudi, U. Ciptawaty, and A. Ratih, "Planning and Policy Direction for Utilization of Renewable Energy in Sustainable Development in Indonesia," WSEAS TRANSACTIONS

ON BUSINESS AND ECONOMICS, vol. 21, pp. 1083–1094, May 2024, doi:
10.37394/23207.2024.21.90.