



Turbin Angin Vertikal Model Savonius sebagai Alternatif Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan

M. Nor Iksan¹, Diana Alia^{2*}, Firdaus Sitepu³, Henna Nurdiansari⁴

^{1,3-4}Program Studi Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal, Politeknik Pelayaran Surabaya

²Program Studi Teknologi Rekayasa Operasi Kapal, Politeknik Pelayaran Surabaya

*Penulis Korespondensi: diana.alia@polteknik-sby.ac.id

Abstract. Renewable energy sources are energy sources formed through continuous processes, making their availability abundant and inexhaustible. Examples of renewable energy sources include solar energy, biomass energy, wind energy, hydropower, geothermal energy, wave energy, and others. The purpose of this study is to evaluate the efficiency and the ideal design of a Vertical Axis Wind Turbine (VAWT) as a sustainable alternative energy source. In addition, energy storage technology through renewable energy-based battery charging systems has also become an important focus, such as battery charging systems using solar panels that can be adapted to wind turbines. With the increasing demand for energy and the negative consequences of fossil fuel usage, there is a growing interest in finding more environmentally friendly renewable energy sources. Tests conducted in two different regions showed varying results, which were influenced by the geographical location of each area. This turbine is designed using PETG (Polyethylene Terephthalate Glycol) material, which has high transparency and strong resistance to chemicals. Based on the test results, the experiment in Nganjuk generated 13.2 Wh of power, while in Surabaya it generated 9.9 Wh. The spiral design allows the turbine to capture wind from multiple directions and reduce wasted wind flow, thereby maximizing the turbine's ability to rotate the generator rotor.

Keywords: Design Turbine; Renewable Energy; Solar Energy; VAWT; Wind Turbine

Abstrak. Sumber energi terbarukan adalah sumber energi yang proses pembentukannya terjadi secara berkelanjutan sehingga ketersediaannya melimpah dan tidak pernah habis. Contoh-contoh sumber energi terbarukan adalah energi matahari, energi dari biomassa, energi angin, gravitasi air, energi panas bumi, energi gelombang dan lain-lain. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi efisiensi dan desain bentuk ideal dari turbin angin bersumbu vertikal atau Vertical Axis Wind Turbine (VAWT) sebagai sumber energi alternatif yang berkelanjutan. Selain itu, teknologi penyimpanan energi melalui sistem pengisian baterai berbasis energi terbarukan juga menjadi fokus penting, misalnya pada sistem *battery charging* menggunakan panel surya yang dapat diadaptasi pada turbin angin. Dengan meningkatnya kebutuhan energi dan konsekuensi negatif penggunaan energi fosil, muncul keinginan untuk mencari sumber energi terbarukan yang lebih ramah lingkungan. Pengujian yang telah dilakukan di dua wilayah berbeda menunjukkan hasil yang berbeda pula, hal ini dipengaruhi oleh letak geografis suatu wilayah. Turbin ini didesain menggunakan material PETG (*Polyethylene Terephthalate Glycol*) Filamen PETG memiliki tingkat transparansi yang tinggi dan ketahanan yang baik terhadap bahan kimia. Berdasarkan hasil dari pengujian yang dilakukan, pengujian di wilayah Nganjuk mampu menghasilkan daya 13,2 w/h dan 9.9 w/h di wilayah Surabaya. Desain spiral memudahkan turbin dalam menangkap angin dari berbagai arah dan mengurangi terbuangnya angin yang lewat sehingga mampu memaksimalkan turbin untuk memutar rotor pada generator.

Kata Kunci: Desain Turbin; Energi Surya; Energi Terbarukan; VAWT; Wind Turbine

1. PENDAHULUAN

Pemanasan global dan perubahan iklim akibat penggunaan energi fosil telah memicu dampak yang nyata yang mana ketersediaannya sangatlah terbatas dan terus menerus mengalami penipisan. Energi fosil, seperti minyak bumi, gas alam, dan batu bara, yang selama ini menjadi sumber utama dalam pemenuhan kebutuhan energi global, memiliki keterbatasan jumlah dan ketersediaan (Harianto & Karjadi, 2024; Oktiarifadah et al., 2024). Kebutuhan yang semakin meningkat berbanding terbalik dengan cadangan dan produksi nasional yang semakin berkurang (Setyono & Kiono, 2021). Indonesia sangat kaya akan

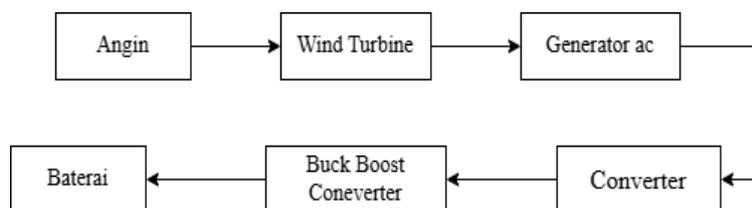
sumber-sumber energi terbarukan baik itu dari panas bumi, sinar matahari, air, angin dan lain-lain (Valentino et al, 2022; Fitriani et al., 2024; Lathifah & Y, 2023).

Angin adalah udara yang bergerak, pengertian ini menunjukkan bahwa dalam angin ada sejumlah aliran udara yang besar diakibatkan oleh rotasi bumi dan juga karena adanya perbedaan tekanan udara disekitarnya. Angin bergerak dari tempat bertekanan udara tinggi ke tempat bertekanan udara rendah. Jika udara dipanaskan, udara akan mengalami pemuaian sehingga menjadi lebih ringan dan naik kepermukaan bumi (Marpaung, 2016; Silla et al., 2022; Ummah, 2019).

Salah satu bentuk teknologi alternatif adalah turbin angin. Turbin angin merupakan suatu alat yang dapat digunakan untuk mengubah energi kecepatan angin menjadi energi mekanik dan berfungsi sebagai generator (Lathifah et al., 2023). Energi angin merupakan energy alternative yang mempunyai prospek baik karena selalu tersedia di alam, dan merupakan sumber energy yang bersih dan terbarukan kembali (Yunginger & Sune, 2022; Rosato et al., 2024). Dalam penerapannya, berbagai penelitian telah dilakukan untuk meningkatkan efisiensi sistem konversi energi angin, seperti melalui pengembangan turbin Savonius dengan modifikasi bilah, penggunaan konverter daya, serta integrasi dengan panel surya untuk hybrid system (Achmad & Nugraha, 2022; Chalimah et al., 2024; Fadilah et al., 2024; Mustopa et al., 2022). Turbin angin jenis horizontal (*Horizontal Axis Wind Turbine*) lebih banyak digunakan dan dikembangkan saat ini dibandingkan dengan turbin angin jenis vertikal (*Vertical Axis Wind Turbine*). Akan tetapi turbin vertikal memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan turbin angin horizontal, yaitu dapat bergerak tanpa tergantung arah angin (Masykur et al., 2021; Latifah et al., 2024). Selain itu, teknologi penyimpanan energi melalui sistem pengisian baterai berbasis energi terbarukan juga menjadi fokus penting, misalnya pada sistem *battery charging* menggunakan panel surya yang dapat diadaptasi pada turbin angin (Firdausi, 2020).

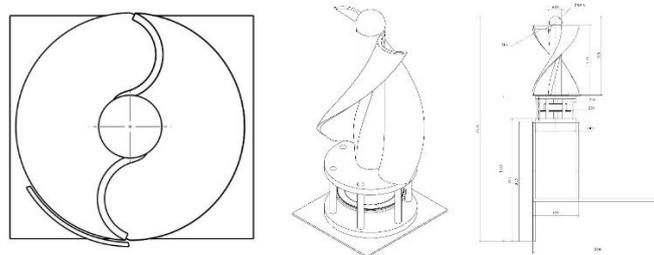
2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental. Penulis menganggap metode ini sangat cocok karena penelitian ini melakukan pengembangan sebuah alat dan melakukan penelitian berupa eksperimen untuk menguji efektivitas suatu alat (*prototype*).



Gambar 1. Simulasi Sistem.

Desain turbin yang akan dibuat dengan spesifikasi tinggi 74 cm terhitung dari ujung bawah hingga ujung atas turbin, dengan jumlah 2 bilah turbin berbentuk spiral dengan masing-masing bilah berukuran lebar 12 cm dan tinggi bilah 49,5 cm. Kaki turbin dibuat dengan diameter 18 cm sebagai rumah untuk generator berputar. Total tinggi turbin 159 cm jika diukur dari ujung kaki rangka. Bentuk ini mampu memberikan gaya hambat yang berbeda pada setiap sisi dan tidak memiliki titik buta karena setiap sisi bilah memiliki cekungan di atas dan di bawah sehingga setiap sisi mampu menangkap hembusan angin saat turbin berputar. Turbin ini didesain menggunakan *3D Printing* (pencetakan tiga dimensi) dengan material PETG (*Polyethylene Terephthalate Glycol*) Filamen PETG memiliki tingkat transparansi yang tinggi dan ketahanan yang baik terhadap bahan kimia. PETG merupakan salah satu polimer yang paling banyak digunakan saat ini karena mengalami modifikasi dengan penambahan glikol selama proses polimerisasi, menghasilkan material yang lebih jernih, tidak mudah rapuh, dan lebih mudah diproses. Salah satu karakteristik penting PETG adalah suhu transisi gelas (*glass transition temperature*) sebesar 88°C (190°F). Selain itu, PETG memiliki beberapa keunggulan, seperti, Aman untuk produk makanan, Mudah disterilkan, Tahan terhadap bahan kimia. Karena sifatsifat unggul tersebut, PETG banyak digunakan di berbagai industri untuk pembuatan mainan anak-anak, peralatan rumah tangga, casing perangkat elektronik, wadah kosmetik, kemasan makanan & minuman, wadah obat (As'ad et al., 2025). Berikut desain turbin savonius.



Gambar 2. Desain *Wind Turbine*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyajian data dilengkapi dengan ilustrasi visual seperti tabel dan grafik agar memudahkan identifikasi tren, anomali, dan sejumlah indikator performa kunci. Pengujian turbin dilakukan menggunakan angin alami atau blower untuk mendapat kecepatan angin yang stabil untuk dapat memutar baling-baling turbin dengan baik agar dapat menghasilkan tegangan yang relative stabil untuk pengisian baterai. Tegangan yang diperlukan untuk pengisian baterai adalah diatas 13 VDC.



Gambar 3. Pengujian Turbin.

Berdasarkan data variasi kecepatan angin dengan jenis turbin vertikal hasil pengambilan data menggunakan multimeter digital tegangan yang dihasilkan turbin menghasilkan keluaran tegangan sebesar 17 volt dengan arus 3.6 mA. Set poin diatur pada 17 volt agar tegangan mampu mengisi baterai dengan baik dan memenuhi syarat untuk pengisian baterai dengan minimal tegangan 13,6 volt.



(a)

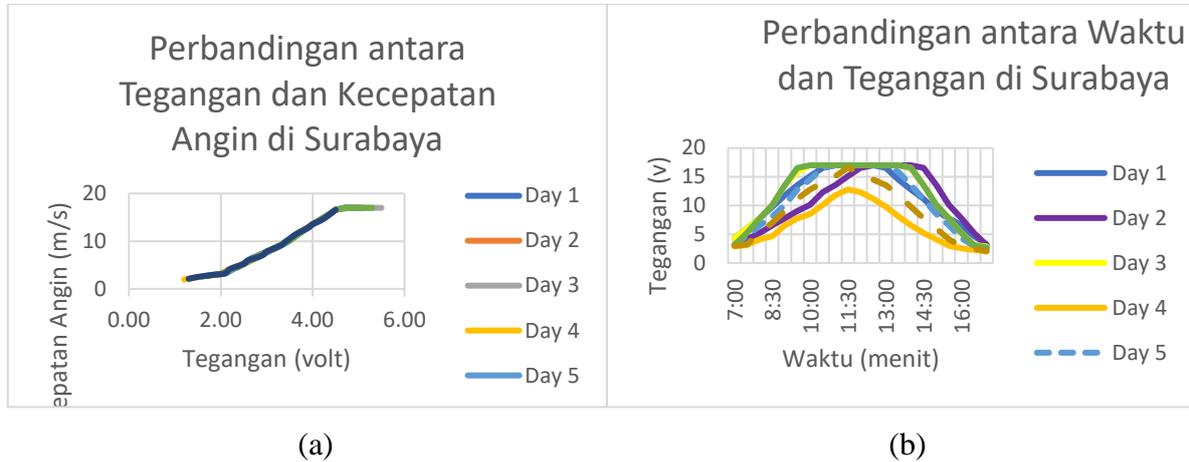


(b)

Gambar 4. Output (a) Arus dan (b) Tegangan.

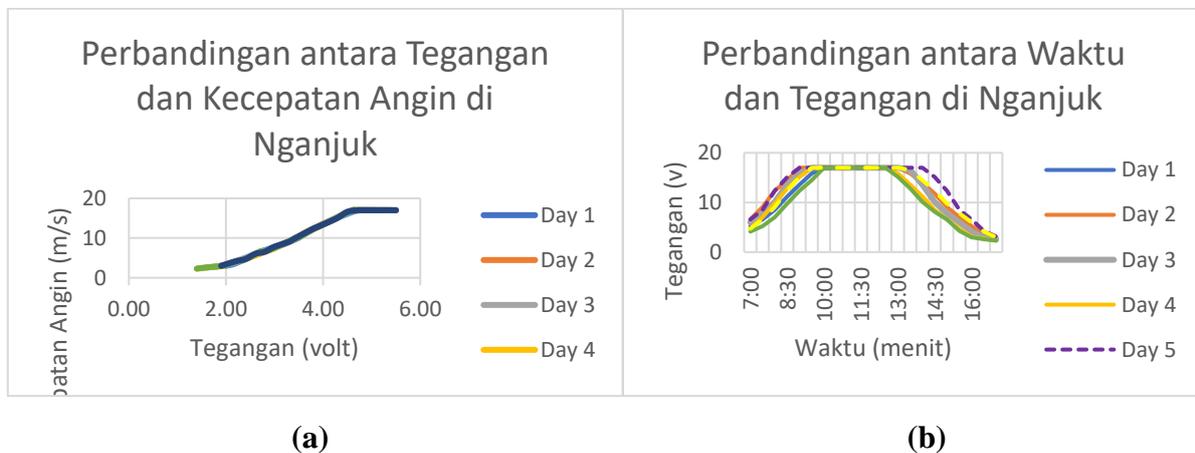
Pembahasan

Berikut Grafik pengujian data dilakukan di wilayah Surabaya dan Nganjuk dengan durasi waktu dari pukul 07.00 pagi sampai 17.00 sore dan interval waktu 30 menit menggunakan multimeter digital serta data yang diambil adalah tegangan, arus dan daya ketika turbin berputar serta mengukur kecepatan angin dengan anemometer digital.



Gambar 5. Output (a) Kecepatan (b) Waktu dan Tegangan di Surabaya.

Pengujian yang dilakukan di wilayah Surabaya menunjukkan hasil berupa rata-rata kecepatan angin sebesar 3,47 m/s dengan kecepatan tertinggi mencapai 5 - 5,5 m/s dan menghasilkan rata-rata tegangan 10,4 volt.



Gambar 6. Output (a) Kecepatan (b) Waktu dan Tegangan di Nganjuk.

Pengujian yang dilakukan di wilayah Surabaya menunjukkan hasil berupa rata-rata kecepatan angin sebesar 3,87 m/s dengan kecepatan tertinggi mencapai 5 - 5,5 m/s dan menghasilkan rata-rata tegangan 12 volt.

Berdasarkan gambar 5 dan gambar 6 yang tersedia di atas kecepatan angin relatif sama hanya selisih 0,5 m/s namun angin di wilayah Nganjuk cenderung stabil sehingga output yang dihasilkan (tegangan, arus dan daya) lebih besar dibandingkan wilayah Surabaya. Kecepatan

angin berbanding lurus dengan daya rotor atau yang dihasilkan, dimana angin yang berhembus menciptakan gaya dorong pada bilah turbin yang dihubungkan dengan *shaft* rotor sehingga menciptakan gaya kinetik yang menimbulkan induksi magnetik pada generator. Semakin cepat angin yang mendorong turbin untuk memutar rotor dalam generator semakin besar pula tegangan yang dihasilkan namun kestabilan angin juga diperlukan disini. Namun kecepatan angin yang rendah dan stabil juga mampu menghasilkan tegangan yang besar diikuti arus yang cukup besar. Turbin jenis ini cocok untuk daerah dengan kecepatan angin yang tidak terlalu kencang atau rendah.

Tabel 1. Perbandingan Daya Rata-Rata.

Hari	Nganjuk	Surabaya
	Daya (W)	Daya (W)
Hari ke-1	1.26	1.05
Hari ke-2	1.44	1.01
Hari ke-3	1.3	1.37
Hari ke-4	1.21	0.44
Hari ke-5	1.64	1.04
Hari ke-6	1.02	1.29
Hari ke-7	1.35	0.71
Rata-Rata	1.32	0.99

Perbandingan hasil pengujian di wilayah Nganjuk dan Surabaya didapati perbedaan yang cukup signifikan. Daya yang dihasilkan di wilayah Nganjuk lebih besar dari pada di wilayah surabaya dengan selisih 0.33 w/m atau jika diubah menjadi daya per jam (w/h) yaitu dikalikan dengan waktu selama pengujian yaitu 10 jam produk ini mampu menghasilkan 13.2 w/h untuk wilayah Nganjuk dan 9.9 w/h untuk wilayah Surabaya. Kecepatan angin sangat berpengaruh terhadap putaran rotor sehingga *output* yang mampu dihasilkan turbin berbanding lurus dengan tegangan yang mempengaruhi besarnya arus dan daya.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis data terhadap model turbin angin sumbu vertikal (VAWT) yang telah dilakukan di dua lokasi berbeda, yaitu Surabaya dan Nganjuk, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut yaitu model turbin dengan dua bilah spiral berbentuk cekung dengan desain spesifik (lebar 12 cm dan tinggi 49,5) dan tinggi total 159 cm dirancang untuk menangkap angin dari berbagai arah secara efektif. Sudut ini tidak hanya mengarahkan aliran angin, tetapi juga menciptakan gaya dorong tangensial yang lebih

besar. Gaya ini tidak mendorong lurus ke belakang, melainkan mendorong bilah untuk berputar mengelilingi poros. Artinya, angin tidak hanya menabrak bilah, tetapi juga dipaksa untuk mengalir sepanjang cekungan tersebut, memberikan dorongan memutar yang lebih efisien. Disinilah momentum angular bekerja, dimana Gerakan angin yang lurus berhembus yang mendorong turbin untuk memutar rotor sehingga gaya kinetik pada generator memicu medan magnet dan menghasilkan listrik.

Selain itu dengan perancangan arsitektur turbin yang telah diuraikan, mampu menghasilkan energi listrik harian rata-rata dalam rentang 9.9 Wh hingga 13.2 Wh, tergantung pada karakteristik angin spesifik di lokasi pemasangan. Perbedaan energi yang dihasilkan antara Nganjuk dan Surabaya secara jelas mengindikasikan bahwa ketersediaan dan intensitas sumber daya angin di lokasi memainkan peran signifikan dalam menentukan output daya dan total energi yang mampu dihasilkan oleh turbin ini. Data ini memberikan gambaran langsung mengenai potensi kontribusi energi dari prototipe di lingkungan nyata, sekaligus menegaskan pentingnya pemilihan lokasi yang tepat untuk optimalisasi kinerja.

DAFTAR PUSTAKA

- Hariato, B., & Karjadi, M. (2024). *Pengembangan turbin angin skala kecil untuk energi terbarukan untuk daerah terpencil*. *Ranah Research Journal*, 7(1), 468–470. <https://doi.org/10.38035/rrj.v7i1>
- etyono, A. E., & Kiono, B. F. T. (2021). *Dari energi fosil menuju energi terbarukan: Potret kondisi minyak dan gas bumi Indonesia tahun 2020–2050*. *Jurnal Energi Baru & Terbarukan*, 2(3), 154–162. <https://doi.org/10.14710/jebt.2021.11157>
- Valentino, V., Yusuf, M. I., & Hiendro, A. (2022). *Rancang bangun turbin angin Savonius untuk penerangan penerangan di Desa Temajuk Kecamatan Paloh Kabupaten Sambas*. *Universitas Tanjungpura*.
- Marpaung, E. E. T. (2016). *Potensi energi panas bumi, angin, dan biomassa menjadi energi listrik di Indonesia*. *Jurnal Teknologi Elektro Universitas Mercu Buana*, 7(3), 234–242.
- Silla, I. O., Sanusi, A., & Pell, Y. M. (2022). *Analisis kinerja turbin Savonius sebagai sumber energi alternatif*. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 7(1), 64–65. Universitas Nusa Cendana. <https://doi.org/10.35508/fisa.v7i1.3811>
- Lathifah, H., Sudarti, & Yushardi. (2023). *Analisis potensi pemanfaatan energi angin sebagai sumber energi listrik di Indonesia*. *Jurnal Pendidikan, Sains dan Teknologi (JPST)*, 2(4), 1005–1009. <http://jurnal.minartis.com/index.php/jpst>.

- Yunginger, R., & Sune, N. N. (2022). *Analisis energi angin sebagai energi alternatif pembangkit listrik di Kota Gorontalo. Universitas Negeri Gorontalo.*
- Masykur, Kurniadi, A., Saputra, M., & Murhaban. (2021). *Studi numerik pengaruh sudut kemiringan sudu terhadap performa turbin angin vertikal tipe Savonius. Jurnal Mekanova*, 7(1), 25–26. Universitas Teuku Umar. <https://doi.org/10.35308/jmkn.v7i1.3634>
- As'ad, M. R., Ivanto, M., & Taufiqurrahman, M. (2025). *Analisa parameter printing speed, bed temperature, dan infill density dalam proses cetak 3D printing terhadap kekuatan impak filamen berbahan PETG menggunakan metode Taguchi. Jurnal Teknologi Rekayasa Teknik Mesin (JTRAIN)*, 6(2), 11–18. Universitas Tanjungpura.
- Achmad, I. and Nugraha, A.T. (2022) *Implementasi Buck-Boost Converter pada Hybrid Turbin Angin Savonius dan Panel Surya, Journal of Computer Electronic and Telecommunications*, 3(2). Available at: <https://doi.org/10.52435/complete.v3i2.192>.
- Halimah, S. *et al.* (2024) *EFISIENSI DAYA GENERATOR*, pp. 78–85.
- Fadilah, H., Soetanto, M.F. and Kunci, K. (2024) *Pengembangan Turbin Angin Jenis Savonius dengan Bilah Kombinasi Profil Lurus dan Sudut Potong Bilah*, pp. 24–25. Achmad, I. and Nugraha, A.T. (2022) *Implementasi Buck-Boost Converter pada Hybrid Turbin Angin Savonius dan Panel Surya, Journal of Computer Electronic and Telecommunications*, 3(2). Available at: <https://doi.org/10.52435/complete.v3i2.192>.
- Firdausi, N.I. (2020) *BATTERY CHARGING SYSTEM IN AUTOMATE GUIDED VEHICLE USING SOLAR PANEL*, *Kaos GL Dergisi*, 8(75), pp. 147–154. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2020.125798%0A>
<https://doi.org/10.1016/j.smr.2020.02.002%0A>
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/810049%0A>
<http://doi.wiley.com/10.1002/anie.197505391%0A>
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780857090409500205%0A>
- Fitriani, E. *et al.* (2024) *Edukasi Pengenalan Konservasi Energi dan Sumber Energi Baru Terbarukan pada Siswa SD Negeri 111 Palembang, Jurnal Pengabdian Masyarakat Inovasi Indonesia*, 2(1), pp. 13–18. Available at: <https://doi.org/10.54082/jpmii.308>.
- Hessy Oktiarifadah, Charisa Dwi Santika and Fathia Ariandini Zuhlhan (2024) *Tinjauan Hukum Dan Implikasi Atas Investasi Asing Pada Proyek Energi Baru Terbarukan (Ebt) Di Indonesia, Padjadjaran Law Review*, 12(1), pp. 46–59. Available at: <https://doi.org/10.56895/plr.v12i1.1647>.

- Lathifah, H., . S. and . Y. (2023) *Analisis Potensi Pemanfaatan Energi Angin Sebagai Sumber Energi Listrik Di Indonesia*, *Jurnal Pendidikan, Sains Dan Teknologi*, 2(4), pp. 1005–1009. Available at: <https://doi.org/10.47233/jpst.v2i4.1330>.
- Latifah, W. *et al.* (2024) *Rancang Bangun Kontrol Charger Station Dengan Panel Surya Berbasis Mikrokontroler Semakin meningkatnya kebutuhan akan energi dan semakin menipisnya cadangan bumi memaksa manusia mencari sumber- sumber energi alternatif . Negara-negara maju bersaing untuk* , 2(1).
- Mustopa, S., Furqon, G.R. and Sidiq, A. (2022) *Pengaplikasian Generator Untuk Turbin Angin Savonius Sebagai Pembangkit Listrik Median Penerangan Jalan*, *PhD Thesis. Universitas Islam Kalimantan MAB*. [Preprint].
- Rosato, A., Perrotta, A. and Maffei, L. (2024) *Commercial Small-Scale Horizontal and Vertical Wind Turbines: A Comprehensive Review of Geometry, Materials, Costs and Performance*, *Energies* , 17(13), pp. 1–43. Available at: <https://doi.org/10.3390/en17133125>. Diakses pada 8 November 2024
- Ummah, M.S. (2019) *WIND ENERGY EXPLAINED, Sustainability (Switzerland)*. Available at: <http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0A>
<http://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0A>
<https://www.researchgate.net/publication/305320484> SISTEM PEMBETUNGAN TE RPUSAT STRATEGI MELESTARI