

Pengaruh Variasi Diameter Kawat pada Stator Generator terhadap Daya yang Dihasilkan oleh Turbin Air *Vortex*

Arenta Wahyu Ardiansyah¹, Danar Susilo Wijayanto¹

¹Jurusan Pendidikan Teknik Mesin, Universitas Sebelas Maret, Indonesia

Email : arentaptmuns@gmail.com (A.W.A), danarsw@staff.uns.ac.id (D.S.W)

Abstrak : Energi telah menjadi kebutuhan mendasar manusia, terutama energi listrik. Umumnya, energi listrik bergantung pada bahan bakar fosil. Menipisnya persediaan energi fosil, mendorong pemanfaatan energi terbarukan seperti air sebagai sumber energi alternatif. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) menghasilkan energi listrik dari aliran air melalui turbin, salah satunya turbin air *vortex*. Turbin ini termasuk jenis turbin mikrohidro yang mampu beroperasi pada *head* rendah. Komponen utama penghasil listrik pada turbin yaitu generator, dengan parameter berupa tegangan dan arus listrik. Penelitian ini memodifikasi diameter kawat stator pada generator untuk meningkatkan daya keluaran. Tujuan penelitian adalah mengetahui pengaruh diameter kawat stator terhadap daya dan efisiensi sistem pada turbin air *vortex*. Metode yang digunakan adalah eksperimen skala laboratorium dengan generator magnet permanen hasil konversi dinamo mesin cuci *top loading*. Variasi diameter kawat yang digunakan adalah 0,25 mm, 0,35 mm, dan 0,45 mm, serta variasi debit air 1,5 l/d, 2 l/d, 2,75 l/d, 3,17 l/d, dan 3,33 l/d. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan diameter kawat dan debit air berpengaruh terhadap peningkatan daya dan efisiensi sistem. Nilai tertinggi dicapai pada diameter kawat 0,45 mm dengan daya 1,115 Watt dan efisiensi 12,64% pada debit air 3,33 l/d.

Kata Kunci : Turbin Air Vortex, Generator Magnet Permanen, Diameter Kawat, Daya Listrik

Abstract : Energy has become a fundamental necessity for human life, particularly electrical energy, which generally relies on fossil fuels. The depletion of fossil fuel reserves has encouraged the utilization of renewable energy sources such as water as an alternative energy solution. Hydroelectric Power Plants (PLTA) generate electricity by harnessing the flow of water through turbines, one of which is the vortex water turbine. This type of turbine belongs to the micro-hydro category and is capable of operating under low head conditions. The main component that produces electricity in the turbine is the generator, with output parameters in the form of voltage and electric current. This study focuses on modifying the stator wire diameter of the generator to improve power output. The objective is to determine the effect of stator wire diameter on the power and system efficiency of the vortex water turbine. The research method used is an experimental laboratory-scale setup with a permanent magnet generator converted from a top-loading washing machine dynamo. The wire diameter variations used are

Jurnal Energi Baru & Terbarukan, 2025, Vol. 6, No. 2, pp 1 – 8

Received : 12 Juli 2025

Accepted : 26 Agustus 2025

Published : 1 Oktober 2025



Copyright: © 2022 by the authors. [Jurnal Energi Baru dan Terbarukan](#) (p-ISSN: 2809-5456 and e-ISSN: 2722-6719) published by Master Program of Energy, School of Postgraduate Studies. This article is an open access article distributed under the terms and condition of the [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](#) (CC BY-SA 4.0).

0.25 mm, 0.35 mm, and 0.45 mm, with water flow rates of 1.5 l/s, 2 l/s, 2.75 l/s, 3.17 l/s, and 3.33 l/s. The results indicate that increasing the stator wire diameter and water discharge significantly affects the power output and system efficiency. The highest performance was achieved using a 0.45 mm wire diameter, producing 1.115 Watts of power and 12.64% system efficiency at a flow rate of 3.33 l/s.

Keywords : *Vortex Water Turbine, Permanent Magnet Generator, Wire Diameter, Electrical Power*

1. Pendahuluan

Energi sudah menjadi kebutuhan mendasar bagi masyarakat diberbagai penjuru negara, termasuk Indonesia. Salah satu energi yang sangat penting untuk kebutuhan masyarakat dan menjadi sumber daya yang esensial untuk mendukung berbagai aktivitas yaitu energi listrik (Riani et al., 2022). Di Indonesia tercatat penggunaan energi listrik perkapita terus meningkat sejak tahun 2017, pada realisasi periode 2023 mencapai 1.285 kWh/kapita yang meningkat mencapai 9,54% dari tahun 2022 sebesar 1.173 kWh/kapita (ESDM, 2024a). Kenaikan tersebut menunjukkan penggunaan energi listrik sangat tinggi untuk mendorong transformasi diberbagai sektor, termasuk industri, pendidikan, kesehatan, dan energi, dengan fokus pada integrasi teknologi untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas. Namun di samping itu, dengan meningkatnya penggunaan energi listrik oleh masyarakat timbul adanya tantangan terkait dengan keberlanjutan pasokan energi dan dampaknya terhadap lingkungan (Ehigiamusoe et al., 2023).

Pembangkit tenaga listrik di Indonesia masih sangat bergantung pada bahan bakar fosil, seperti batu bara, gas, dan minyak. Berdasarkan data, pada tahun 2023 persentase bauran energi terbesar didominasi batubara sebesar 40,46%, minyak bumi sebesar 30,18%, gas bumi sebesar 16,28%, dan energi baru terbarukan (EBT) yang mencapai 13,09% (ESDM, 2024b). Ketergantungan pada bahan bakar fosil tersebut sangat rentan terhadap kekurangan pasokan, karena sifatnya yang tak terbarukan menyebabkan pasokan bisa habis atau terbatas dipasaran. Oleh karena itu, pemanfaatan sumber energi alternatif yang terbarukan sangat penting untuk mengurangi ketergantungan dari bahan bakar fosil. Pemanfaatan energi alternatif terbarukan perlu menjadi fokus utama pemerintah Indonesia, tidak hanya untuk mengurangi ketergantungan pada penggunaan energi fosil tetapi juga untuk menciptakan energi yang bersih dan ramah lingkungan (Azhar & Satriawan, 2018). Langkah yang tepat untuk Indonesia agar tidak selalu bergantung pada energi tak terbarukan dengan mulai memanfaatkan energi baru terbarukan yang dimilikinya (Solikah & Bramastia, 2024).

Energi baru terbarukan di Indonesia memiliki potensi yang cukup besar, terdiri dari air, bioenergi, panas bumi, sinar surya, dan angin yang sangat melimpah. Hal ini dapat menjadi pendorong pemerintah untuk memperkecil penggunaan energi fosil dengan beralih memanfaatkan energi baru terbarukan (Christensen et al., 2022). Total potensi energi baru terbarukan yang dapat digunakan sebagai pembangkit listrik di Indonesia sebesar 443.208 MW, namun masih sangat kurang dimanfaatkan dengan baik (UNESCAP, 2019). Indonesia masih perlu meningkatkan pemanfaatan potensi energi baru terbarukan dengan maksimal. Salah satu energi baru terbarukan yang sudah banyak dimanfaatkan untuk pembangkit listrik yaitu berupa energi air. Air merupakan sumber daya alam dengan jumlah yang tak terbatas. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) telah menjadi sumber energi yang handal dan ramah lingkungan, dengan kontribusi sebesar 66% dari total kapasitas 7 GW pembangkit listrik berbasis energi baru terbarukan (Tampubolon & Adiatma, 2019).

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dapat menghasilkan energi listrik dengan memanfaatkan aliran air melalui alat berupa turbin air. Turbin air menjadi komponen utama pada PLTA. Turbin ini berfungsi untuk mengonversi energi dari sumber energi primer menjadi energi gerak atau energi mekanik (Suripto, 2017). Turbin *vortex* merupakan jenis turbin *microhydro* yang memanfaatkan aliran pusaran air untuk menggerakkan sudu – sudunya. Turbin *vortex* mampu beroperasi menghasilkan energi pada *head* rendah, antara 0,7m hingga 3m dengan aliran debit 50 L/s (Mohanam M, 2016). Turbin ini sangat sesuai untuk dimanfaatkan pada aliran sungai, karena umumnya sungai memiliki ketinggian *head* yang rendah. Sistem kerja dari turbin *vortex* dengan memanfaatkan aliran air yang menuju ke basin untuk menghasilkan pusaran air agar sudu turbin dapat berputar menghasilkan energi mekanik, lalu diteruskan melalui *pulley* dan *belt* ke generator dikonversi menjadi energi listrik (Mayapada et al., 2022).

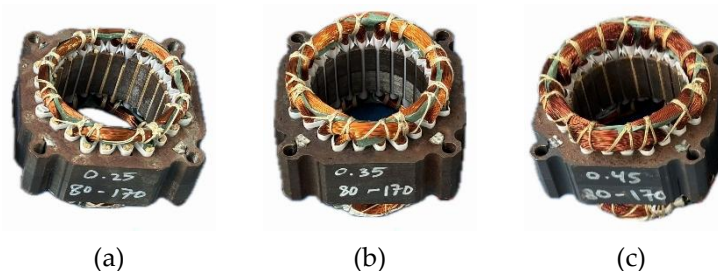
Turbin membutuhkan sebuah generator untuk menghasilkan energi listrik. Generator merupakan salah satu komponen dari turbin yang berperan sebagai penggerak, dengan memanfaatkan transmisi untuk menghasilkan energi listrik (Ariprasetya & Adiwibowo, 2018). Generator yang berputar akan menghasilkan parameter berupa tegangan dan arus. Untuk memastikan tegangan dan arus yang dihasilkan optimal, pemilihan generator harus diperhatikan dengan cermat agar energi yang ditransmisikan dari turbin tidak terbuang percuma. Beberapa faktor yang memengaruhi kapasitas daya generator meliputi kekuatan fluks magnet, jumlah kumparan dan lilitannya, jumlah magnet, serta ukuran diameter kawat (Nahkoda & Saleh, 2015). Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan daya generator agar lebih optimal dengan memodifikasi ukuran diameter kawat stator generator.

Hasil penelitian sebelumnya menyatakan bahwa hasil dari diameter kawat yang semakin besar pada generator akan semakin besar pula daya yang dihasilkan (Ulum, 2018). Mengacu pada penelitian sebelumnya, penelitian ini melakukan pengujian untuk mempelajari tentang daya dan efisiensi sistem turbin air *vortex* dengan menggunakan variasi diameter kawat stator generator.

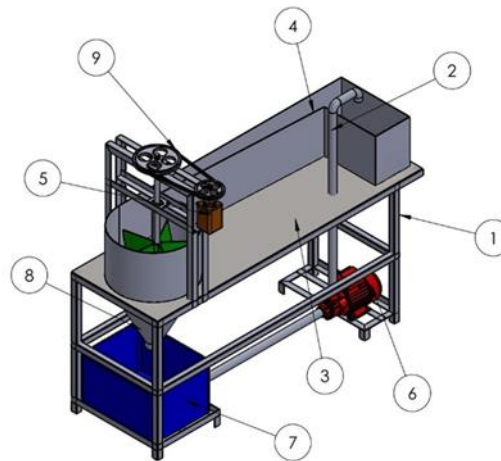
2. Metode Penelitian

Penelitian ini termasuk dalam jenis penelitian eksperimen yang dilaksanakan dalam skala laboratorium. Penelitian bertujuan untuk mengamati secara langsung pengaruh variasi diameter kawat pada stator generator terhadap daya listrik dan efisiensi sistem yang dihasilkan oleh turbin air *vortex*.

Rangkaian kegiatan penelitian diawali dengan proses perancangan dan perakitan *prototype* turbin air *vortex*. Selanjutnya, dilakukan persiapan alat ukur dan perlengkapan pengujian, diikuti oleh proses pengumpulan data melalui pengukuran, serta tahap akhir berupa analisis terhadap data yang telah dikumpulkan. Generator dalam sistem diuji dengan tiga variasi diameter kawat stator, yaitu 0,25 mm, 0,35 mm, dan 0,45 mm. Pada setiap konfigurasi diameter, sistem diuji menggunakan aliran debit air tertentu dan data yang diperoleh mencakup arus, tegangan, serta kecepatan putaran rotor.



Gambar 1. (a) Diameter kawat 0,25 mm, (b) Diameter kawat 0,35 mm, (c) Diameter kawat 0,45 mm



Gambar 2. *Prototype Turbin Air Vortex*

keterangan:

1. Rangka : Pondasi komponen turbin air *vortex*.
2. Pipa : Jalur fluida air dari bak penampung menuju lintasan air.
3. Bed : Penopang pada jalur lintasan air.
4. Lintasan air : Jalur fluida air mengalir menuju basin.
5. Generator : Mengkonversi energi mekanik menjadi energi listrik.
6. Pompa : Menyalurkan fluida air dari bak penampung menuju pipa.
7. Bak : Wadah menampung fluida air.
8. Basin : Pembentuk pusaran *vortex*.
9. Pulley : Perangkat transmisi daya dari poros menuju generator.

Langkah – langkah pengujian sebagai berikut:

1. Mempersiapkan alat ukur yang dibutuhkan.
2. Mempersiapkan *prototype* turbin air *vortex* dan generator yang telah dimodifikasi jumlah lilitannya.
3. Menghubungkan sensor *flowmeter* berbasis *arduino* dengan pipa air.
4. Memasang generator yang akan diuji.
5. Menghubungkan multimeter pada generator permanen magnet dan beban lampu.
6. Menyalakan pompa air dan mengatur bukaan keran *bypass* sesuai debit air yang akan diuji.
7. Mengukur tegangan, arus, kecepatan putaran poros turbin, dan rotor generator.
8. Pengujian dilakukan selama 5 menit pada setiap variasi jumlah lilitan dan debit air.

Data yang diperoleh kemudian dianalisis dengan teknik deskriptif kuantitatif menggunakan metode komparatif, yaitu dengan cara mengamati secara langsung pada saat penelitian dan menggunakan alat ukur untuk mengetahui hasil pengukurannya. Data hasil penelitian tersebut kemudian dikonversikan dalam bentuk tabel dan grafik sehingga mudah untuk dianalisis dan ditarik kesimpulannya.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Pengukuran Kecepatan Putaran Poros

Pada tabel 1 menunjukkan hasil pengukuran kecepatan putaran pada poros turbin dan poros generator terhadap variasi debit air dan diameter kawat pada stator generator turbin air *vortex*.

Tabel 1.

Kecepatan Putaran Poros

Debit (l/d)	Kawat Ø0,25 mm		Kawat Ø0,35 mm		Kawat Ø0,45 mm	
	Turbin	Generator	Turbin	Generator	Turbin	Generator
1,5	101,01	186,32	95,52	175,73	94,34	175,72
2	127,45	227,03	116,79	214,54	117,66	216,85
2,75	150,03	274,79	135,94	248,2	129,09	234,74
3,17	155,02	283,34	142,33	259,97	135,72	247,07
3,33	157,8	288,44	147,7	269,03	141,63	257,45

Berdasarkan data pada tabel, terlihat bahwa semakin besar debit air yang digunakan, maka kecepatan putaran turbin dan generator juga mengalami peningkatan untuk setiap variasi jumlah lilitan. Hal ini menunjukkan bahwa debit air merupakan faktor yang sangat memengaruhi performa mekanik turbin.

3.2. Hasil Pengukuran Tegangan dan Arus

Pada tabel 2 menunjukkan hasil pengukuran tegangan dan arus yang dihasilkan generator terhadap variasi debit air dan diameter kawat pada stator generator turbin air *vortex*.

Tabel 2.

Tegangan dan Arus

Debit (l/d)	Kawat Ø0,25 mm		Kawat Ø0,35 mm		Kawat Ø0,45 mm	
	V	I	V	I	V	I
1,5	7,59	0,024	7,84	0,033	7,77	0,035
2	8,64	0,046	8,96	0,060	9,00	0,070
2,75	9,30	0,065	9,55	0,086	9,68	0,087
3,17	9,40	0,069	9,95	0,090	10,04	0,097
3,33	9,47	0,071	10,15	0,098	10,33	0,108

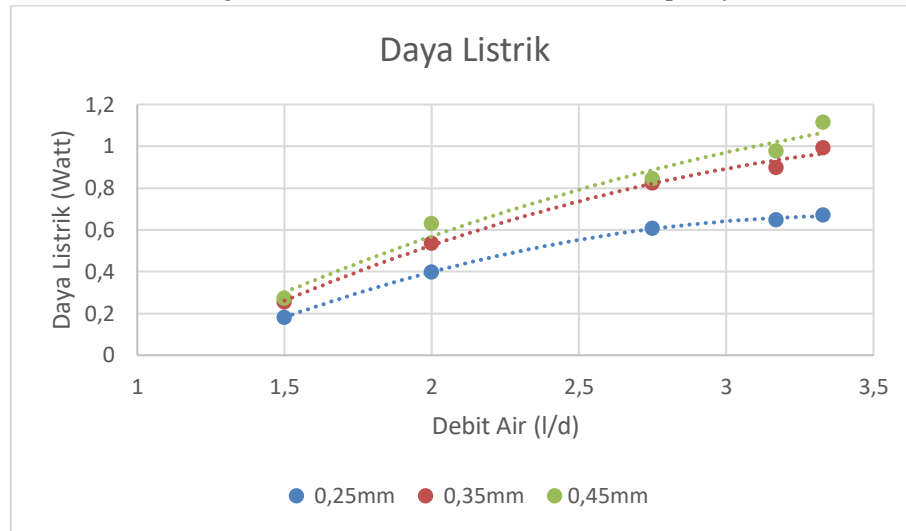
Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh generator mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya debit air dan diameter kawat pada stator generator.

3.3. Pengaruh Variasi Diameter Kawat Stator terhadap Daya Listrik pada Turbin Air *Vortex*

Penelitian ini dilakukan dengan menguji masing-masing variasi diameter kawat stator generator dengan lima variasi debit air yang berbeda untuk mengetahui daya listrik yang dihasilkan. Berdasarkan pada gambar 3 menunjukkan bahwa nilai daya listrik yang dihasilkan oleh setiap variasi diameter kawat stator memiliki nilai yang berbeda-beda. Pada diameter kawat 0,25 mm menghasilkan daya listrik tertinggi sebesar 0,671 watt. Diameter kawat 0,35 mm menghasilkan daya listrik tertinggi sebesar 0,992 watt. Diameter kawat 0,45 mm menghasilkan daya listrik tertinggi sebesar 1,115 watt. Pada penelitian ini, diameter kawat stator yang menghasilkan daya listrik tertinggi adalah diameter kawat 0,45 mm, yaitu sebesar 1,115 watt pada debit air tertinggi sebesar 3,33 l/d.

Gambar 3.

Grafik Pengaruh Diameter Kawat Stator terhadap Daya Listrik

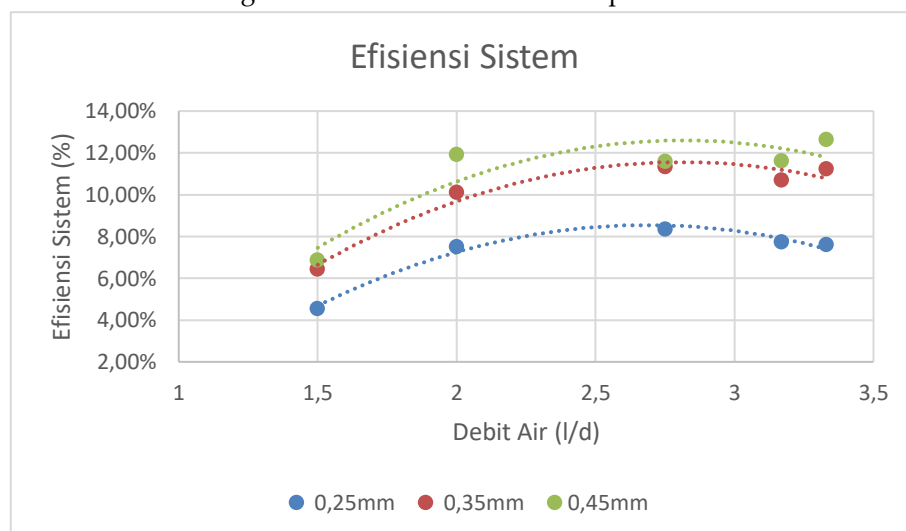


3.4. Pengaruh Variasi Diameter Kawat Stator terhadap Efisiensi Sistem pada Turbin Air Vortex

Penelitian ini dilakukan dengan menguji masing-masing variasi diameter kawat stator generator dengan lima variasi debit air yang berbeda untuk mengetahui efisiensi sistem yang dihasilkan. Berdasarkan pada gambar 4 menunjukkan bahwa nilai efisiensi sistem yang dihasilkan oleh setiap variasi diameter kawat stator memiliki nilai yang berbeda-beda. Pada diameter kawat 0,25 mm menghasilkan nilai efisiensi sistem tertinggi sebesar 8,34%. Diameter kawat 0,35 mm menghasilkan efisiensi sistem tertinggi sebesar 11,33%. Diameter kawat 0,45 mm menghasilkan efisiensi sistem tertinggi sebesar 12,64%. Pada penelitian ini, diameter kawat stator yang menghasilkan efisiensi sistem tertinggi adalah diameter kawat 0,45 mm, yaitu sebesar 12,64% pada debit air tertinggi sebesar 3,33 l/d.

Gambar 4.

Grafik Pengaruh Diameter Kawat terhadap Efisiensi Sistem



3.5. Konfigurasi Terbaik Variasi Diameter Kawat Stator dan Debit Air terhadap Daya Listrik dan Efisiensi Sistem Turbin Air Vortex

Pengujian terhadap variasi diameter kawat stator serta debit air menunjukkan bahwa kedua hal tersebut berpengaruh terhadap kinerja sistem konversi energi air menjadi energi listrik. Konfigurasi

terbaik diperoleh pada diameter kawat 0,45 mm dan debit air sebesar 3,33 l/d, dengan daya listrik tertinggi sebesar 1,115 watt dan efisiensi sistem sebesar 12,64%.

Peningkatan diameter kawat stator memiliki luas penampang yang lebih besar sehingga meningkatkan induksi elektromagnetik dan tegangan yang dihasilkan, sehingga berdampak pada peningkatan daya listrik. Di sisi lain, debit air yang lebih besar menyediakan energi potensial lebih tinggi yang diubah menjadi energi mekanik oleh turbin, lalu dikonversi menjadi energi listrik oleh generator. Oleh karena itu, kombinasi diameter kawat stator yang optimal dan debit air yang tinggi mampu menghasilkan konversi energi yang lebih efisien dan maksimal.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai pengaruh variasi diameter kawat pada stator generator terhadap daya yang dihasilkan oleh turbin air *vortex* dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa diameter kawat statot berpengaruh terhadap besarnya daya listrik yang dihasilkan oleh generator turbin air *vortex*. Variasi diameter kawat sebesar 0,45 mm menghasilkan daya listrik tertinggi dibandingkan dengan variasi diameter kawat 0,25 mm dan 0,35 mm. Daya listrik maksimum yang dihasilkan sebesar 1,115 watt, diperoleh pada debit air tertinggi yaitu 3,33 l/d.
2. Selain itu, efisiensi sistem juga menunjukkan peningkatan seiring bertambah besarnya diameter kawat dan debit air yang digunakan. Efisiensi tertinggi sebesar 12,64% dicapai pada konfigurasi diameter kawat 0,45 mm dengan debit air 3,33 l/d.
3. Konfigurasi diameter kawat dan debit air paling baik dalam penelitian ini diperoleh pada diameter kawat 0,45 mm dan debit air 3,33 liter/detik, karena mampu menghasilkan daya listrik dan efisiensi sistem tertinggi secara bersamaan.

Penelitian selanjutnya, sebaiknya melakukan pengembangan dengan menggunakan variasi diameter kawat stator yang lebih besar dan disarankan juga untuk menggunakan jenis generator konversi lainnya, seperti generator hasil modifikasi dari mesin cuci tipe *front loading*, guna memperoleh perbandingan performa yang lebih tinggi dari sebelumnya.

5. Daftar Pustaka

- Ariprasetya, S., & Adiwibowo, P. H. (2018). Eksperimental Pengaruh Kemiringan Sudut Sudu Berpenampang Plat Datar terhadap Kinerja Turbin Aliran *Vortex*. *Jurnal Teknik Mesin*, 06(01), 105–113.
- Azhar, M., & Satriawan, D. A. (2018). Implementasi Kebijakan Energi Baru dan Energi Terbarukan dalam Rangka Ketahanan Energi Nasional. *Administrative Law & Governance Journal*, 1(4), 398–412.
- Christensen, L. T., Suharsono, A., & Sumarno, T. B. (2022). *Switching Fossil Fuel Subsidies in Indonesia to Support a Green Recovery*. *International Institute for Sustainable Development*, 1–17. <https://www.iisd.org/system/files/2022-07/switching-fossil-fuel-subsidies-indonesia-green-recovery.pdf>
- Ehigiamusoe, K. U., Ramakrishnan, S., Lean, H. H., & Somasundram, S. (2023). *Role of Energy Consumption on the Environmental Impact of Sectoral Growth in Malaysia*. *SAGE Open*, 13(3), 1–17. <https://doi.org/10.1177/21582440231184044>
- ESDM, K. (2024a). Konsumsi Listrik Masyarakat Meningkat, Tahun 2023 Capai 1.285 kWh/Kapita. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/konsumsi-listrik-masyarakat-meningkat-tahun-2023-capai-1285-kwh-kapita>
- ESDM, K. (2024b). Pemerintah Kejar Target Tingkatkan Bauran EBT. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/pemerintah-kejar-tingkatkan-bauran-ebt>
- Mayapada, G. P. D., Jasa, L., & Suartika, I. M. (2022). Rancang Bangun *Prototype* Turbin *Vortex* untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). *Jurnal Spektrum*, 9(3), 44–52. <https://doi.org/10.24843/spektrum.2022.v09.i03.p6>
- Mohanan M, A. (2016). *Power Generation with Simultaneous Aeration Using a Gravity Vortex Turbine*. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 7(2), 19–24. <http://www.ijser.org>
- Nahkoda, Y. I., & Saleh, C. (2015). Rancang Bangun Kincir Angin Pembangkit Tenaga Listrik Sumbu Vertikal Savonius Portabel menggunakan Generator Magnet Permanen. *Industri Inovatif: Jurnal Teknik Industri*, 5(2), 19–24. <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/industri/article/view/974/891>
- Riani, Amril, & Amzar, Y. V. (2022). Analisis Permintaan Listrik Rumah Tangga Perkotaan dan Pedesaan di Provinsi Jambi (Studi Komparatif dan Faktor-Faktor yang Mempengaruhinya). *E-Jurnal Ekonomi Sumberdaya dan Lingkungan*, 11(3), 161–170. <https://doi.org/https://doi.org/10.22437/jels.v11i3.23284>
- Solikhah, A. A., & Bramastia. (2024). *Systematic Literature Review : Kajian Potensi dan Pemanfaatan Sumber Daya Energi Baru dan Terbarukan di Indonesia*. *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, 5(1), 27–43. <https://doi.org/10.14710/jebt.2024.21742>
- Suripto, S. (2017). Sistem Tenaga Listrik. *Teknik Elektro UMY*, 11(1), 1–293.
- Tampubolon, A. P., & Adiatma, J. C. (2019). Laporan Status Energi Bersih Indonesia. *Iesr*, 1–23. www.iesr.or.id
- Ulum, M. (2018). Studi *Experimental* Energi Bangkitan Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Model Pelampung Silinder. *Jurnal IPTEK*, 22(1), 29. <https://doi.org/10.31284/j.iptek.2018.v22i1.231>
- UNESCAP. (2019). *Energy Transition Pathways for the 2030 Agenda - SDG 7 Roadmap for Indonesia*. *Nexstep*, 53(9), 1689–1699. <https://repository.unescap.org/handle/20.500.12870/260>