

Table Of Content

Journal Cover	2
Author[s] Statement	3
Editorial Team	4
Article information	5
Check this article update (crossmark)	5
Check this article impact	5
Cite this article	5
Title page	6
Article Title	6
Author information	6
Abstract	6
Article content	7

ISSN (ONLINE) 2598-9936



INDONESIAN JOURNAL OF INNOVATION STUDIES
PUBLISHED BY
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SIDOARJO

Originality Statement

The author[s] declare that this article is their own work and to the best of their knowledge it contains no materials previously published or written by another person, or substantial proportions of material which have been accepted for the published of any other published materials, except where due acknowledgement is made in the article. Any contribution made to the research by others, with whom author[s] have work, is explicitly acknowledged in the article.

Conflict of Interest Statement

The author[s] declare that this article was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Copyright Statement

Copyright © Author(s). This article is published under the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) licence. Anyone may reproduce, distribute, translate and create derivative works of this article (for both commercial and non-commercial purposes), subject to full attribution to the original publication and authors. The full terms of this licence may be seen at <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode>

Indonesian Journal of Innovation Studies

Vol. 25 No. 3 (2024): July

DOI: 10.21070/ijins.v25i3.1166 . Article type: (Innovation in Mechanical Engineering)

EDITORIAL TEAM

Editor in Chief

Dr. Hindarto, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Managing Editor

Mochammad Tanzil Multazam, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Editors

Fika Megawati, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Mahardika Darmawan Kusuma Wardana, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Wiwit Wahyu Wijayanti, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Farkhod Abdurakhmonov, Silk Road International Tourism University, Uzbekistan

Bobur Sobirov, Samarkand Institute of Economics and Service, Uzbekistan

Evi Rinata, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

M Faisal Amir, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Dr. Hana Catur Wahyuni, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Complete list of editorial team ([link](#))

Complete list of indexing services for this journal ([link](#))

How to submit to this journal ([link](#))

Article information

Check this article update (crossmark)



Check this article impact (*)



Save this article to Mendeley



(*) Time for indexing process is various, depends on indexing database platform

Transforming Indonesian Washing Machines into Efficient Wind Generators

Mengubah Mesin Cuci Indonesia Menjadi Pembangkit Listrik Tenaga Angin yang Efisien

Ahmad Nurwanda Bawono Putra , Putra@gmail.com, (0)

Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia, Indonesia

Rachmat Firdaus, rachmatfirdaus@umsida.ac.id, (1)

Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

⁽¹⁾ Corresponding author

Abstract

People's consumption of household electronic devices is increasing, leading to higher energy demand in Indonesia, with washing machines being a significant contributor. This study explores repurposing used washing machine dynamos into electricity generators for windmills. Researchers used an LG washing machine dynamo and N52 neo super magnets, testing pulley diameters of 12 cm, 15 cm, 18 cm, and 20 cm. Results showed that larger pulleys increased generator output, with a 20 cm pulley producing 26 volts, 1.3 amperes, and 2525 rpm. However, the efficiency was low at 8.69%, indicating a need for further optimization. This approach has potential for sustainable energy solutions and reducing electronic waste.

Highlight:

Repurpose Dynamos: Converts washing machines to windmill generators, reducing electronic waste.

Efficiency Challenge: Larger pulleys improve output but efficiency is only 8.69%.

Sustainable Impact: Offers potential for sustainable energy and lower household consumption.

Keyword: household electronics, energy consumption, washing machine dynamo, windmill generator, sustainable energy

Published date: 2024-06-11 00:00:00

Pendahuluan

Konsumsi masyarakat terhadap alat elektronik rumah tangga semakin meningkat. Meningkatnya penggunaan alat elektronik rumah tangga ini menuntut masyarakat menggunakan energi yang cukup besar. Energi diperlukan sekali oleh masyarakat yang sudah maju dalam jumlah yang besar dan dengan biaya yang serendah mungkin. Salah satu kebutuhan energi yang digunakan tersebut adalah energi listrik. Listrik merupakan energi yang dapat diubah menjadi energi lain, menghasilkan panas, cahaya, kimia, atau gerak (mekanik). Konsumsi energi listrik rumah tangga di Indonesia selalu mengalami peningkatan tiap tahun. Pada tahun 2020, persentase konsumsi energi listrik pada rumah tangga mencapai 50,80%. Angka ini naik dari tahun sebelumnya yang sebesar 48,81%. Kegunaan listrik sangat terlihat dalam kegiatan sehari-hari seperti menyalakan lampu dan alat elektronik rumah tangga lainnya, salah satunya yaitu mesin cuci. Penggunaan yang praktis dan efisien telah menempatkan mesin cuci menjadi kebutuhan hidup sehari-hari. Bahkan saat ini mesin cuci dibutuhkan masyarakat untuk melakukan kegiatan usaha, salah satunya yaitu laundry. Namun, setelah masa tertentu, alat elektronik seperti mesin cuci tentu saja menjadi benda yang tidak dipakai lagi karena sudah ada penggantinya dalam versi terbaru atau karena rusak dan hanya dibiarkan berkarat begitu saja, padahal banyak yang masih dapat digunakan atau diperbaiki menjadi barang berguna lainnya. Salah satunya yaitu dengan memodifikasi motor listrik pada mesin cuci bekas menjadi generator.

Generator merupakan mesin yang dapat mengubah tenaga mekanis menjadi tenaga listrik melalui proses induksi elektromagnetik. Generator yang ideal adalah generator yang memiliki efisiensi tinggi dalam beroperasi dan pembebanan yang berbeda-beda. Motor listrik dapat dimodifikasi lilitan dan magnetnya agar dapat dijadikan generator. Pemanfaatan magnet permanen pada pengembangan generator sangat efisien khususnya pada motor bekas mesin cuci, karena magnet mampu mengontrol daya dan bekerja baik pada kecepatan putar yang rendah. Kemudahan dalam pembuatan dan juga scale up generator ini sangat memudahkan kita dalam mendesain suatu generator dengan kapasitas daya tertentu, tegangan tertentu dan juga kecepatan kerja tertentu hanya dengan merubah-ubah parameter seperti kekuatan fluks magnet, jumlah kumparan dan lilitannya, serta jumlah magnet. Pemanfaatan motor bekas pompa air dan motor kipas angin di daerah terpencil menunjukkan bahwa generator yang dibuat dengan memanfaatkan motor listrik induksi (generator induksi) dianggap tepat karena generator induksi dapat diterapkan dalam kondisi tanpa jaringan listrik.

Berdasarkan latar belakang di atas peneliti ingin melakukan penelitian tentang pemanfaatan dinamo listrik bekas menjadi tenaga listrik. Peneliti tertarik menggunakan dinamo mesin cuci bekas dengan menggunakan magnet permanen sebagai upaya mendaur ulang barang-barang yang tidak terpakai. Sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya bahwa penggunaan magnet permanen adalah salah satu upaya memperkuat medan magnet pada generator. Oleh karena itu peneliti tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul "pemanfaatan dinamo bekas menjadi generator listrik pada kincir angin".

Metode

Metode penelitian yang digunakan dalam menyusun skripsi digambarkan dalam diagram alir (flow chart). Tahapan penelitian ini antara lain tahap persiapan pengambilan data dimana peneliti melakukan study lapangan, study pustaka, dan kajian study literature. Tahapan selanjutnya yaitu tahap perencanaan dan pembuatan alat diantaranya yaitu mempersiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan, menentukan ukuran parameter pada alat uji terdiri dari magnet permanen dengan jenis neo super magnet n52, dynamo dari mesin cuci bekas, kawat tembaga, menentukan ukuran diameter pulley dan sabuk (belt) untuk mengukur hasil keluaran generator. Ukuran diameter pulley yaitu 12 cm, 15 cm, 18 cm, dan 20 cm, memberikan alat bantu seperti kincir angin, melakukan instalasi alat uji dengan posisi komponen yang sudah di rencanakan, serta melakukan analisa dan pencatatan data alat uji. Variabel penelitian ini terdiri dari variabel bebas (meliputi variasi penggunaan pulley, variasi penggunaan magnet permanen, dan variasi kecepatan putaran), dan variabel terikat (meliputi perhitungan kecepatan putaran, tegangan listrik, arus listrik, dan daya listrik yang dihasilkan). Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain multimeter, tachometer digital, uni-t amperemeter, pully, fanbelt, dynamo bekas mesin cuci merk lg tipe wp-700 n, kawat tembaga, dan magnet. Desain alat yang telah dibuat digunakan untuk mengukur kecepatan putaran, tegangan listrik dan arus listrik yang dihasilkan, dimana dari hasil yang sudah diperoleh akan dicari nilai efisiensi.

Hasil dan Pembahasan

Instalasi pengujian di terapkan atau di uji coba sesuai dengan ukuran, material, dan desain alat sesuai dengan konsep yang sudah di tentukan (gambar 1).

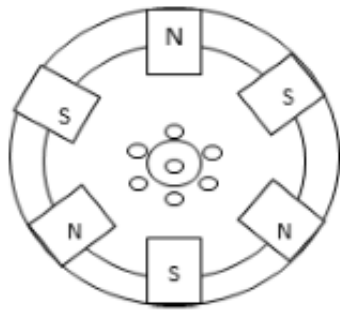


Figure 1. Desain alat

Berdasarkan gambar tentang desain alat diatas, peneliti menetapkan jumlah magnet permanen yang digunakan sebanyak 6 buah. Magnet yang digunakan yaitu jenis neo super magnet n52 dengan ukuran 10 x 20 x 10 (mm) berbentuk balok dan terbuat dari bahan nikel. Magnet permanen yang digunakan adalah magnet permanen jenis neodyum karena magnet neodyum memiliki karakteristik magnet yang lebih baik dibandingkan magnet lainnya seperti ferit, alnico, dan samarium cobalt. Magnet neodyum juga mampu menghasilkan potensi daya sebesar 146,4 watt untuk 10 jam . Magnet ini akan dipasang pada kutub rotor yang akan diberi magnet permanen pada posisi berhadapan dengan syarat bahwa kutub magnet yang berhadapan berbeda jenis, hal ini berfungsi agar terjadi gaya tarik menarik sehingga dengan adanya kumparan stator diantara kedua rotor maka akan tercipta gaya induksi elektromagnetik. Hal lain yang mempengaruhi fungsi dari generator yaitu jumlah kumparan. Penentuan jumlah kumparan juga mempengaruhi kuantitas tegangan keluaran generator. Dalam perancangan generator ini dengan bentuk selinder maka dalam mencari densitas fluks maksimum menggunakan persamaan :

(Densitas Fluks Maksimum) $B_{max} = Br \cdot (1)$

= 1,44 .

= 1,728 T

(Fluks Magnet) $\emptyset_{max} = Amagn \cdot B_{max}$

$\emptyset_{max} = 2x ,1 728(2)$

= 3,456 Webber

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, maka dapat diperoleh hasil dari fluks maksimum yaitu 1,728 t, sedangkan fluks magnet yang dihasilkan yaitu 3,456 webber. Hal ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya bahwa tegangan generator dipengaruhi oleh kerapatan fluks yang dihasilkan magnet permanen dan jumlah lilitan stator. Magnet permanen pada bagian rotor dan sebuah stator yang terpasang pada kumparan berfungsi untuk menghasilkan arus induksi. Magnet permanen juga dapat difungsikan sebagai penguat medan magnet dari sebuah generator. Rancangan generator pada penelitian ini menggunakan magnet permanen sebagai rotor yang diapit oleh dua buah stator pada bagian depan dan belakang. Magnet yang dipasang pada rotor akan di lilit menggunakan kawat tembaga, kemudian diberi lem dan di cor untuk mencegah terlepasnya magnet dan lilitan ketika rotor diputar serta mengukur celah udara antara rotor dan stator agar mendapat hasil kerja generator yang maksimum dan tidak terjadi gesekan antar stator dan rotor ketika celah udara terlalu kecil. Adapun jarak rotor dengan stator adalah 0.5 cm. Hasil modifikasi dapat dilihat (gambar 2)



Figure 2. Hasil modifikasi alat

Generator yang telah dibuat, selanjutnya akan dihubungkan pada pulley dan belt untuk mengetahui jumlah kecepatan putaran serta hasil keluaran lainnya meliputi tegangan dan arus listrik yang dihasilkan pada generator. Sepasang pulley juga berfungsi untuk mereduksi kecepatan dari motor listrik dimana dengan berkurangnya kecepatan motor listrik maka tenaga dari mesin pun ikut bertambah. Pulley dapat digunakan untuk mentransmisikan daya dari poros satu ke poros yang lain melalui sistem transmisi penggerak berupa *flat belt*, *v-belt* atau *circular belt*. Pada penelitian ini, pulley yang digunakan memiliki diameter yang berbeda-beda. Peneliti menentukan ukuran diameter pada pulley yang digunakanyaitu 12 cm, 15 cm, 18 cm, dan 20 cm. Sedangkan sebagai transmisi penggerak yang digunakan yaitu *v-belt*. Dalam penggunaannya *v-belt* dibelitkan mengelilingi alur pulley yang berbentuk huruf v. Bagian sabuk yang membelit pada puli akan mengalami lengkungan sehingga lebar bagian dalamnya akan bertambah besar, dapat dilihat pada gambar 3 sebagai berikut,

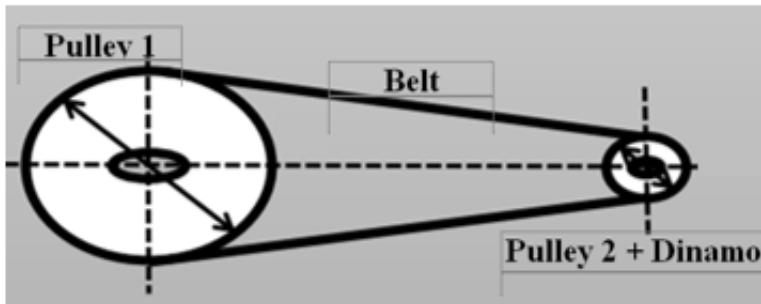


Figure 3. Desain penggunaan pulley dan v-belt yang dihubungkan pada generator

Pengujian generator terdiri dari pengukuran kecepatan putaran (rpm), tegangan listrik (volt), dan arus listrik (ampere) dengan menggunakan motor listrik (bor listrik). Pengambilan data dilakukan dengan mengambil nilai yang sering muncul pada multimeter dalam waktu 30 detik untuk nilai data tegangan dan arus listrik. Sedangkan pengambilan data untuk mengetahui kecepatan putaran yang dihasilkan pada setiap percobaan menggunakan tachometer digital. Pengukuran tegangan dan arus listrik dilakukan secara bersamaan, dimana terlebih dahulu diberikan beban berupa motor listrik (bor listrik) yang akan dihubungkan pada pulley dan generator. Tahap pengujian alat yang pertama dilakukan adalah pengukuran kecepatan putaran generator, kemudian akan dilanjutkan dengan mengukur tegangan dan arus listrik. Hasil uji pengukuran generator dapat dilihat pada gambar berikut,

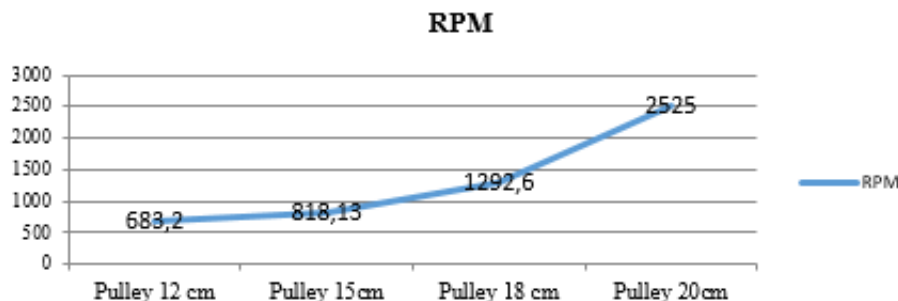


Figure 4. Hasil pengaruh terhadap kecepatan putaran (rpm)

Berdasarkan grafik gambar diatas, dapat diketahui bahwa semakin besar ukuran pulley yang digunakan mempengaruhi hasil keluaran dari generator. Hasil uji pada gambar 3.4 dapat diketahui bahwa hasil selisih yang diperoleh antara pulley dengan ukuran terbesar dan terkecil yaitu 1841,8 rpm, dimana pada pulley dengan ukuran terkecil yakni 12 cm memperoleh hasil sebesar 683,2 rpm, sedangkan pulley dengan ukuran terbesar memperoleh hasil sebesar 2525 rpm. Sehingga hal ini menunjukkan bahwa semakin besar diameter pulley yang digunakan, maka semakin besar pula kecepatan putaran yang dihasilkan dari generator. Hal ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, bahwa bahwa ukuran pulley dapat mempengaruhi putaran yang dihasilkan. Jika pulley memiliki ukuran diameter yang besar, maka akan menghasilkan putaran rpm yang pelan, sebaliknya apabila ukuran diameter lebih kecil akan menghasilkan putaran rpm yang cepat.

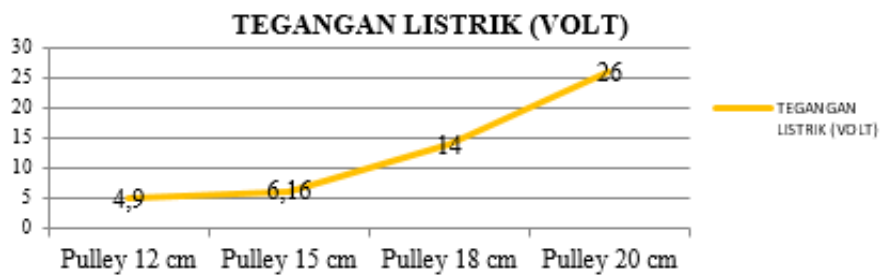


Figure 5. Hasil pengaruh terhadap tegangan listrik (Volt)

Berdasarkan grafik gambar diatas, dapat diketahui bahwa hasil tegangan listrik pada pulley dengan ukuran terkecil dan terbesar memperoleh selisih sebesar 21,1 volt, dimana pada pulley ukuran 12 cm menghasilkan tegangan sebesar 4,9 volt, sedangkan pada pulley ukuran 20 cm menghasilkan tegangan listrik sebesar 26 volt. Hal ini menunjukkan bahwa tegangan dan frekuensi pada generator sangat dipengaruhi oleh beban dan kecepatan putar. Semakin tinggi kecepatan putarnya maka semakin tinggi tegangan dan frekuensinya.

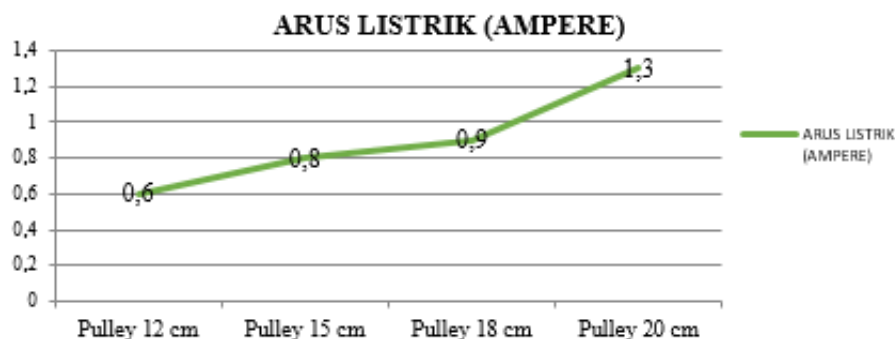


Figure 6. Hasil pengaruh terhadap tegangan listrik (volt)

Berdasarkan grafik gambar diatas, dapat diketahui bahwa arus listrik yang dihasilkan pada percobaan menggunakan pulley terkecil hingga terbesar memiliki selisih sebesar 0,7 ampere, dimana pada pulley ukuran 12 cm arus listrik yang dihasilkan sebesar 0,6 ampere, sedangkan pada pulley ukuran 20 cm arus listrik yang dihasilkan sebesar 1,3 ampere. Sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil uji penggunaan pulley pada dynamo bekas yang telah dibuat mempengaruhi hasil keluaran generator yaitu kecepatan putaran, tegangan listrik, serta arus listrik.

Karakteristik dari generator yang menyatakan hubungan antara dua nilai yang menentukan sifat dari sebuah generator, dalam penelitian ini nilai yang digunakan untuk menentukan sifat sebuah generator adalah nilai kecepatan putaran permenitnya (rpm) dan juga nilai tegangan dimana nilai arus sendiri menyesuaikan terhadap nilai beban yang digunakan dalam pengujian. Sedangkan daya diperoleh dari perhitungan tegangan dan arus yang dihasilkan pada setiap pulley yang ditentukan. Selanjutnya adalah mengukur tingkat efisiensi yang dihasilkan pada generator. Besar daya listrik yang dihasilkan generator ketika diberikan beban terkecil yaitu 2,94 watt, sedangkan pada beban terbesar yaitu 33,8 watt, sehingga efisiensi generator sebagai berikut;

$$(\text{Nilai Efisiensi Alat})^{\eta} = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \times 100\% \quad (3)$$

$$\eta = \frac{2,94}{33,8} \times 100\% = 8,69\%$$

Berdasarkan hasil yang diperoleh diatas, maka dapat disimpulkan bahwa semakin besar efisiensi generator terhadap tegangan masukan, semakin baik kinerja dari sistem generator. Namun pada sistem pemanfaatan motor ini, didapat efisiensi sangat kecil yaitu 8,69%. Hal ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya tentang generator induksi satu fasa juga mendapatkan efisiensi yang juga tergolong kecil yaitu 8,64%. Hal ini dikarenakan generator yang telah dibuat belum menemukan konstruksi yang tepat untuk meningkatkan efisiensi dari generator. Konstruksi yang dimaksud diantaranya jumlah magnet pada rotor, teknik lilitan pada stator dan jumlah lilitan per slotnya. Dalam merancang sebuah generator memerlukan perhitungan yang tepat dalam menentukan jumlah magnet pada rotor, jumlah lilitan pada stator serta teknik lilitan pada stator. Hal yang membuat efisiensi kecil pada penelitian ini adalah peneliti langsung menentukan jumlah magnet dan jumlah lilitan pada stator tidak melalui perhitungan terlebih dahulu dalam menentukannya. Hal lainnya yaitu teknik lilitan yang digunakan dalam melilit stator karena beda jenis generator beda juga teknik lilitan yang digunakan.

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan dinamo bekas menjadi generator listrik pada kincir angin mempengaruhi beberapa faktor yaitu kecepatan putaran, tegangan listrik, dan arus listrik yang dihasilkan. Hasil pengujian alat yang dihubungkan dengan pulley dengan diameter yang berbeda-beda memperoleh hasil bahwa semakin besar pulley yang dikaitkan pada generator mempengaruhi hasil keluaran generator. Pada pulley dengan diameter 20 cm, kecepatan putaran yang diperoleh yaitu sebesar 2525 rpm, tegangan listrik sebesar 26 volt, dan arus listrik sebesar 1,3 ampere. Pada penelitian ini nilai efisiensi yang dihasilkan sangat minim yaitu 8,69%, sehingga perlu adanya studi lanjutan untuk menghitung konstruksi yang tepat agar memperoleh nilai efisiensi yg maksimal

References

1. K. Umurani, A. M. Siregar, and S. Al-Amin, "Pengaruh Jumlah Sudu Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Tipe Whirlpool Terhadap Kinerja," *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, vol. 3, no. 2, pp. 103-111, Sep. 2020, doi: 10.30596/rmme.v3i2.5272.
2. H. S. Siagian, "Perawatan dan Perbaikan Generator Pembangkit Listrik di PT. Indo Jaya Sinergi," 2021.
3. D. A. Mirza, "Pengembangan Generator Listrik Sederhana Sebagai Media Pembelajaran Fisika pada Materi Induksi Elektromagnetik Skripsi," 2019.
4. D. W. Sroyer, M. Zaki, L. Abrori, S. D. P. Sidhi, P. Kelautan, and P. Sorong, "Perawatan Fresh Water Cooler pada Sistem Pendinginan Mesin Diesel Penggerak Generator Listrik di Kapal Navigasi Milik Distrik Navigasi Kelas I Ambon," *Aurelia Journal (Authentic Research of Global Fisheries Application)*, vol. 1, no. 1, pp. 1-11, 2019.
5. F. Cahyadi and U. Latifa, "Pembuatan Alat Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Mini Menggunakan Bahan Daur Ulang," *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, vol. 13, no. 1, pp. 258-263, Jul. 2023, doi: 10.5281/zenodo.8151056.
6. B. Demeianto et al., "Analisa Pembebanan pada Generator Listrik Kapal Penangkap Ikan: Studi Kasus pada KM. Maradona," 2020.
7. N. N. Hermawati, "Pemanfaatan Aliran Air Terasering Sebagai Sumber Energi Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro di Desa Kadongdong Kabupaten Garut Jawa Barat," 2019.
8. Z. Tharo and S. Anisah, "Perbandingan Performansi Pembangkit Listrik Tenaga Surya antara Daerah Pegunungan dengan Daerah Pesisir," 2019.
9. P. H. M. R. N. M. Adam, "Analisa Pengaruh Perubahan Kecepatan Angin pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTA) Terhadap Daya yang Dihasilkan Generator DC," *R E L E*, 2019.
10. W. W. W. Putra, R. Risnawati, and R. Rohminatini, "Perancangan Alat Micro Hydroelectric Portable dengan Menggunakan Sistem Turbin Archimedes Screw," *Building of Informatics, Technology and Science (BITS)*, vol. 3, no. 4, pp. 554-558, Mar. 2022, doi: 10.47065/bits.v3i4.1384.
11. A. Gifson, M. Rt Siregar, and M. P. Pambudi, "Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) On-Grid di Ecopark Ancol," 2020.
12. M. V. Anugra and M. A. Fauzi, "Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro Portabel Menggunakan Generator DC dan Turbin Crossflow," 2022.
13. F. Azis and S. N. Fitri, "Rancang Bangun Trainer Pembangkit Listrik Mikro Hidro," 2020.
14. N. N. Hermawati, "Pemanfaatan Aliran Air Terasering Sebagai Sumber Energi Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro di Desa Kadongdong Kabupaten Garut Jawa Barat," 2020.
15. B. Sakti, "Pengaruh Ketinggian dan Panjang Saluran Air Laut Terhadap Daya yang Dihasilkan pada Prototype Tidal Barrage," *J-Eltrik*, vol. 2, no. 2, p. 97, Nov. 2021, doi: 10.30649/j-eltrik.v2i2.97.
16. M. Ridwan, H. Yuliani, and N. I. Syar, "Pengembangan Prototipe Kincir Angin Savonius Menggunakan Bilah Baling Sel Surya Sebagai Media Pembelajaran Fisika," *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, vol. 5, no. 2, p. 239, Jul. 2021, doi: 10.20527/jipf.v5i2.2949.