

SKRIPSI
DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM PIKOHIDRO
HYBRID PLTS BERBASIS TURBIN AERATOR PADA
KOLAM TERPAL



Diajukan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana Teknik di Program
Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang

Dipersiapkan dan Disusun Oleh
BAGAS ISMANUDIN
132022006

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG
2026

SKRIPSI
DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM PIKOHIDRO HYBRID PLTS
BERBASIS TURBIN AERATOR PADA KOLAM TERPAL



Merupakan syarat untuk memperoleh gelar sarjana
Telah dipertahankan di depan dewan penguji
24 Agustus 2026

Dipersiapkan Dan Disusun Oleh
Bagas Ismanudin

Susunan Dewan Penguji

Pembimbing 1

Sofrah, S.T., M.T.
NIDN. 0209047302

Penguji 1

Muhammad Hurairah, S.T., M.T.
NIDN. 0228098702

Pembimbing 2

Fadilah, S.T., M.T.
NIDN. 0215089003

Penguji 2

Asri Indah Lestari, S.T., M.T.
NIDN. 0230129701

Mengetahui
Dekan Fakultas Teknik

Dr. A. Junaedi, M.T.
NIDN. 0202026502

Menyetujui
Ketua Program Studi Teknik Elektro

Dr. Feby Ardianto, S.T., M.Cs.
NIDN. 0207038101

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan di dalam daftar pustaka.

Palembang, 24 Agustus 2026

Yang Membuat Pernyataan



Dugan Ismanudin

KATA PENGATAR

Segala puji bagi Allah SWT atas segala rahmat-Nya, sehingga penulis berhasil menyusun skripsi dengan judul. **Desain Dan Implementasi Sistem Piko Hidro Hybrid PLTS Berbasis Turbin Aerator Pada Kolam Terpal**

sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Palembang. Dalam kesempatan ini, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada

- Ibu Sofiah ST.,MT. selaku Pembimbing I
- Ibu Fadilah ST., MT. selaku Pembimbing II

dan tak lupa pula penulis mengucapkan terima kasih kepada,

1. Bapak Prof. Dr. Abid Djazuli, S.E., M.M, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Palembang
2. Bapak Ir. A. Junaidi, M.T, Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
3. Bapak Dr. Feby Ardianto, S.T., M.Cs, Selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
4. Bapak Muhammad Hurairah, S.T., M.T, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
5. Bapak dan Ibu Staf Dosen pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
6. Bapak dan Ibu Staf Tata Usaha Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
7. Rekan-rekan Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang

Yang telah banyak membantu penulis baik secara moril maupun material dalam menyelesaikan skripsi ini, semoga amal baik yang diberikan kepada penulis mendapatkan imbalan yang sesuai dari Allah SWT. Penulis menyadari penulisan skripsi ini jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran dari pembaca akan

penulis terima sangat senang hati. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis sendiri dan umumnya bagi rekan-rekan pembaca di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.

Palembang, 24 Agustus 2026

Penulis,

Bagas Ismanudin

ABSTRAK

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh kebutuhan memanfaatkan energi terbarukan melalui penggabungan energi air dan energi surya dalam satu sistem pembangkit hybrid. Tujuan penelitian ini adalah merancang dan mengimplementasikan sistem pikohidro berbasis turbin aerator yang terintegrasi dengan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), serta menganalisis kinerja generator DC dan sistem hybrid berdasarkan tegangan, arus, daya, dan efisiensi pengisian akumulator. Metode dilakukan dengan membangun sistem sirkulasi tertutup pada kolam terpal, di mana pompa air menghasilkan aliran yang menggerakkan turbin aerator, yang putarannya diteruskan melalui sistem transmisi untuk memutar generator DC dan menghasilkan energi listrik. Hasil pengujian menunjukkan motor pompa sirkulasi mengonsumsi daya rata-rata 60,29 W, sementara sistem hybrid menghasilkan daya rata-rata 69,45 W, sehingga tersisa surplus 9,16 W untuk pengisian akumulator. Tanpa pasokan panel surya, akumulator 12 V 20 Ah diperkirakan mampu menopang sistem selama sekitar 6 jam 30 menit dengan bantuan generator. Sistem hybrid pikohidro-PLTS yang dirancang ini terbukti bekerja baik dalam memadukan dua sumber energi untuk mendukung sirkulasi air dan cadangan daya.

Kata kunci: **Pikohidro, PLTS, sistem Hybrid, Turbin Aerator, Generator DC, Akumulator.**

ABSTRACT

This research is motivated by the need to utilize renewable energy sources by combining hydro power and solar power into a single hybrid generation system. The study aims to design and implement a picohydro system based on an aerator turbine integrated with a Solar Power Plant (PLTS), as well as to analyze the performance of the DC generator and the hybrid system in terms of voltage, current, power, and battery-charging efficiency. The method involved building a closed circulation system in a tarpaulin pond, where a water pump generates flow to drive the aerator turbine, whose rotation is transferred through a transmission system to spin a DC generator and produce electrical energy. Test results showed the circulation pump motor consumed an average power of 60.29 W, while the hybrid system produced an average of 69.45 W, leaving a surplus of 9.16 W for battery charging. Without solar panel input, a 12 V, 20 Ah battery is estimated to sustain the system for about 6 hours 30 minutes with generator assistance. The designed hybrid picohydro-PLTS system proved effective at combining both energy sources to support water circulation and provide power reserve

Keywords: *Pico-hydropower, Solar Power Generation, Hybrid, Aerator Turbine, DC Generator, Battery.*

DAFTAR ISI

HALAMAN DEPAN.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGATAR.....	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Sistem Pembangkit Energi Hybrid.....	5
2.2. Sistem Pembangkit Pikohidro Berbasis Turbin Aerator	6
2.3.1. Pengertian Pikohidro	7
2.3.2. Prinsip Kerja Sistem Pikohidro	7
2.3. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai Sumber Energi Pendukung Sistem.....	8
2.2.1. Pengertian dan Prinsip Kerja PLTS	9
2.4. Solar Charge Controller (SCC).....	10
2.5. Pompa DC sebagai Penggerak Aliran Air.....	11
2.5.2 Prinsip Kerja Pompa	12
2.6. Turbin Aerator.....	13
2.6.1. Pengertian Turbin.....	13
2.6.2. Prinsip Kerja Turbin Aerator	14
2.5.1 Jenis Pompa Air	15
2.7. Generator DC	17
2.7.1 Pengertian dan Konstruksi Generator DC.....	19
2.7.2 Prinsip Kerja Generator DC.....	22
2.7.3 Karakteristik Tegangan dan Arus Generator DC.....	24
2.7.4 Faktor yang Mempengaruhi Kinerja Generator DC.....	25
2.7.5. Generator DC pada Sistem Pikohidro Penelitian.....	26
2.8. Sistem Transmisi (Pulley dan V-Belt)	27
2.9. Akumulator	29
2.10. Roda Gila (Flywheel).....	30
2.11. Persamaan yang Digunakan Dalam Pengujian.....	32
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	35
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian.	35
3.2. <i>Flowchart</i> Diagram Penelitian	36
3.3. Alat Dan Bahan	38

3.4. Diagram skema Sistem	40
3.5. Proses Perancangan	41
3.6. Spesifikasi Komponen	43
3.6.1. Data Panel Surya (PLTS)	44
3.6.3. Data Akumulator (Aki)	46
3.6.4. Data Pompa Air DC	48
3.6.5. Data Turbin aerator	49
3.6.6. Data Generator DC	50
3.6.7. Data Roda Gila (<i>Flywheel</i>)	50
3.6.8. Data Sistem Transmisi (Pulley dan V-Belt)	51
3.5. Proses Pengujian dan Pengukuran Alat	52
BAB 4 DATA, PERHITUNGAN, PEMBAHASAN DAN ANALISA	53
4.1 Data Hasil pengujian	53
4.1.1 Data pengujian Pompa	53
4.1.2 Data Pengujian Generator	54
4.1.3 Data pengujian PLTS	55
4.1.4 Data pengujian Sistem Hybrid	55
4.2 Perhitungan	56
4.2.1. Perhitungan Daya Pompa	56
4.2.2 Perhitungan Daya Generator Pikohidro	57
4.2.3 Perhitungan Daya PLTS	58
4.2.4 Perhitungan Daya yang Tersedia pada Sistem Hybrid	59
4.2.5 Perhitungan Selisih Daya Pembangkitan dan Beban	60
4.2.6 Perkiraan Waktu Operasi Akumulator pada Kondisi Tanpa PLTS (Generator Tetap Menyuplai)	61
4.3 Analisa dan Pembahasan	63
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	64
5.1. Kesimpulan	64
5.2. Saran	64
DAFTAR PUSTAKA	66
LAMPIRAN	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1. Diagram Alir Penelitian	37
Gambar 3. 2. Diagram skema Sistem.....	41
Gambar 3. 3. panel surya.....	45
Gambar 3. 4. Solar Charge Controller	46
Gambar 3. 5. Akumulator (sumber : pribadi).....	47
Gambar 3. 6. pompa DC (sumber : pribadi).....	48
Gambar 3. 7. Turbin aerator (sumber : pribadi)	49
Gambar 3. 8. Roda Gila (sumber : pribadi).....	51
Gambar 3. 9. Sistem Transmisi (sumber: pribadi)	51

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 3. spesifikasi Panel surya	45
Tabel 3. 4. Spesifikasi Solar Charge Controller.....	46
Tabel 3. 1. Alat.....	39
Tabel 3. 2..Bahan	40
Tabel 3. 5. Akumulator	47
Tabel 3. 6. Spesifikasi Pompa Air DC	48
Tabel 3. 7. Spesifikasi Turbin Kincir	49
Tabel 3. 8. Spesifikasi Generator DC.....	50
Tabel 3. 9. Spesifikasi Flywheel	51
Tabel 3. 10. Spesifikasi Sistem Transmisi	52
Tabel 4. 1 .Data pengujian Pompa	54
Tabel 4. 2. Data pengujian generator	54
Tabel 4. 3. Data pengujian PLTS	55
Tabel 4. 4. Data pengujian Sistem Hybrid	56
Tabel 4. 5. Hasil Perhitungan Daya Pompa	57
Tabel 4. 6. Hasil Perhitungan Daya Generator Pikohidro.....	58
Tabel 4. 7. Hasil Perhitungan Daya PLTS	58
Tabel 4. 8. Hasil Perhitungan Daya yang Tersedia pada Sistem Hybrid	60
Tabel 4. 9. Hasil Perhitungan Selisih Daya Pembangkitan dan Beban.....	61

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Kebutuhan energi listrik yang terus meningkat seiring dengan perkembangan teknologi dan aktivitas manusia mendorong pemanfaatan sumber energi alternatif yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Ketergantungan terhadap energi fosil yang semakin terbatas serta dampak negatif yang ditimbulkan terhadap lingkungan menjadikan energi terbarukan sebagai salah satu solusi yang terus dikembangkan. Berbagai sumber energi terbarukan memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik, salah satunya adalah energi air dan energi surya yang dapat diterapkan dalam skala kecil sesuai dengan kebutuhan.

Salah satu contoh pemanfaatan energi terbarukan skala kecil adalah pembangkit listrik pikohidro. Sistem ini pada dasarnya adalah pembangkit berkapasitas kecil yang memanfaatkan aliran air untuk memutar turbin, sehingga muncul energi mekanik yang lalu diubah generator menjadi energi listrik. Biasanya, sumber alirannya berasal dari air alami seperti sungai atau saluran irigasi. Tapi di beberapa pengembangan, aliran air ini juga bisa dibuat secara buatan pakai pompa, sehingga sistem pikohidro tetap bisa diterapkan meski di lokasi yang tidak punya sumber air alami, misalnya kolam atau penampungan air sederhana. (Mogaji et al., 2022)

Turbin yang dipakai dalam penelitian ini adalah turbin aerator, yang punya dua fungsi sekaligus. Selain berperan menggerakkan generator untuk menghasilkan listrik, turbin ini juga bisa meningkatkan kadar oksigen terlarut di dalam air. Proses aerasi ini penting banget untuk kegiatan budidaya ikan, karena membantu menjaga kualitas air sekaligus mendukung pertumbuhan ikan. Jadi, sistem yang dirancang ini bukan cuma berfungsi sebagai pembangkit listrik, tapi juga memberi manfaat tambahan sebagai sistem aerasi pada kolam terpal.

Dalam proses konversi energi tersebut, generator DC berperan sebagai komponen utama yang mengubah energi mekanik dari putaran turbin menjadi energi listrik. Kinerja generator sangat dipengaruhi oleh kestabilan putaran turbin. Oleh karena itu, diperlukan komponen pendukung seperti sistem transmisi dan flywheel untuk menjaga kestabilan putaran generator sehingga energi listrik yang dihasilkan menjadi lebih optimal dan efisien.

Selain energi air, energi surya juga jadi salah satu sumber energi terbarukan yang punya potensi besar untuk terus dikembangkan. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) bekerja dengan mengubah cahaya matahari menjadi listrik lewat sel fotovoltaik. Teknologi ini cukup populer karena sumber energinya melimpah dan proses pemasangannya relatif gampang. Meski begitu, kinerja PLTS sangat bergantung pada kondisi cuaca dan intensitas sinar matahari, sehingga produksi listriknya nggak selalu optimal—apalagi pada malam hari atau saat cuaca sedang mendung. (Asiaban et al., 2021)

Kalau dilihat dari karakteristik masing-masing, pembangkit pikohidro dan PLTS punya kelebihan sekaligus keterbatasan yang berbeda. Pikohidro bisa terus menghasilkan listrik selama aliran air tersedia, sementara PLTS sangat bergantung pada intensitas sinar matahari. Perbedaan ini justru menunjukkan bahwa keduanya bisa saling melengkapi kalau digabungkan dalam satu sistem. Karena itulah, penelitian ini merancang dan mengimplementasikan sistem pembangkit hybrid pikohidro-PLTS berbasis turbin aerator pada kolam terpal. Lewat sistem hybrid ini, diharapkan kontinuitas dan keandalan pasokan listrik bisa meningkat, sehingga energi yang dihasilkan lebih stabil dan efisien, sekaligus tetap memberi manfaat tambahan berupa fungsi aerasi untuk menjaga kualitas air di kolam terpal.

1.2. Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang telah dirumuskan, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat sistem pembangkit listrik tenaga hybrid yang menggabungkan tenaga surya (PLTS) dan tenaga air (pikohidro) menggunakan pompa sirkulasi pada kolam terpal.

2. Mengetahui seberapa besar daya listrik yang mampu dihasilkan oleh panel surya dan generator pikohidro saat bekerja di dalam sistem yang dirancang.
3. Melihat apakah daya yang dihasilkan oleh sistem hybrid mampu mencukupi kebutuhan energi untuk menjalankan pompa air secara mandiri tanpa bantuan listrik dari luar.
4. Menghitung berapa lama akumulator dapat bertahan dalam menyuplai listrik untuk menjalankan sistem jika panel surya tidak mendapatkan sinar matahari atau tidak bekerja.

1.3. Batasan Masalah

Agar penelitian lebih terarah dan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan, batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini berfokus pada perancangan dan pengujian sistem pembangkit listrik gabungan (hybrid) antara Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan pikohidro menggunakan turbin aerator pada kolam terpal.
2. Pengujian sistem difokuskan pada pengukuran tegangan, arus, dan daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya serta generator DC, serta bagaimana energi tersebut digunakan untuk mengisi akumulator dan menjalankan pompa.
3. Pemilihan dan penggunaan komponen dalam sistem ini dilakukan berdasarkan ketersediaan dan fungsinya saja, tanpa melakukan perhitungan teknis yang mendalam terkait spesifikasi pabrikasi setiap komponen.
4. Turbin yang digunakan adalah jenis kincir air yang difungsikan sebagai aerator, bukan turbin PLTA murni, sehingga penelitian ini tidak melakukan perhitungan mendalam mengenai desain diameter atau jumlah sudu yang ideal secara teknis.
5. Kebutuhan energi utama yang disuplai oleh sistem ini adalah untuk mengoperasikan motor pompa sirkulasi air, tanpa membahas beban tambahan dari luar secara berlebihan.
6. Penelitian ini tidak membahas perbaikan internal komponen (seperti bongkar-pasang isi dalam generator atau sel surya), melainkan berfokus pada cara kerja dan hasil pengukuran daya dari sistem secara keseluruhan.

1.4. Sistematika Penulisan

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan skripsi..

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas teori-teori dasar yang mendukung penelitian, meliputi energi terbarukan, sistem pembangkit pikohidro, PLTS, turbin aerator, serta prinsip kerja generator DC dan komponen pendukung lainnya.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan lokasi penelitian, alat dan bahan yang digunakan, perancangan sistem, serta tahapan implementasi dan pengujian alat.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.

Bab ini menyajikan hasil pengujian sistem yang telah dibuat, serta analisis kinerja generator DC dan kestabilan sistem berdasarkan data yang diperoleh.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan serta saran untuk pengembangan sistem di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, S., Ali, A., Ahmed Ansari, J., Abdul Qadir, S., & Kumar, L. (2025). A Comprehensive Review of Solar Photovoltaic Systems: Scope, Technologies, Applications, Progress, Challenges, and Recommendations. *IEEE Access*, 13, 69723–69750. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3558539>
- Apriani, Y. (2026). *Energi Panel Surya (Plts)*. Ocean Press Indonesia.
- Asiaban, S., Kayedpour, N., Samani, A. E., Bozalakov, D., De Kooning, J. D. M., Crevecœur, G., & Vandeveld, L. (2021). Wind and solar intermittency and the associated integration challenges: A comprehensive review including the status in the belgian power system. *Energies*, 14(9). <https://doi.org/10.3390/en14092630>
- Chapman S. J. (2005). *Electric Machinery Fundamentals*. mcgraw hill.
- Costa, D., Collyer, G., & da Silva, W. T. L. (2025). Gravity aeration system in cascade for pisciculture in field condition. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 30. <https://doi.org/10.1590/S1413-415220240086>
- Geidl, M., Koepfel, G., Favre-Perrod, P., Klöckl, B., Andersson, G., & Fröhlich, K. (2021). *The Energy Hub – A Powerful Concept for Future Energy Systems*. 13–14.
- Gevorkov, L., -García, J. L., & Romero, L. T. (2023). Review on Solar Photovoltaic-Powered Pumping Systems. *Energies*, 16(1), 6–7. <https://doi.org/10.3390/en16010094>
- Hassan, Q., Abbas, M., Tabar, V. S., Tohidi, S., Sameen, A. Z., & Salman, H. (2024). Techno-economic assessment of battery storage with photovoltaics for maximum self-consumption. *Energy Harvesting and Systems*, 11(1). <https://doi.org/10.1515/ehs-2022-0050>
- Mascenik, J., & Pavlenko, S. (2021). Controlled Testing Of Belt Transmissions At Different Loads. *MM Science Journal*, 17, 4–5. https://doi.org/10.17973/MMSJ.2021_12_2021045
- Mogaji, T. S., Fasasi, S. T., & Oluwagbemi, A. O. (2022). Design And Simulation Of A Pico Hydroelectric Turbine System. *Journal Of Engineering And Engineering Technology*, 16, 5–6. <https://doi.org/10.51459/futajeet>
- Olabi, A. G., Wilberforce, T., Abdelkareem, M. A., & Ramadan, M. (2021). Critical review of flywheel energy storage system. *Energies*, 14(8), 4–7. <https://doi.org/10.3390/en14082159>

- Osman, M. G., Lazaroiu, G., Hamad, S. A., Messaoud, H., Mohammed, D., & Stoica, D. (2025). Analysis of Photovoltaic Systems with Battery Storage, Electric Vehicle Charging, and Smart Energy Management. *Sustainability (Switzerland)*, 17(9), 4–8. <https://doi.org/10.3390/su17093887>
- Pai, L., Senjyu, T., & Elkholy, M. H. (2024). Integrated Home Energy Management with Hybrid Backup Storage and Vehicle-to-Home Systems for Enhanced Resilience, Efficiency, and Energy Independence in Green Buildings. *Applied Sciences (Switzerland)*, 14(17), 3–9. <https://doi.org/10.3390/app14177747>
- Rosnita Rauf, Fatmawaty Rachim, & Ritnawati. (2023). *Matahari sebagai Energi Masa Depan*. Yayasan Kita Menulis.
- Sidiq Adhi Darmawan. (2021). *Pompa Sentrifugal*. 7, 4–6.
- Sofiah, Fadilah, Mustika Puteri, D., Yoga Pratama, & Viasri Devinina. (2025). Sistem Pencacah Rumput Untuk Pakan Ternak Menggunakan Motor DC Sebagai Penggeraknya Berbasis Panel Surya. *Jurnal Surya Energy*, 10, 51–59. <https://doi.org/10.32502/jse.v10i1.887>
- Thyer, S., & White, T. (2023). Energy recovery in a commercial building using pico-hydropower turbines: An Australian case study. *Heliyon*, 9(6). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16709>
- Umam Faikul, Budiarto Hairil, & Dafid Ach. (2017). *Motor Listrik*. deepublish.
- U.S. Department of Energy. (1992). *Batteries, DC Circuits, DC Generators, DCMotors* (Vols. 2–4). EZphd.