



DESAIN DAN IMPLEMENTASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIKOHIDRO DENGAN MENGGUNAKAN ALTERNATOR MOBIL

Rusdy Arif¹, Fajri Rais¹, Riza Muharni^{1*}, Rudi Kurniawan Arief¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat
Jl. Bypass Aur Kuning No.1 Bukit Tinggi
*E-mail: rizamuharni12@gmail.com

ABSTRAK

Pembangkit listrik tenaga pikohidro merupakan solusi energi terbarukan yang berpotensi besar untuk diterapkan di wilayah terpencil dengan sumber daya air yang melimpah. Salah satu tantangan utamanya adalah mendesain sistem yang efisien dan ekonomis. Dalam penelitian ini, alternator mobil digunakan sebagai komponen kunci yang dapat mengisi aki secara otomatis dan berhenti saat pengisian penuh. Hasil penelitian menunjukkan Alternator menghasilkan tegangan 12V yang disalurkan ke aki berkapasitas 45 watt, yang kemudian dialirkan ke inverter DC to AC 350 watt untuk menghasilkan listrik. Kecepatan turbin diukur menggunakan tachometer dan mencapai kecepatan stabil sebesar 186.9 rpm, dengan stabilitas debit air dijaga melalui penampang air. Metode penelitian mencakup desain sistem, implementasi, dan pengujian performa pembangkit. Penelitian ini memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan teknologi energi terbarukan dengan memanfaatkan komponen yang mudah didapatkan.

Kata kunci: *alternator mobil, energi terbarukan, inverter, pikohidro, turbin.*

ABSTRACT

Pico hydroelectric power systems are a promising renewable energy option for remote locations with plentiful water resources. A major challenge is to design a system that is both efficient and affordable. This research utilizes a car alternator as a key component capable of automatically charging a battery and halting when fully charged. The alternator produces 12V, which charges a 45-watt battery. This stored energy is then converted to electricity using a 350-watt DC to AC inverter. Turbine speed measurements taken with a tachometer show a stable speed of 186.9 rpm, and water flow stability is ensured through a water cross-section. The study's methodology covers system design, implementation, and performance evaluation of the hydro power plant. Findings demonstrate that the system effectively generates stable electricity and meets power demands with satisfactory efficiency. In conclusion, the use of a car alternator in a pico hydro power system is an effective and efficient approach, providing a feasible option for renewable energy development in remote areas. This research significantly advances renewable energy technology by employing commercially available and easily accessible components.

Keywords: *car alternator, renewable energy, inverters, pico-hydro, turbine.*

1. PENDAHULUAN

Pembangkit listrik tenaga pikohidro menjadi salah satu alternatif utama dalam memanfaatkan sumber daya alam yang melimpah, khususnya di wilayah terpencil dengan potensi air yang besar. Energi listrik merupakan energi primer yang diperlukan di kehidupan masyarakat [1]. Sebagai sumber energi terbarukan, pembangkit listrik ini tidak hanya mengurangi ketergantungan pada energi fosil tetapi juga meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan [2][3]. Meskipun berpotensi besar, pengembangan pembangkit listrik tenaga pikohidro masih menghadapi tantangan, seperti desain sistem yang efisien, biaya produksi yang terjangkau, dan ketersediaan teknologi yang sesuai dengan kondisi lokal [4]. Implementasi sistem ini lebih baik dibandingkan dengan sistem tenaga surya untuk pertanian ekonomi hijau. Kelebihan pikohidro meliputi stabilitas dan efisiensi, sedangkan tenaga surya lebih cocok untuk wilayah dengan intensitas matahari tinggi dan tidak memerlukan aliran air. Kekurangan pikohidro termasuk ketergantungan pada aliran air yang stabil, sementara tenaga surya tergantung cuaca dan memerlukan ruang besar untuk panel.

Penggunaan alternator mobil sebagai komponen utama dalam sistem pembangkit listrik tenaga pikohidro menjadi fokus penelitian ini. Alternator tersebut dapat diatur untuk secara otomatis mengisi aki dan berhenti saat aki sudah penuh, mencegah overcharging yang dapat merusak sistem [5]. Namun, meskipun potensial, integrasi alternator mobil dalam pembangkit listrik tenaga pikohidro belum banyak dieksplorasi dalam literatur, menunjukkan kebutuhan penelitian lebih lanjut untuk mengoptimalkan penggunaannya [6].

Alternator mobil sering digunakan dalam sistem pikohidro di Indonesia karena ketersediaannya yang luas dan biaya yang terjangkau. Alternator ini dilengkapi dengan sistem regulator internal yang menyesuaikan tegangan output sesuai kebutuhan pengisian aki serta fitur otomatis yang memutuskan pengisian saat aki penuh [7]. Alternator mobil dapat digunakan secara efektif dalam sistem energi terbarukan, termasuk pikohidro, dengan sedikit modifikasi. Desain turbin merupakan aspek krusial dalam sistem pikohidro karena mempengaruhi efisiensi konversi energi dari aliran air menjadi energi mekanik. Turbin yang dirancang dengan baik dapat beroperasi pada kecepatan yang optimal untuk menghasilkan daya maksimal dari debit air yang tersedia [8]. Dalam penelitian ini, turbin dirancang untuk beroperasi pada kecepatan rata-rata 186.9 rpm, yang dianggap optimal untuk aliran air yang stabil.

Sistem pikohidro yang menggunakan alternator mobil biasanya mencakup komponen penyimpanan energi seperti aki dan inverter. Aki berfungsi untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh alternator, sementara inverter mengubah arus searah (DC) dari aki menjadi arus bolak-balik (AC) yang dapat digunakan oleh peralatan rumah tangga [9]. Penggunaan inverter DC to AC berkapasitas 350 watt dalam sistem ini menunjukkan kemampuan untuk menyediakan daya listrik yang stabil dan memenuhi kebutuhan dasar listrik rumah tangga. Implementasi sistem pikohidro memerlukan uji coba lapangan untuk memastikan kinerjanya dalam kondisi nyata. Pengujian ini meliputi pengukuran kecepatan turbin, tegangan output dari alternator, tegangan aki, dan daya output dari inverter. Hasil pengujian yang dilakukan oleh [10], menunjukkan bahwa sistem pikohidro dapat beroperasi dengan stabil dan efisien, serta mampu menghasilkan daya listrik yang cukup untuk kebutuhan dasar komunitas terpencil.

Meskipun teknologi pikohidro memiliki banyak keuntungan, ada beberapa tantangan yang perlu diatasi. Salah satunya adalah ketergantungan pada ketersediaan dan stabilitas debit air, yang dapat dipengaruhi oleh musim dan perubahan iklim [11]. Selain itu, biaya awal untuk instalasi sistem pikohidro bisa cukup tinggi, meskipun biaya operasional dan pemeliharannya relatif rendah. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengoptimalkan desain turbin dan sistem konversi daya, serta untuk mengembangkan solusi yang lebih murah dan mudah diakses oleh komunitas terpencil.

Studi literatur menunjukkan bahwa penelitian sebelumnya lebih banyak fokus pada desain turbin dan mekanisme pengaliran air untuk meningkatkan efisiensi konversi energi hidrolik menjadi energi listrik [12][13]. Namun, informasi mengenai integrasi komponen spesifik seperti alternator mobil dalam konteks ini masih terbatas. Hal ini menunjukkan pentingnya penelitian ini untuk mengisi kekosongan pengetahuan tersebut dan mengembangkan teknologi yang lebih efektif dan efisien dalam pemanfaatan energi terbarukan di Indonesia.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang, mengimplementasikan, dan mengevaluasi kinerja sistem pembangkit listrik tenaga pikohidro yang menggunakan alternator mobil. Dengan pendekatan ini, diharapkan

dapat dihasilkan solusi praktis yang dapat diterapkan secara luas, terutama di wilayah terpencil yang membutuhkan akses listrik yang stabil dan berkelanjutan [14][15]. Penelitian ini diharapkan tidak hanya memberikan kontribusi terhadap pengembangan teknologi energi terbarukan di Indonesia, tetapi juga menjadi dasar bagi pengembangan lebih lanjut di bidang ini.

Ada beberapa penelitian tentang pembangkit listrik tenaga pikohidro. Pertama, penelitian Amirudin (2023)[16] tentang Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro Berbasis Motor Dc Pada Penerapan Metode Light Trap, mendapatkan hasil keunggulan, seperti efisiensi energi yang tinggi, biaya operasional yang rendah, desain modular yang fleksibel, dan cocok untuk daerah terpencil dan kekurangannya, yaitu ketergantungan pada aliran air yang stabil, biaya awal yang tinggi, kebutuhan perawatan rutin, potensi dampak pada ekosistem lokal, dan fluktuasi output daya.

Kedua, penelitian Rinaldi et al., (2022)[17] tentang Desain Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro, mendapatkan hasil keunggulan, seperti konversi energi yang efisien, biaya operasional yang rendah, serta ideal untuk skala kecil dan daerah terpencil. Desainnya yang sederhana juga mempermudah instalasi dan pemeliharaan dan kelemahan utamanya adalah ketergantungan pada aliran air yang konsisten, potensi dampak terhadap lingkungan lokal, dan kapasitas daya yang terbatas.

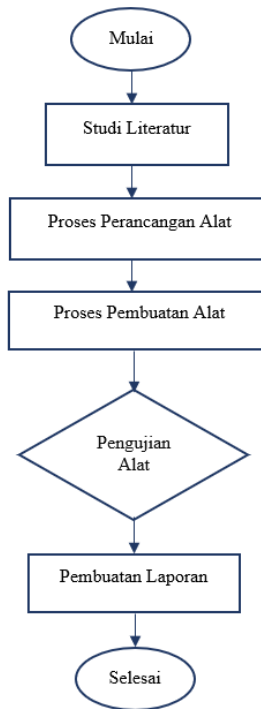
Ketiga, penelitian Hibrizi et al., (2024)[18] tentang Analisa Implementasi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pikohidro Untuk Pertanian Ekonomi Hijau, mendapatkan hasil keunggulan, seperti konversi energi yang efisien, biaya operasional yang rendah, serta ideal untuk skala kecil dan daerah terpencil. Desainnya yang sederhana juga mempermudah instalasi dan pemeliharaan dan kelemahan utamanya adalah ketergantungan pada aliran air yang konsisten, potensi dampak terhadap lingkungan lokal, dan kapasitas daya yang terbatas.

Keempat, penelitian Hidayat et al., (2023) [19] tentang Pemanfaatan Sumber Daya Air untuk Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro di Kawasan Coban Tarzan Kecamatan Jabung Kabupaten Malang, mendapatkan hasil kelebihan seperti penggunaan sumber energi terbarukan yang melimpah, biaya operasional yang rendah, dan peningkatan akses listrik bagi komunitas lokal. Proyek ini juga berpotensi mendorong pembangunan berkelanjutan di daerah tersebut dan kelemahan seperti ketergantungan pada aliran air yang stabil, potensi dampak terhadap ekosistem setempat, dan investasi awal yang signifikan yang diperlukan.

Kelima, penelitian Sunyoto et al., (2022) [20] tentang Sistem Instalasi Pembangkit Pikohidro Untuk Keluaran Listrik Arus Searah 12 Volt, mendapatkan hasil kelebihannya ramah lingkungan karena memanfaatkan energi air yang terbarukan, efisien dalam skala kecil, dan ideal untuk daerah terpencil yang tidak terjangkau jaringan listrik. Selain itu, biaya operasionalnya relatif rendah dan perawatannya sederhana dan kekurangan, yaitu tergantung pada ketersediaan dan stabilitas aliran air, kapasitas daya yang terbatas, serta potensi dampak lingkungan lokal seperti perubahan ekosistem air. Instalasi awal bisa mahal dan membutuhkan perencanaan serta infrastruktur yang tepat untuk memastikan keberlanjutan operasional.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif (eksperimen) yang dilakukan di Jl. Sanjai, Manggis Ganting, Kec. Mandiangin Koto Selayan, Kota Bukittinggi, Sumatera Barat. Penelitian ini dilakukan pada saluran irigasi dengan ukuran lebar 95 cm dan kedalaman air 50 cm serta debit air 47,5 L/s. Pembuatan alat ini dilakukan dilabor fakultas teknik. Alat ini menggunakan material besi hollow untuk bagian rangka, sedangkan pada turbin menggunakan material PVC, Pengujian kecepatan turbin dilakukan dengan menggunakan alat tachometer, dan pengujian tegangan aki menggunakan alat voltmeter. Alir penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1 dibawah ini:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Pada gambar 1 dapat dilihat bahwa penelitian ini dimulai dari studi literatur dengan mengumpulkan bahan teori dari jurnal, buku, internet, dan sumber lainnya. Setelah itu, proses perancangan dimulai dengan menentukan letak setiap komponen utama dalam sistem. Alternator mobil yang digunakan memiliki sistem otomatis yang memutuskan pengisian ketika aki penuh. Inverter ini dipasang dengan hati-hati untuk memastikan stabilitas dan efisiensi konversi daya. Pengujian dilakukan dalam berbagai kondisi aliran air untuk menilai kinerja dan efisiensi sistem secara keseluruhan. Selama pengujian, beberapa parameter yang diukur yaitu, kecepatan turbin diukur dengan menggunakan alat ukur tachometer, tegangan alternator dan tegangan aki (saat penuh) diukur dengan menggunakan alat voltmeter. Tegangan yang dihasilkan alternator disimpan dalam aki, dan energi listrik dari aki digunakan untuk menggerakkan inverter. Kinerja inverter dalam mengonversikan daya DC ke AC juga diuji dengan memantau output dayanya. Sistem pengisian otomatis pada alternator diuji untuk memastikan bahwa pengisian daya akan terputus secara otomatis ketika aki penuh, untuk mencegah overcharging dan memastikan keamanan sistem. Seluruh sistem diuji dalam kondisi nyala untuk memastikan bahwa setiap komponen bekerja secara sinergis dan efisien. Data yang dikumpulkan selama pengujian meliputi kecepatan putaran alternator, tegangan keluaran, arus pengisian, dan efisiensi konversi daya oleh inverter. Analisis data dilakukan untuk mengevaluasi kinerja optimal dari sistem dan mengidentifikasi area yang memerlukan perbaikan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan panduan praktis untuk implementasi sistem pembangkit listrik tenaga pikohidro yang efisien dan ekonomis, serta memberikan solusi untuk tantangan teknis yang mungkin dihadapi selama implementasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

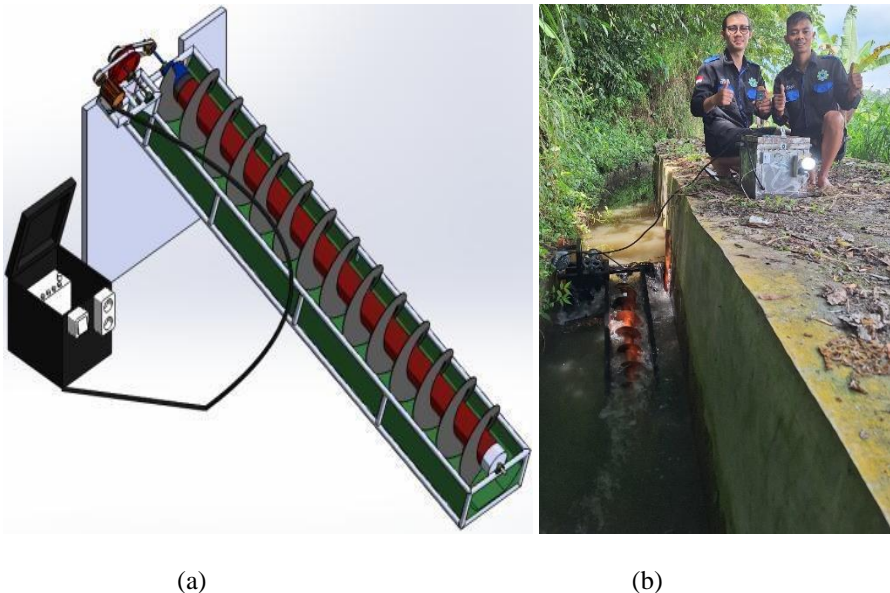
Implementasi sistem pembangkit listrik tenaga pikohidro menggunakan alternator mobil telah melalui serangkaian pengujian untuk memastikan kinerjanya. Pertama, debit air diuji dengan alat ukur tachometer yang menggunakan penampang air untuk memastikan aliran yang stabil selama pengujian. Aki berkapasitas 45 W diisi oleh daya dari alternator, dengan pengujian yang menunjukkan tegangan aki meningkat bertahap hingga 12.4 V saat penuh. Sistem

otomatis pada alternator efektif memutuskan pengisian saat aki penuh, mencegah overcharging dan memperpanjang umur aki. Inverter DC ke AC dalam sistem ini memiliki kapasitas 350 W dan mampu mengubah daya dari aki menjadi arus AC dengan tegangan stabil 220 V dan daya output maksimum tercatat 350 W. Selama pengujian, sistem menunjukkan stabilitas tinggi dengan tegangan output dari alternator, aki, dan inverter yang tidak mengalami fluktuasi signifikan. Tegangan output dari alternator ke aki hanya menurun sekitar 0.2 V saat beban maksimum, menunjukkan efisiensi tinggi dari sistem. Hasil pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini:

Tabel 2. Hasil pengujian sistem pembangkit listrik tenaga Pikohidro

No	Parameter	Hasil Pengujian
1	Kecepatan Turbin	186.9 rpm
2	Tegangan Alternator	13.5 – 14.2 V
3	Tegangan Aki (saat penuh)	12.4 V
4	Tegangan Output Inverter	220 V (AC)
5	Daya Output Maksimum Inverter	350 Watt

Pada tabel 2 dapat dilihat kecepatan turbin sebesar 186.9 rpm dimana alternator mobil dalam sistem ini berhasil menghasilkan tegangan rata-rata 13.8 V saat terhubung ke aki, dengan variasi tegangan antara 13.5 V - 14.2 V alternator yang dihubungkan dengan mekanisme penggerak yang digerakkan oleh aliran air, menghasilkan tegangan 12 V yang disalurkan ke aki berkapasitas 45 W untuk menyimpan energi listrik. Energi listrik dari aki kemudian dialirkan ke inverter DC ke AC berkapasitas 350 W untuk mengubah daya dari DC ke AC. Alat Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro dengan Menggunakan Alternator Mobil pada dilihat pada Gambar 2(a) dimana desain alat pembangkit listrik tenaga pikohidro menggunakan alternator mobil yang dirancang dengan aplikasi Solidworks 2018 dan Gambar 2(b) menunjukkan proses uji coba dilapangan.



Gambar 2. (a) Desain alat dan (b) Proses Uji coba alat

Ukuran penampang yaitu 95 cm x 95 cm sehingga meningkatkan ketinggian permukaan air sebesar 45 cm, dari awalnya kedalaman 50 cm menjadi 95 cm. Hal ini juga meningkatkan debit air yang semula sebesar 47,5 L/s menjadi sebesar 85,5 L/s setelah penampang dipasang.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa sistem pembangkit listrik tenaga pikohidro yang dirancang mampu menyediakan energi listrik yang kecepatan turbin sebesar 186.9 rpm dimana alternator mobil dalam sistem ini berhasil menghasilkan tegangan rata-rata 13.8 V saat terhubung ke aki, dengan variasi tegangan antara 13.5 V - 14.2 V alternator yang dihubungkan dengan mekanisme penggerak yang digerakkan oleh aliran air, menghasilkan tegangan 12 V yang disalurkan ke aki berkapasitas 45 W untuk menyimpan energi listrik. Energi listrik dari aki kemudian dialirkan ke inverter DC ke AC berkapasitas 350 W untuk mengubah daya dari DC ke AC. Alternator mobil terbukti sebagai solusi praktis untuk menghasilkan daya listrik guna mengisi aki, sementara inverter DC ke AC memastikan pasokan listrik AC yang digunakan untuk keperluan rumah tangga. Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa teknologi pembangkit listrik tenaga pikohidro dengan menggunakan alternator mobil dapat diterapkan secara efektif di daerah terpencil dengan sumber air yang memadai. Implementasi lebih lanjut dan pengujian jangka panjang di lapangan diharapkan dapat mengoptimalkan desain dan meningkatkan efisiensi sistem untuk penggunaan yang lebih luas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Haryono, Arif Febriansyah Juwito, and Sasongko Pramonohadi. 2015. "Optimalisasi Energi Terbarukan pada Pembangkit Tenaga Listrik dalam Menghadapi Desa Mandiri Energi di Margajaya." *Semesta Teknika*, vol. 15, No. 1. doi: 10.18196/st.v15i1.440.
- [2] H. Wiryosumarto and A. Taslim. 2015. "Energi Terbarukan: Sumber dan Teknologi." Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- [3] Y. I. Nakhoda, I. B. Sulistiawati, and A. Soetedjo. 2019. "Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro menggunakan Komponen Bekas dengan Pemanfaatan Potensi Energi Terbarukan di Desa Gelang Kecamatan Sumberbaru Kabupaten Jember." *JURNAL APLIKASI DAN INOVASI IPTEKS "SOLIDITAS" (J-SOLID)*, vol. 1, no. 2. p. 100, doi: 10.31328/js.v1i2.903.
- [4] S. Lubis. 2019. "Rancang Bangun Alternator Mobil Sebagai Pembangkit Energi Listrik Alternatif." *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, vol. 1, no. 2, pp. 77–81, doi: 10.30596/rele.v1i2.3003.
- [5] N. Alipan. 2018. "PENGEMBANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PICO-HYDRO DENGAN MEMANFAATKAN ALTERNATOR UNTUK MEMBANTU PENERANGAN JALAN SEPUTARAN KEBUN SALAK." *Jurnal Edukasi Elektro*, vol. 2, no. 2, pp. 35–42, doi: 10.21831/jee.v2i2.22457.
- [6] Andrik Sunyoto, Priya Surya Harijanto, and Bakti Indra Kurniawan. 2023. "Sistem Instalasi Pembangkit Pikohidro Untuk Keluaran Listrik Arus Searah 12 Volt." *Elposys: Jurnal Sistem Kelistrikan*, vol. 9, no. 3, pp. 99–107, Feb. 2023, doi: 10.33795/elposys.v9i3.642.
- [7] S. Sofiah and M. Hurairah. 2020. "RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK ALTERNATIFDENGAN BANTUAN PULLY DAN BELT MOTOR DC SEBAGAI PENGGERAK ALTERNATOR." *JURNAL SURYA ENERGY*, vol. 5, no. 1, doi: 10.32502/jse.v5i1.2692.
- [8] Y. Abimanyu, S. Sudarti, and Y. Yushardi. 2023. "RANCANG BANGUN SISTEM TURBIN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO PADA DAERAH IRIGASI SAWAH ALIRAN RENDAH." *PHYDAGOGIC : Jurnal Fisika dan Pembelajarannya*, vol. 6, no. 1, pp. 33–37, doi: 10.31605/phy.v6i1.3135.
- [9] Y. T. K. Priyanto, A. A. Matarru, M. R. Dewanto, and R. Wahyudi. 2023. "Desain dan Simulasi Konverter Tiga Fasa AC – DC pada Pico Hydro." *Jurnal Sistim Informasi dan Teknologi*, pp. 57–67, doi: 10.37034/jsisfotek.v5i1.194.
- [10] M. Rizky, M. A. Setyo yudono, A. Suryana, and A. Nugraha. 2023. "ANALISIS POTENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIKO HIDRO ARCHIMEDES SCREW TURBINE DI CURUG SAWER." *MEDIA ELEKTRIKA*, vol. 16, no. 01, p. 71, doi: 10.26714/me.v16i01.10183.

- [11] B. R. Cobb and K. V. Sharp. 2013. "Impulse (Turgo and Pelton) turbine performance characteristics and their impact on pico-hydro installations." *Renew Energy*, vol, 50. pp. 959–964, doi: 10.1016/j.renene.2012.08.010.
- [12] E. Evenly et al. 2023. "Desain Turbin Pelton Kapasitas 26 kW pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Studi Kasus: Kampung Nehibe)." *Jurnal Asimetrik: Jurnal Ilmiah Rekayasa & Inovasi*, pp. 365–374, doi: 10.35814/asiimetrik.v5i2.5126.
- [13] N. P. Ardiansyah, R. H. B. Ash Siddiq, and N. N. Suryaman. 2024. "Pengembangan pembangkit listrik tenaga pikohidro dengan jenis turbin vertikal pada saluran terbuka dengan hambatan." *JITEL (Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Elektronika, dan Listrik Tenaga)*, vol, 4. no. 1, pp. 95–104, doi: 10.35313/jitel.v4.i1.2024.95-104.
- [14] A. Havendri, D. A. Saputra, and M. C. Nurmansyah. 2017. "Perancangan dan Analisis Ekonomi Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro di Desa Garabak Data Kabupaten Solok Sumatera Barat." *METAL: Jurnal Sistem Mekanik dan Termal*, vol, 1. no. 1, p. 20, doi: 10.25077/metal.1.1.20-26.2017.
- [15] G. Ramady Devira and H. Fadriani. 2023. "Pengembangan Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro sebagai Media Pembelajaran berbasis Internet of Things." *Smart Comp: Jurnalnya Orang Pintar Komputer*, vol, 12, no. 1, doi: 10.30591/smartcomp.v12i1.4534.
- [16] Amirudin. 2023. "Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro Berbasis Motor Dc Pada Penerapan Metode Light Trap." *Jurnal Teknik Elektro*, vol, 12. no. 3, pp. 57–67.
- [17] M. C. Rinaldi, R. Hadini, and M. Wakid. 2022. "Desain Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro (Studi Kasus: Kabupaten Magetan, Indonesia)." *Jurnal Riset Rekayasa Sipil*, vol, 6, no. 1, pp. 68–73.
- [18] D. R. Hibrizi, P. Risma, T. Dewi, and H. Marta Yudha. 2024. "Analisa Implementasi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pikohidro Untuk Pertanian Ekonomi Hijau." *Jurnal Techno Bahari*, vol, 11, no. 1, pp. 36–41.
- [19] M. N. Hidayat, F. Ronilaya, I. Heryanto, S. Wibowo, and M. Fahmi Hakim. 2023. "Pemanfaatan Sumber Daya Air untuk Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro di Kawasan Coban Tarzan Kecamatan Jabung Kabupaten Malang." *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, vol, 7. no. 1, [Online]. Available: <http://journal.unhas.ac.id/index.php/panritaabdi>.
- [20] A. Sunyoto, S. Harijanto, and I. K. Bakti. 2022. "Sistem Instalasi Pembangkit Pikohidro Untuk Keluaran Listrik Arus Searah 12 Volt." *ELPOSYS: Jurnal Sistem Kelistrikan*, vol, 09. no. 3.