

Peningkatan Kinerja Penerangan Jalan dengan Perbaikan Sistem Grounding dan Pemeliharaan Internal Generator

Improving Street Lighting Performance through Grounding System Enhancement and Internal Generator Maintenance

Hari Prasetijo^{1*}, Suroso¹, Winasis¹, Widhiatmoko H.P.¹, Priswanto¹

¹Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Jenderal Soedirman

Jalan Mayjend Sungkono Km 05, Kalimanah, Purbalingga, Jawa Tengah

email: *hari.prasetijo@unsoed.ac.id

DOI: 10.30595/jpts.v5i2.27268

ABSTRAK

Pembangkit listrik tenaga pico-hidro merupakan solusi energi terbarukan yang praktis bagi daerah pedesaan yang belum terhubung dengan jaringan listrik nasional (PLN). Namun, penurunan kualitas tegangan sering terjadi akibat gangguan teknis pada instalasi serta kurangnya pemeliharaan secara berkala. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk meningkatkan kinerja tegangan pada sistem penerangan jalan umum (PJU) berbasis pico-hidro di Grumbul Plawetan, Desa Watuagung, Kecamatan Tambak, Kabupaten Banyumas. Permasalahan utama yang teridentifikasi adalah penurunan tegangan pada ujung saluran distribusi hingga mencapai 194,7 volt—di bawah ambang batas minimum 211 volt yang ditetapkan dalam SPLN 72:1987. Metode pemecahan masalah diawali dengan evaluasi teknis menggunakan pendekatan pengukuran langsung dan inspeksi. Hasil penilaian menunjukkan bahwa penyebab utama adalah sistem pentanahan yang mengalami korosi serta keausan pada sikat karbon dan cincin geser pada generator sinkron. Berdasarkan temuan tersebut, dilakukan tindakan perbaikan melalui penggantian batang pentanahan, pembersihan dan penggantian sikat karbon, serta perbaikan cincin geser. Setelah perbaikan dilaksanakan, tegangan meningkat menjadi 226,4 volt, sesuai dengan rentang toleransi standar PLN. Hasil ini menunjukkan bahwa pemeliharaan komponen dasar dapat secara signifikan meningkatkan kinerja sistem. Selain itu, kegiatan ini melibatkan dua warga setempat dalam proses perbaikan, sehingga berkontribusi pada peningkatan kapasitas masyarakat, keberlanjutan, dan kemandirian energi. Model yang dikembangkan dalam kegiatan ini dapat direplikasi sebagai solusi teknis untuk sistem energi berbasis masyarakat serupa.

Kata Kunci: Pembangkit listrik tenaga pico-hidro, regulasi tegangan, perbaikan pentanahan, penerangan jalan umum pedesaan, layanan energi berbasis masyarakat.

ABSTRACT

Pico-hydro power plants provide a practical renewable energy solution for rural areas that remain unconnected to the national electricity grid (PLN). However, voltage quality degradation often occurs due to technical disturbances in the installation and a lack of regular maintenance. This community engagement activity aimed to improve the voltage performance of a pico-hydro-based public

street lighting system (PJU) in Grumbul Plawetan, Watuagung Village, Tambak Subdistrict, Banyumas Regency. The main problem identified was a voltage drop at the end of the distribution line, reaching 194.7 volts—below the minimum threshold of 211 volts set by SPLN 72:1987. The problem-solving method began with a technical evaluation using direct measurement and inspection approaches. This assessment revealed that the primary causes were a corroded grounding system and worn carbon brushes and slip rings in the synchronous generator. Based on these findings, a corrective intervention was carried out through the replacement of the grounding rod, cleaning and replacement of the carbon brushes, and repair of the slip ring. After these measures were implemented, the voltage increased to 226.4 volts, aligning with PLN's standard tolerance range. The results indicate that basic component maintenance can significantly enhance system performance. Moreover, this activity involved two local residents in the repair process, contributing to improved community capacity, sustainability, and energy self-reliance. The model developed in this project can be replicated as a technical solution for similar community-based energy systems.

Keywords: Pico-hydro power plant, voltage regulation, grounding improvement, rural street lighting, community-based energy service.

1. PENDAHULUAN

Pembangunan sistem energi berkelanjutan menjadi salah satu prioritas strategis dalam kebijakan energi nasional Indonesia. Hal ini tercermin dalam Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional (Presiden Republik Indonesia, 2014), yang menargetkan proporsi energi baru terbarukan (EBT) mencapai 23% dari total bauran energi nasional pada tahun 2025. Namun, capaian aktual bauran EBT per semester I tahun 2024 baru mencapai 13,93% (Kementerian ESDM, 2024), menunjukkan adanya kesenjangan antara target dan realisasi yang membutuhkan intervensi nyata di tingkat komunitas.

Salah satu pendekatan yang relevan dalam menjawab tantangan ini adalah pengembangan pembangkit listrik tenaga pikohidro berbasis masyarakat. Teknologi ini telah terbukti efektif sebagai solusi elektrifikasi daerah pedesaan dengan potensi aliran air yang cukup tetapi belum terjangkau jaringan listrik nasional (Yusuf Mappedasse et al., 2023). Di Indonesia, pengembangan sistem pembangkit pikohidro tidak hanya mendukung ketahanan energi lokal, tetapi juga memberikan dampak ekonomi dan sosial yang signifikan terhadap masyarakat (Amali, 2025)

Pada tahun 2023, pengabdian dari Universitas Jenderal Soedirman berhasil membangun sistem penerangan jalan berbasis pikohidro di Grumbul Plawetan, Desa Watuagung, Kecamatan Tambak, Kabupaten Banyumas. Sistem ini terdiri dari bendung sungai, saluran air, rumah turbin-generator berkapasitas 500 watt, serta jaringan distribusi menuju 16 titik lampu penerangan jalan sepanjang 600 meter. Penerapan teknologi ini mengisi kekosongan akses listrik di wilayah yang tidak terjangkau oleh PLN dan menunjukkan keberhasilan awal dari integrasi riset dan pengabdian masyarakat (Prasetijo et al., 2023).

Namun, setelah dua tahun operasional, ditemukan penurunan intensitas cahaya lampu. Informasi dari pengguna bahwa tegangan di titik beban turun hingga 204 volt, lebih rendah dari ambang batas minimum 211 volt yang diatur oleh SPLN 72:1987 (Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara, 1987) dan PUIL 2011 (Badan Standardisasi Nasional, 2011). Penurunan ini dikategorikan sebagai drop voltage, yang dalam jangka panjang dapat menurunkan efisiensi sistem dan memperpendek usia pakai lampu (Rimbawati et al., 2021). Selain itu, instalasi berada di kawasan hutan yang rawan terhadap gangguan eksternal, seperti kerusakan mekanis oleh hewan dan kondisi lingkungan ekstrem, sehingga aspek keselamatan listrik menjadi prioritas.

Berdasarkan kajian teknis dan referensi literatur, solusi penurunan tegangan tidak diarahkan pada penggantian kabel, karena ukuran penampang kabel sudah sesuai standar (SR 2×10 mm², kapasitas 50 A). Sebaliknya, perbaikan sistem grounding menjadi alternatif strategis yang lebih efektif dan efisien. Grounding yang tidak optimal berkontribusi terhadap penurunan tegangan serta membahayakan keselamatan pengguna akibat potensi kebocoran arus (Li et al., 2021). Studi menunjukkan bahwa sistem grounding yang baik dapat meningkatkan kestabilan tegangan dan mengurangi risiko kerusakan perangkat listrik yang sensitif terhadap fluktuasi arus (Ellinas et al., 2024).

Selain grounding, faktor internal dari generator seperti brush (sikat karbon) dan slip ring juga memiliki kontribusi terhadap distorsi gelombang tegangan dan total harmonic distortion (THD). Komponen ini mengalami keausan seiring waktu dan jika tidak dilakukan pemeliharaan rutin, dapat menyebabkan bentuk gelombang tegangan menyimpang dari sinusoidal ideal, meningkatkan iron losses, dan mengurangi efisiensi sistem secara keseluruhan (Ulinuha & Sari, 2021).

Dengan mempertimbangkan permasalahan tersebut, kegiatan pengabdian ini dirancang untuk melakukan perbaikan sistem grounding dan pemeliharaan komponen internal generator sebagai solusi peningkatan performa sistem penerangan jalan pikohidro. Kegiatan ini tidak hanya memperkuat keberlanjutan fungsi infrastruktur energi berbasis masyarakat, tetapi juga memperkaya literatur dan praktik pengabdian masyarakat berbasis riset yang aplikatif dan berdampak.

2. METODE

Kegiatan pengabdian ini dilaksanakan dengan pendekatan Difusi Ipteks *community-based*, yang mengedepankan partisipasi aktif masyarakat dan penerapan teknis berbasis kebutuhan lokal. Lokasi kegiatan berada di Grumbul Plawetan, Desa Watuagung, Kecamatan Tambak, Kabupaten Banyumas. Fokus kegiatan adalah peningkatan tegangan sistem penerangan jalan umum (PJU) berbasis pembangkit listrik tenaga pikohidro melalui perbaikan sistem grounding dan pemeliharaan komponen internal generator sinkron.

Pelaksanaan kegiatan dilakukan melalui tahapan sebagai berikut:

1. Pengukuran tegangan awal
Pengukuran dilakukan menggunakan voltmeter digital dengan seluruh beban (16 lampu masing-masing 15 watt) dalam keadaan menyala. Tegangan diukur di titik terjauh dari pembangkit pikohidro untuk mengetahui level drop voltage.
2. Pemeriksaan dan penggantian grounding
Grounding sistem diperiksa secara fisik. Batang grounding yang mengalami korosi diganti dengan batang tembaga baru, untuk meningkatkan konduktivitas grounding.
3. Pemeriksaan dan perbaikan komponen generator
Bagian sikat arang (carbon brush) dan slip ring pada generator sinkron dibongkar dan diperiksa. Komponen yang aus dan tidak simetris diganti untuk menstabilkan tegangan dan mengurangi harmonisa tegangan.
4. Pengukuran tegangan setelah perbaikan
Setelah semua perbaikan dilakukan, dilakukan pengukuran ulang tegangan untuk mengetahui efektivitas intervensi. Hasil dibandingkan dengan standar SPLN 72:1987 (+5%).

Metode ini mengikuti prinsip efisiensi pemeliharaan sistem distribusi tegangan rendah sebagaimana disarankan dalam praktik teknis sederhana di daerah rural berbasis pikohidro (Williams & Simpson, 2009).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan pengabdian ini bertujuan untuk mengatasi penurunan kualitas tegangan pada sistem penerangan jalan umum (PJU) yang memanfaatkan pembangkit listrik tenaga pikohidro. Sistem telah beroperasi selama dua tahun dan menunjukkan penurunan performa secara bertahap. Berdasarkan pengukuran awal menggunakan voltmeter digital saat semua titik beban aktif, tegangan pada titik paling ujung hanya tercatat sebesar 194,7 volt seperti ditunjukkan gambar 1. Nilai ini berada di bawah batas minimum yang ditetapkan oleh SPLN 72:1987, yaitu 211 volt. Penurunan sebesar $\pm 11,5\%$ ini dikategorikan sebagai drop voltage yang dapat berdampak langsung pada berkurangnya intensitas pencahayaan serta memperpendek usia pakai lampu-lampu LED penerangan (Damanik & Sinisuka, 2016). Bila dibiarkan, hal ini juga dapat meningkatkan risiko kerusakan pada peralatan sensitif lainnya yang terhubung ke sistem.



Gambar 1. Pengukuran awal tegangan ujung penerangan jalan

Investigasi terhadap sistem grounding menunjukkan bahwa batang tembaga telah mengalami korosi berat, menyebabkan resistansi tanah meningkat dan aliran arus gangguan tidak dapat disalurkan dengan baik. Kondisi ini melemahkan stabilitas sistem distribusi dan menambah beban kerja generator. Oleh karena itu, dilakukan penggantian batang grounding untuk memperbaiki konduktivitas tanah seperti ditunjukkan gambar 2. Intervensi ini merujuk pada rekomendasi IEEE Std. 142-2007 (IEEE-SA Standards Board, 2007), yang menegaskan bahwa sistem grounding yang optimal memainkan peran penting dalam menjaga kestabilan tegangan serta keselamatan sistem pada jaringan tegangan rendah.



Gambar 2. Penggantian rod grounding

Pemeriksaan pada bagian internal generator sinkron didapatkan bahwa sikat arang (*carbon brush*) telah aus dan tidak simetris. Selain itu, permukaan slip ring tampak berkarat dan tidak rata akibat gesekan kontinu. Gambar 3 mendokumentasikan kondisi komponen ini sebelum diganti. Keausan ini menyebabkan peningkatan *total harmonic distortion* (THD) dan penyimpangan bentuk gelombang dari sinusoidal murni. Jika dibiarkan, hal ini berdampak pada meningkatnya rugi-rugi besi (*iron losses*) serta menurunnya efisiensi sistem pembangkitan. Perawatan dilakukan dengan penggantian sikat arang (*carbon brush*), penggantian *slip ring*, serta penggantian V-belt yang telah longgar akibat usia pakai, untuk memastikan putaran rotor tetap stabil dan konsisten (Zhao et al., 2021).



Gambar 3. Carbon brush dan slip ring eksisting

Setelah seluruh intervensi teknis dilakukan, pengukuran ulang terhadap sistem distribusi menunjukkan hasil yang signifikan. Tegangan output meningkat menjadi 226,4 volt seperti ditunjukkan gambar 4, yang berada dalam batas toleransi atas sesuai standar PLN (+5% dari 220 V = 231 V). Peningkatan lebih dari 30 volt ini membuktikan bahwa intervensi teknis sederhana mampu memulihkan performa sistem secara efektif dan efisien.



Gambar 4. Tegangan setelah perbaikan

Pendekatan partisipatif untuk transfer pengetahuan melibatkan 2 warga yang memiliki dasar kemampuan teknis, sejalan dengan model pemberdayaan berbasis teknologi desa yang telah berhasil diterapkan di lokasi lain. Masyarakat sebagai pengguna akhir diharapkan memiliki kapabilitas teknis dasar untuk menjaga keberlangsungan sistem energi lokal secara mandiri.



Gambar 5. Transfer pengetahuan

Secara keseluruhan, kegiatan ini menunjukkan bahwa penurunan tegangan pada sistem PJU berbasis pikohidro dapat diatasi melalui pendekatan berbasis perbaikan grounding dan pemeliharaan komponen generator. Upaya ini tidak memerlukan investasi besar, namun mampu memberikan dampak nyata terhadap kestabilan sistem, umur pakai peralatan, serta keberlanjutan layanan penerangan di wilayah yang belum terjangkau jaringan listrik nasional.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kegiatan pengabdian masyarakat ini berhasil mengatasi permasalahan penurunan tegangan pada sistem penerangan jalan umum (PJU) berbasis pembangkit listrik tenaga pikohidro di Grumbul Plawetan, Desa Watuagung, Kecamatan Tambak, Kabupaten Banyumas. Permasalahan utama berupa tegangan rendah (194,7 V) berhasil ditingkatkan menjadi 226,4 V melalui serangkaian tindakan perbaikan teknis.

Solusi yang dilakukan meliputi penggantian batang grounding yang telah berkarat, perbaikan dan penggantian sikat arang serta slip ring pada generator sinkron. Intervensi ini terbukti efektif, ditunjukkan dengan tegangan yang kembali stabil dan sesuai standar SPLN 72:1987, serta meningkatnya kualitas pencahayaan jalan umum di lokasi kegiatan.

Dampak kegiatan ini tidak hanya teknis, tetapi juga sosial, karena melibatkan partisipasi masyarakat dalam proses pemeliharaan dan perawatan sistem, serta memberikan pelatihan sederhana untuk mendukung keberlanjutan operasional secara mandiri.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim pengabdian mengucapkan terima kasih kepada LPPM UNSOED yang telah mendukung pelaksanaan kegiatan melalui PKM Berbasis Riset No. Kontrak 14.178/UN23.34/PM.01/V/2025.

DAFTAR PUSTAKA

Amali, K. (2025). DESAIN DAN IMPLEMENTASI PEMBANGKIT LISTRIK SKALA PICOHIDRO BERBASIS POTENSI ALIRAN SUNGAI DI DUSUN BONTULA. *Journal Of Renewable Energy Engineering*, 3(1), 8–15. <https://doi.org/10.56190/jree.v3i1.48>

Badan Standardisasi Nasional. (2011). *Persyaratan Umum Instalasi Listrik* (2011th ed.).

Damanik, I. A. V., & Sinisuka, N. I. (2016). The effect of voltage variation (160–240volt) on lighting quality and color properties of LED lamps in Indonesia. *2016 3rd Conference on Power Engineering and Renewable Energy (ICPERE)*, 179–183. <https://doi.org/10.1109/ICPERE.2016.7904865>

- Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara. (1987). *SPLN 72: Spesifikasi Desain untuk Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dan Jaringan Tegangan Rendah (JTR)*.
- Ellinas, E. D., Lianos, G., Kontargyri, V. T., Christodoulou, C. A., & Gonos, I. F. (2024). Performance Evaluation of Grounding Systems of Medium-Voltage Concrete Poles: A Comprehensive Analysis. *Applied Sciences*, 14(9), 3758. <https://doi.org/10.3390/app14093758>
- IEEE-SA Standards Board. (2007). *IEEE Std 142 : Grounding of Industrial and Commercial Power Systems*. Institute of Electrical and Electronics Engineers,.
- Kementerian ESDM. (2024, September 9). *Siaran pers Kementerian ESDM nomor: 499.Pers/04/SJI/2024*. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/kementerian-esdm-tarik-investasi-tingkatkan-bauran-energi-dari-ebt>
- Li, C., Wen, X., Guo, L., Chen, J., Chen, J., & Lu, H. (2021). Hazard evaluation of ground potential difference within grounding grid on personal safety under impulse current. *IET Science, Measurement & Technology*, 15(6), 544–550. <https://doi.org/10.1049/smt2.12055>
- Prasetijo, H., Purnomo, W. H., Suroso, S., Winasis, W., & Zulfa, M. I. (2023). Pemanfaatan Potensi Daya Listrik Dan Instalasi Turbin-Generator Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Indonesia*, 3(4), 565–574. <https://doi.org/10.52436/1.jpmi.1418>
- Presiden Republik Indonesia. (2014). *Peraturan Pemerintah No. 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional*. <https://jdih.esdm.go.id/dokumen/view?id=186>
- Rimbawati, Pelawi, Z., Alam, H., & Irwanto, M. (2021). The Effect Of Source Voltage Fluctuation on Illumination Decrease In Bandles, Led Lights, and Energy Saving Lights. *Journal of Physics: Conference Series*, 1811(1), 012106. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1811/1/012106>
- Ulinuha, A., & Sari, E. M. (2021). The influence of harmonic distortion on losses and efficiency of three-phase distribution transformer. *Journal of Physics: Conference Series*, 1858(1), 012084. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1858/1/012084>
- Williams, A. A., & Simpson, R. (2009). Pico hydro – Reducing technical risks for rural electrification. *Renewable Energy*, 34(8), 1986–1991. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2008.12.011>
- Yusuf Mappedasse, M., Haripuddin, H., & Zauqi, A. (2023). KASAMBANG VILLAGE, MAMUJU DISTRICT: DEVELOPMENT OF PIKO HYDRO POWER PLANT USING FLOW RICE IRRIGATION IN KASAMBANG VILLAGE. *Journal of Electrical Engineering and Informatics*, 1(1), 6–15. <https://doi.org/10.59562/jeeni.v1i1.418>
- Zhao, S., Ma, H., Jiang, M., Li, C., Liu, Y., Zhao, X., & Chen, X. (2021). Study of Carbon Brush and Slip-Ring System Abrasion From Electric Contact Friction Under Special Environments. *IEEE Access*, 9, 9308–9317. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3050098>