

Peningkatan Performa Pembangkit Listrik Piko-hidro melalui Optimalisasi Pulley, Flywheel, Bearing, dan Sistem V-Belt

Performance Improvement of a Pico-Hydro Power Plant through Pulley, Flywheel, Bearing, and V-Belt System Optimization

Hari Prasetijo^{1*}, Widhiatmoko H.P.², Yogi Ramadhani³, Hesti Susilawati⁴, Atyanti Isworo⁵

^{1,2,3,4})Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Jenderal Soedirman
Jalan Mayjend Sungkono Km 05, Kalimanah, Purbalingga, Jawa Tengah

⁵)Program Studi Pendidikan Profesi Ners, Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Jenderal Soedirman
Jalan. dr. Soeparno Grendeng, Purwokerto, Jawa Tengah

email: hari.prasetijo@unsoed.ac.id

DOI:10.30595/jpts/v%i%.xxxx

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Piko-hidro (PLTPH) merupakan solusi energi terbarukan bagi masyarakat perdesaan yang belum terjangkau jaringan listrik nasional. Sejak 2017, PLTPH berkapasitas 1.500 W telah menyuplai listrik untuk 17 titik penerangan jalan umum dan satu musala di Dusun Siwarak, Desa Watuagung, Kabupaten Banyumas. Rencana perluasan penerangan jalan ke Dusun Binangun meningkatkan kebutuhan daya yang tidak lagi dapat dipenuhi secara optimal akibat ketidakstabilan putaran generator, rugi-rugi transmisi, dan penurunan kinerja komponen internal. Tujuan pengabdian ini adalah meningkatkan performa PLTPH agar mampu melayani [penambahan penerangan jalan dari 17 menjadi 25 titik](#) melalui optimalisasi sistem transmisi mekanik dan pemeliharaan generator. Metode pelaksanaan meliputi evaluasi kondisi eksisting, pemasangan *pulley, flywheel, bearing*, dan sistem *V-belt*, pemeliharaan komponen internal generator, pengujian tegangan beban penuh, serta pendampingan masyarakat. Hasil menunjukkan PLTPH mampu menyuplai [25 titik penerangan jalan dengan tegangan keluaran 212,3 V](#), masih memenuhi [SPLN 72:1987 dan PUIL 2011](#) karena berada di atas batas bawah [198 V \(-10% dari tegangan nominal 220 V\)](#).

Kata Kunci: pembangkit listrik tenaga piko-hidro sistem transmisi mekanik, flywheel; pulley, penerangan jalan umum, pemberdayaan masyarakat.

ABSTRACT

Pico-hydro power plants (PLTPH) is a renewable energy solution for rural communities with limited access to the national electricity grid. Since 2017, a 1,500 W PLTPH has supplied electricity to 17 public street lighting units and a community prayer facility in Siwarak Hamlet, Watuagung Village, Banyumas Regency. The planned expansion of public street lighting to Binangun Hamlet increased the electricity demand beyond the capability of the existing system due to unstable generator speed, transmission losses, and deterioration of internal generator components. The objective of this community service program was to improve the performance of the [PLTPH](#) to support the expansion of public street lighting from 17 to 25 units through mechanical transmission optimization and generator maintenance. The implementation method consisted of existing-condition assessment, installation of pulleys, a flywheel, bearings, and a V-belt system, maintenance of internal generator components, full-load voltage testing, and community assistance. The results showed that the PLTPH successfully supplied 25 public street lighting units with an output voltage of 205 V, complying with [SPLN 72:1987 and PUIL 2011](#) since the measured voltage remained above the minimum allowable limit of 198 V (-10% of the nominal 220 V low-voltage system).

Keywords: pico-hydro power plant, mechanical transmission, flywheel, pulley, public street lighting, community empowerment.

1. Pendahuluan

Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro (PLTPH) merupakan salah satu teknologi energi terbarukan yang sesuai untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat perdesaan, terutama di wilayah yang belum terjangkau jaringan listrik nasional. Teknologi ini memiliki konstruksi sederhana, biaya investasi dan operasi yang relatif rendah, serta mampu memanfaatkan potensi energi aliran air secara berkelanjutan sehingga mendukung kemandirian energi masyarakat berbasis sumber daya lokal (Yusuf Mappeasse et al., 2023).

Sebagai implementasi pengabdian berbasis riset, pada tahun 2017 telah dibangun PLTPH berkapasitas 1.500 W di Dusun Siwarak, Desa Watuagung, Kabupaten Banyumas untuk melayani 17 titik penerangan jalan umum dan fasilitas musala. Seiring meningkatnya kebutuhan masyarakat, direncanakan penambahan jaringan penerangan hingga Dusun Binangun sehingga jumlah titik lampu meningkat menjadi 30. Namun, evaluasi lapangan menunjukkan bahwa sistem eksisting belum mampu memenuhi kebutuhan tersebut karena fluktuasi debit air menyebabkan putaran generator tidak stabil dan kualitas tegangan menurun (Prasetyo et al., 2025).

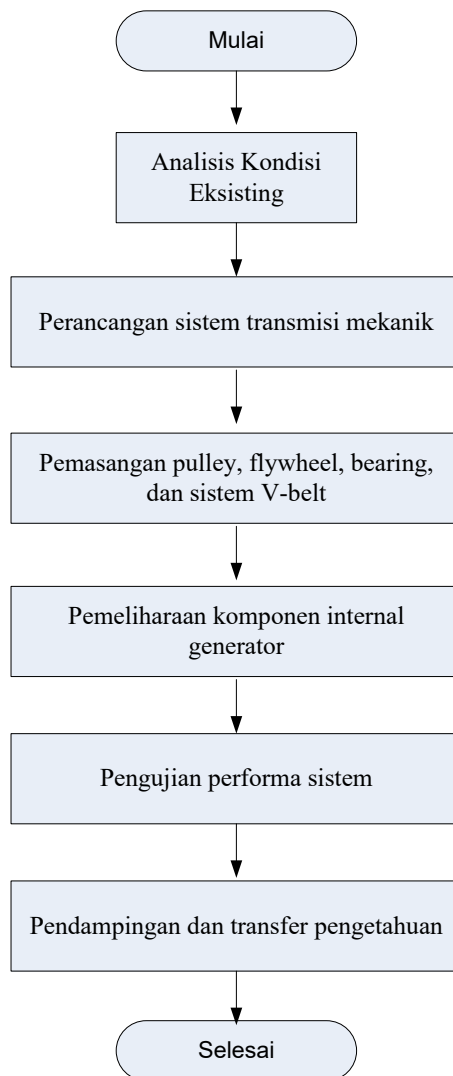
Inspeksi teknis menunjukkan bahwa sistem transmisi masih menggunakan kopel V-belt sederhana tanpa pulley dan flywheel sehingga generator belum beroperasi pada kecepatan optimum. Selain itu, setelah sekitar delapan tahun beroperasi, beberapa komponen internal generator, seperti carbon brush, slip ring, rectifier, dan kumparan stator, mengalami penurunan performa akibat keausan. Kondisi tersebut meningkatkan rugi-rugi mekanik dan elektromagnetik sehingga efisiensi pembangkitan menurun (Amali, 2025).

Peningkatan performa PLTPH dapat dilakukan melalui optimalisasi sistem transmisi mekanik tanpa mengubah kapasitas turbin maupun generator. Penggunaan pulley memungkinkan penyesuaian rasio putaran generator, sedangkan flywheel meningkatkan momen inersia untuk meredam fluktuasi putaran. Efektivitas sistem juga didukung oleh bearing dan V-belt yang bekerja dengan alignment yang baik, serta pemeliharaan carbon brush, slip ring, rectifier, dan kumparan stator guna menjaga kestabilan tegangan dan efisiensi konversi energi (Asgharpour-Alamdari et al., 2017).

Berdasarkan kondisi tersebut, kegiatan pengabdian ini bertujuan meningkatkan performa PLTPH melalui optimalisasi sistem transmisi mekanik dan pemeliharaan komponen internal generator. Penerapan pulley, flywheel, bearing, dan sistem V-belt, yang dipadukan dengan pemeliharaan generator, diharapkan mampu meningkatkan kualitas serta kuantitas daya listrik untuk mendukung penambahan penerangan jalan sekaligus memperkuat keberlanjutan pengelolaan PLTPH oleh masyarakat.

2. Metode

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat dilaksanakan di Dusun Siwarak dan Dusun Binangun, Desa Watuagung, Kecamatan Tambak, Kabupaten Banyumas, dengan mengombinasikan metode difusi ipteks, pelatihan, dan pendampingan. Difusi ipteks diwujudkan melalui penerapan teknologi optimalisasi sistem transmisi mekanik dan pemeliharaan komponen internal generator pada Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro (PLTPH). Pelatihan diberikan kepada masyarakat melalui praktik langsung (*learning by doing*) mengenai pengoperasian dan pemeliharaan sistem, sedangkan pendampingan dilakukan selama proses instalasi, pengujian, dan evaluasi untuk meningkatkan kapasitas teknis serta mendukung keberlanjutan pengelolaan pembangkit. Tahapan pelaksanaan kegiatan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur kegiatan

Alur kegiatan dalam Gambar 1 dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Analisis kondisi eksisting sistem pembangkit

Analisis dilakukan melalui survei dan inspeksi teknis selama **1 hari** terhadap rumah pembangkit, turbin, generator, sistem transmisi, serta komponen internal generator. Tahap ini juga mengidentifikasi kebutuhan penambahan titik penerangan jalan sebagai dasar penyusunan solusi teknis.

2. Perancangan sistem transmisi mekanik

Perancangan meliputi penentuan rasio transmisi melalui pemilihan diameter pulley, spesifikasi flywheel, bearing, dan V-belt agar generator beroperasi mendekati kecepatan nominal tanpa mengubah konstruksi turbin dalam waktu **1 minggu**.

3. Pemasangan pulley, flywheel, bearing, dan sistem V-belt

Implementasi dilakukan melalui pemasangan seluruh komponen transmisi, diikuti penyetelan alignment poros dan ketegangan V-belt dalam **1 hari** untuk meningkatkan efisiensi penyaluran daya mekanik.

4. Pemeliharaan komponen internal generator

Pemeliharaan dalam waktu **1 hari** meliputi penggantian carbon brush, perbaikan slip ring, pemeriksaan rectifier, dan perbaikan kumparan stator apabila ditemukan penurunan kualitas komponen.

5. Pengujian performa sistem

Kinerja sistem dievaluasi melalui pengukuran tegangan keluaran, kestabilan putaran generator, dan kemampuan melayani beban penerangan jalan. Hasil pengujian dibandingkan dengan SPLN 72:1987 dan PUIL 2011.

6. Pendampingan dan transfer pengetahuan

Masyarakat dilibatkan dalam proses instalasi, pengujian, dan diskusi pemeliharaan dasar selama **3 hari** untuk menyiapkan 1 orang yang memiliki kemampuan dasar mengoperasikan serta merawat PLTPH secara mandiri dan berkelanjutan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisis Kondisi Eksisting Sistem Pembangkit

Observasi lapangan dan inspeksi teknis dilakukan terhadap PLTPH yang telah beroperasi sejak 2017 untuk mengidentifikasi kondisi sistem sebagai dasar optimalisasi. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa turbin, generator, dan jaringan distribusi masih berfungsi, namun beberapa komponen mekanik mengalami penurunan performa akibat usia operasi. Kondisi eksisting sistem ditunjukkan pada Gambar 2.



(a) Kondisi eksisting

(b) kondisi awal tahun 2018

Gambar 2. Kondisi eksisting rumah pembangkit dan sistem turbin-generator.

Gambar 2(a) menunjukkan sistem transmisi masih menggunakan V-belt tanpa mekanisme penyetel ketegangan sehingga berpotensi menimbulkan slip dan meningkatkan getaran saat terjadi perubahan debit air maupun beban. Pada Gambar 2(b) konfigurasi awal, sistem juga belum dilengkapi pulley dan flywheel sehingga putaran generator sepenuhnya mengikuti putaran turbin. Kondisi ini menyebabkan tegangan keluaran kurang stabil karena generator sinkron memerlukan kecepatan putar yang relatif konstan (S. K. Sahdev, 2018).

Inspeksi juga menunjukkan bearing rentan terhadap korosi akibat lingkungan yang lembap sehingga meningkatkan rugi-rugi mekanik. Selain itu, carbon brush, slip ring, rectifier, dan kumparan stator mulai mengalami penurunan performa akibat keausan yang dapat memengaruhi kestabilan eksitasi dan efisiensi pembangkitan (Zhao et al., 2021). Berdasarkan hasil tersebut, peningkatan performa PLTPH memerlukan optimalisasi sistem transmisi dan pemeliharaan komponen internal generator secara terpadu.

3.2 Perancangan Sistem Transmisi Mekanik

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa sistem transmisi menjadi faktor utama yang membatasi performa PLTPH karena generator masih beroperasi mengikuti fluktuasi putaran turbin. Untuk

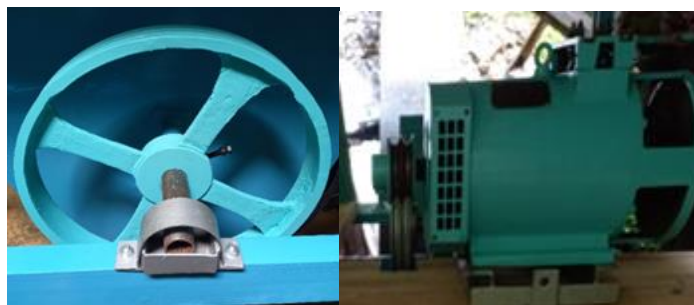
mengatasinya dirancang sistem transmisi menggunakan pulley, flywheel, bearing, dan V-belt guna meningkatkan kestabilan putaran tanpa mengubah konstruksi turbin maupun generator.

Rasio transmisi ditentukan menggunakan pulley berdiameter 24 inci pada sisi turbin dan 16 inci pada sisi generator sehingga generator bekerja lebih mendekati kecepatan nominal. Konfigurasi ini diharapkan meningkatkan stabilitas tegangan dan regulasi generator. Sistem juga dilengkapi flywheel berdiameter 16 inci dengan massa sekitar 50 kg untuk meningkatkan momen inersia sehingga fluktuasi putaran akibat perubahan debit air maupun beban dapat diredam (S. K. Sahdev, 2018).

Perancangan turut mencakup penggantian bearing dan V-belt serta penyetelan alignment poros untuk mengurangi gesekan, meminimalkan slip, dan meningkatkan efisiensi transmisi. Kombinasi seluruh komponen tersebut diharapkan menghasilkan putaran generator yang lebih stabil, meningkatkan efisiensi konversi energi, serta mendukung penambahan beban penerangan jalan tanpa meningkatkan kapasitas pembangkit.

3.3 Implementasi Optimalisasi Sistem Transmisi Mekanik

Implementasi diawali dengan pelepasan sistem transmisi lama, kemudian pemasangan pulley, flywheel, bearing, dan V-belt sesuai rancangan. Alignment poros serta ketegangan V-belt disetel untuk memperoleh transmisi daya yang optimal.



Gambar 3. Pemasangan pulley pada sistem transmisi.

Gambar 3 menunjukkan pemasangan dua pulley pada poros turbin dan poros generator sebagai sistem transmisi mekanik PLTPH. Kombinasi kedua pulley menghasilkan rasio transmisi yang meningkatkan putaran generator sehingga beroperasi lebih mendekati kecepatan sinkron. Konfigurasi ini memperbaiki efisiensi penyaluran daya mekanik dari turbin ke generator serta meningkatkan kestabilan putaran selama pembangkitan. Dibandingkan sistem sebelumnya, konfigurasi ini menghasilkan putaran yang lebih stabil dan mendukung regulasi tegangan yang lebih baik (Yanto et al., 2020).

Gambar 4 menunjukkan pemasangan *flywheel* seberat 50 kg pada poros generator sebagai penambah momen inersia sistem. *Flywheel* berfungsi menyimpan energi kinetik sehingga fluktuasi putaran akibat perubahan debit air maupun beban dapat diredam. Peningkatan momen inersia tersebut menghasilkan putaran generator yang lebih stabil dan mendukung kualitas tegangan keluaran selama operasi PLTPH. Dengan demikian, respon dinamis sistem menjadi lebih baik dan tegangan keluaran generator lebih stabil (S. K. Sahdev, 2018).



Gambar 4. Pemasangan flywheel pada poros generator.

Bearing dan V-belt baru dipasang untuk mengurangi gesekan, meminimalkan slip, dan memperbaiki keselarasan poros seperti ditunjukkan Gambar 5. Pada Gambar 5 bearing dipasang pada mangkuk oli (*oil bath*) untuk menjaga pelumasan secara kontinyu sehingga mengurangi gesekan dan memperpanjang umur pakai sistem transmisi sedangkan sistem transmisi menggunakan dua V-belt untuk meningkatkan kapasitas penyaluran daya, mengurangi slip, dan menjaga kestabilan putaran generator. Secara keseluruhan, implementasi sistem transmisi menghasilkan konfigurasi mekanik yang lebih stabil dan menjadi dasar peningkatan performa pembangkit.



Gambar 5. Pemasangan V-belt dan bearing.

3.4 Pemeliharaan dan Optimalisasi Komponen Internal Generator

Setelah optimalisasi mekanik, dilakukan pemeliharaan komponen internal generator yang meliputi carbon brush, slip ring, rectifier, dan kumparan stator seperti ditunjukkan Gambar 6. Gambar 6 menunjukkan proses pemeriksaan dan pemeliharaan komponen internal generator yang meliputi *carbon brush*, *slip ring*, *rectifier*, dan kumparan stator. Hasil inspeksi menunjukkan seluruh komponen masih dalam kondisi baik sehingga pemeliharaan difokuskan pada pembersihan debu dan kotoran untuk menjaga kualitas kontak listrik, sistem eksitasi, serta keandalan operasi generator. Perbaikan kumparan meningkatkan distribusi fluks magnet serta efisiensi konversi energi elektromagnetik (Tarnapowicz et al., 2024). Kombinasi tindakan tersebut menghasilkan sistem eksitasi yang lebih andal dan mendukung peningkatan kualitas pembangkitan.



Gambar 6. Pemeliharaan komponen internal generator.

3.5 Evaluasi Performa Sistem Setelah Optimalisasi

Evaluasi dilakukan setelah seluruh tahapan optimalisasi selesai melalui pengukuran tegangan keluaran, dan kemampuan sistem melayani beban penerangan jalan.

Gambar 7 menunjukkan proses pengukuran tegangan keluaran generator pada sisi stop kontak menggunakan multimeter digital setelah seluruh tahapan optimalisasi selesai dilaksanakan. Pengukuran dilakukan pada kondisi beban penuh untuk memverifikasi tegangan keluaran PLTPH sebagai parameter evaluasi kinerja sistem. Hasil pengukuran adalah 212,3 volt. Nilai tersebut masih berada dalam batas toleransi SPLN 72:1987 dan PUIL 2011 yaitu 198 volt, sehingga layak digunakan untuk sistem penerangan jalan (Badan Standardisasi Nasional, 2011; Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara, 1987). Pemasangan pulley dan flywheel menghasilkan putaran generator yang lebih stabil, sedangkan penggantian bearing dan penyetelan V-belt meningkatkan efisiensi transmisi mekanik.



Gambar 7. Tegangan generator dengan beban 25 titik lampu

Pemeliharaan carbon brush, slip ring, rectifier, dan kumparan stator turut meningkatkan kestabilan eksitasi dan proses induksi elektromagnetik. Secara keseluruhan, optimalisasi mekanik yang

dipadukan dengan pemeliharaan generator berhasil meningkatkan performa PLTPH tanpa mengubah kapasitas turbin maupun generator.

3.6 Transfer Pengetahuan dan Keberlanjutan Program

Keberhasilan program didukung oleh transfer pengetahuan kepada masyarakat selama proses instalasi, pengujian, dan pemeliharaan sistem. Pendampingan dilakukan melalui praktik langsung (*learning by doing*) mengenai fungsi komponen, penyetelan V-belt, pemeriksaan bearing, carbon brush, serta pemeliharaan rutin generator. Kegiatan ini meningkatkan kemampuan masyarakat dalam mengoperasikan dan merawat PLTPH secara mandiri. [Gambar 8 menunjukkan penunjukan satu orang perwakilan masyarakat sebagai petugas pemeliharaan PLTPH yang bertanggung jawab terhadap pengoperasian dan perawatan rutin sistem. Penunjukan petugas ini diharapkan mendukung keberlanjutan operasional pembangkit serta menjamin kontinuitas pelayanan penerangan jalan kepada masyarakat.](#)



Gambar 8. Transfer pengetahuan kepada calon petugas pemelihara PLTPH

4. Kesimpulan

Kegiatan pengabdian ini berhasil meningkatkan performa Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro (PLTPH) melalui optimalisasi sistem transmisi mekanik dan pemeliharaan komponen internal generator tanpa mengubah kapasitas turbin maupun generator. Penerapan pulley, flywheel, bearing, sistem V-belt, serta pemeliharaan carbon brush, slip ring, rectifier, dan kumparan stator menghasilkan putaran generator yang lebih stabil, meningkatkan keandalan sistem eksitasi, dan mempertahankan tegangan keluaran dalam batas toleransi SPLN 72:1987 dan PUIL 2011. Selain meningkatkan kinerja teknis pembangkit, kegiatan ini juga memperkuat kapasitas masyarakat melalui pendampingan pengoperasian dan pemeliharaan PLTPH sehingga mendukung keberlanjutan pemanfaatan energi terbarukan untuk penerangan jalan di wilayah perdesaan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim pengabdian mengucapkan terima kasih kepada LPPM UNSOED yang telah mendukung pelaksanaan kegiatan melalui PKM Berbasis Riset No. Kontrak 13.229/UN23.34/PM.01.00/IV/2026.

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>
- Asgharpour-Alamdari, H., Alinejad-Beromi, Y., & Yaghobi, H. (2017). Reduction in distortion of the synchronous generator voltage waveform using a new winding pattern. *IET Electric Power Applications*, 11(2), 233–241. <https://doi.org/10.1049/iet-epa.2016.0502>
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). *Persyaratan Umum Instalasi Listrik* (2011th ed.).
- Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara. (1987). *SPLN 72: Spesifikasi Desain untuk Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dan Jaringan Tegangan Rendah (JTR)*.
- Prasetyo, H., Suroso, Winasis, Widhiatmoko H.P., & Priswanto. (2025). Peningkatan Kinerja Penerangan Jalan dengan Perbaikan Sistem Grounding dan Pemeliharaan Internal Generator. *Jurnal Pengabdian Teknik Dan Sains (JPTS)*, 5(2), 53–59. <https://doi.org/10.30595/jpts.v5i2.27268>
- S. K. Sahdev. (2018). *Electrical Machines*. Cambridge University Press.
- Tarnapowicz, D., Zaleski, T., Matuszak, Z., Jaskiewicz, M., & Sawicki, S. (2024). Testing the Automatic Voltage Regulators of Ship Synchronous Generators Using Hardware-in-the-Loop Technology. *Energies*, 17(23), 5963. <https://doi.org/10.3390/en17235963>
- Yanto, W. F., Iswahyudi, S., & Suharno, K. (2020). *PERANCANGAN TURBIN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO KAPASITAS 1 KW: STUDI KASUS KALI BENING KOTA MAGELANG*.
- Yusuf Mappeasse, 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>