



Analisa Pengaruh Sistem Pembumian Berupa Pemasangan *Ground Steel Wire* dan Pembumian terhadap Gangguan Akibat Sambaran Petir pada Jaringan SUTM di Penyulang Surabrata

I Gede Avانبala Putra¹, I Wayan Suriana², I Wayan Dikse Pancane³, I Nyoman Gede Adrama⁴

¹⁻⁴Universitas Pendidikan Nasional, Inodnesia

Email: gedebala99@gmail.com¹, wayansuriana@undiknas.ac.id²

*Penulis Korespondensi: wayansuriana@undiknas.ac.id

Abstract. This research is driven by the high frequency of disturbances caused by lightning strikes on the Medium Voltage Overhead Line (SUTM) network at the Surabrata Feeder, PT PLN (Persero) South Bali Area, which recorded 8 disturbances between October 2024 and February 2026. These disturbances were triggered by the open geographical terrain and induction from lightning strikes on trees surrounding the network, while the previous arrester chamber protection system had a resistance value of 6.68 Ω , which was suboptimal in providing adequate protection. This study aims to analyze the influence of installing Ground Steel Wire (GSW) and a grounding system on the reduction of lightning disturbances and to determine its effectiveness. The method employed is quantitative, utilizing direct field measurement techniques of grounding resistance values conducted seven times at different intervals to ensure data accuracy. The results indicate that the installation of 998 meters of GSW using three parallel rod electrodes produced an average grounding resistance value of 1.70 Ω . This value complies with the SPLN D5.008-1 standard, which mandates a maximum resistance value of 5 Ω . The implementation of this grounding system proved to be highly effective, as it successfully reduced the frequency of lightning-related disturbances significantly from 8 occurrences to only 1.

Keywords: Effectiveness; Ground Steel Wire; Grounding System; Lightning; SUTM

Abstrak. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh tingginya frekuensi gangguan akibat sambaran petir pada jaringan Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) di Penyulang Surabrata, PT. PLN (Persero) Area Bali Selatan, yang tercatat sebanyak 8 kali gangguan dalam periode Oktober 2024 hingga Februari 2026. Gangguan tersebut dipicu oleh kondisi geografis lahan yang terbuka serta adanya induksi dari sambaran petir pada pohon di sekitar jaringan, sementara sistem proteksi *arrester chamber* sebelumnya memiliki nilai tahanan 6,68 Ω yang belum maksimal dalam memberikan perlindungan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh pemasangan *Ground Steel Wire* (GSW) dan sistem pembumian terhadap penurunan gangguan petir serta menentukan nilai efektivitasnya. Metode yang digunakan adalah kuantitatif dengan teknik pengukuran langsung nilai tahanan pembumian di lapangan sebanyak 7 kali pada waktu yang berbeda untuk mendapatkan data yang akurat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemasangan GSW sepanjang 998 meter dengan penggunaan 3 elektroda batang secara paralel menghasilkan nilai rata-rata tahanan pembumian sebesar 1,70 Ω . Nilai tersebut telah memenuhi standar SPLN D5.008-1 yang mensyaratkan nilai tahanan maksimal sebesar 5 Ω . Implementasi sistem pembumian ini terbukti sangat efektif karena berhasil menurunkan frekuensi gangguan sambaran petir secara signifikan dari 8 kali menjadi hanya 1 kali gangguan.

Kata kunci: Efektivitas; *Ground Steel Wire*; Petir; Sistem Pembumian; SUTM.

1. LATAR BELAKANG

Proses penyaluran energi listrik kepada konsumen melibatkan infrastruktur yang kompleks, mulai dari pembangkit hingga jaringan distribusi. Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) 20 kV merupakan bagian vital dalam distribusi listrik ke pelanggan. Namun, karena letaknya yang berada di ruang terbuka, jaringan SUTM sangat rentan terhadap gangguan eksternal, terutama sambaran petir. Sambaran petir dapat mengakibatkan lonjakan tegangan transien yang merusak isolasi peralatan jika nilai puncaknya melebihi *Basic Insulation Level* (BIL) (Tes et al., 2023; SPLN D5.008-1, 2012; Suyanto & Ramadhan, 2021).

Penyulang Surabaya di Unit Layanan Pelanggan (ULP) Tabanan merupakan salah satu wilayah dengan tingkat gangguan petir tertinggi. Tercatat sebanyak 8 kali gangguan terjadi antara Oktober 2024 hingga Februari 2026 (Tes et al., 2023; Pabla, 2011). Tingginya angka gangguan ini dipicu oleh faktor geografis wilayah yang dekat dengan perbukitan dan pantai, serta kondisi tanah gembur dengan tahanan jenis mencapai 100 ohm/m yang meningkatkan kerentanan jaringan. Karakteristik wilayah yang berupa perbukitan dan area persawahan terbuka dengan kontur tanah gembur meningkatkan risiko sambaran petir tidak langsung (Tes et al., 2023; Hutauruk, 1991). Sebelum dilakukan perbaikan, sistem proteksi *arrester chamber* yang ada memiliki tahanan pembumian sebesar 6,68 fi, yang secara teknis belum memenuhi standar keamanan maksimal sebesar 5 fi menurut SPLN D5.008-1 (Harijanto et al., 2024; Gunawan et al., 2022).

Penelitian ini difokuskan pada implementasi *Ground Steel Wire* (GSW) dan perbaikan sistem pembumian di *Section 1* Penyulang Surabaya. GSW berfungsi sebagai perisai untuk menangkap muatan listrik petir dan mendistribusikannya ke tanah melalui elektroda pembumian (Harijanto et al., 2024). Fokus utama adalah untuk menurunkan nilai tahanan pembumian dan menguji efektivitas sistem tersebut dalam menekan angka gangguan petir. Meskipun sistem proteksi berupa *arrester chamber* telah terpasang, kegagalan proteksi tetap terjadi yang menyebabkan kerusakan fatal pada penghantar di *Section 1*. Sebagai langkah mitigasi, pemasangan *Ground Steel Wire* (GSW) sepanjang 998 meter dengan target tahanan pembumian sesuai standar SPLN D5.008-1 (maksimal 5 Ohm) menjadi solusi teknis yang diambil (Harijanto et al., 2024). Kebaruan dan fokus utama penelitian ini terletak pada analisis efektivitas frekuensi gangguan pasca-pemasangan GSW serta evaluasi kebutuhan penambahan *ground rod*. Penelitian ini sangat krusial untuk mengevaluasi apakah sistem pembumian tersebut mampu secara signifikan meningkatkan keandalan distribusi listrik dan mengurangi dampak destruktif sambaran petir pada jaringan SUTM di Penyulang Surabaya.

2. KAJIAN TEORITIS

Jaringan distribusi primer di Indonesia umumnya beroperasi pada tegangan 20 kV. Terdapat tiga jenis konstruksi utama: SUTM (Saluran Udara): Menggunakan penghantar telanjang (AAAC) atau berisolasi (AAACS) yang ditopang tiang beton/besi. Sangat bergantung pada jarak aman (*Right of Way*). SKUTM (Saluran Kabel Udara): Menggunakan kabel berisolasi penuh yang dipilin (MVTIC). SKTM (Saluran Kabel Tanah): Kabel yang

ditanam di bawah tanah, lebih aman dari faktor eksternal namun biaya investasinya lebih mahal.

Petir terjadi akibat loncatan muatan listrik antara awan dan bumi karena perbedaan potensial yang besar. Proses Terjadinya: Dimulai dari *leader stroke* (muatan dari awan ke bumi) yang kemudian memicu *return stroke* (sambaran balik dari bumi ke awan). Jenis Sambaran: Sambaran Langsung: Mengenai langsung penghantar fasa dan Sambaran Tidak Langsung: Menghasilkan muatan induksi melalui medan elektromagnetik di sekitar jaringan yang memicu lonjakan arus (*over current*).

Sistem pembumian berfungsi menyalurkan arus gangguan (akibat petir atau hubungan singkat) ke bumi untuk melindungi peralatan dan manusia. Berdasarkan standar SPLN D5.008-1, nilai tahanan pembumian yang baik maksimal adalah 5Ω . Jenis Elektroda yang Digunakan: Elektroda Batang (*Rod*): Logam bulat (biasanya tembaga) yang ditanam vertikal. Cocok untuk tanah lembek, Elektroda Pita: Penghantar berbentuk pita atau kawat pilin yang ditanam horizontal, Elektroda Plat: Berbentuk lembaran logam yang ditanam vertikal, biasanya untuk kondisi tanah keras atau berbatu.

Terdapat tiga metode utama untuk mencapai nilai tahanan yang diinginkan. *Single Grounding*: Menggunakan satu batang elektroda. Sederhana namun sangat bergantung pada kondisi tanah, *Paralel Grounding*: Menghubungkan beberapa elektroda secara paralel untuk menurunkan nilai resistansi secara signifikan, *Maksimum Grounding Plat*: Menggunakan plat tembaga ditambah larutan semen bentonit untuk menjaga kelembapan dan meningkatkan kualitas resistansi pada tanah keras.

Nilai resistansi pembumian sangat dipengaruhi oleh jenis tanah. Sebagai contoh, tanah rawa memiliki tahanan jenis rendah (30Ω), sedangkan tanah berbatu sangat tinggi (3000Ω). Faktor lain yang berpengaruh adalah kadar air, kandungan garam, dan suhu.

Penelitian ini merujuk pada beberapa studi sebelumnya, antara lain, Hartawan (2022): Menyatakan bahwa pemasangan GSW di Penyulang Tejakula berhasil memperbaiki indeks keandalan SAIDI dan SAIFI secara signifikan, Suheri (2022): Menjelaskan bahwa penggunaan *Direct Grounding System* (DGS) pada transmisi 150 kV efektif menurunkan nilai tahanan pentanahan sesuai standar PLN ($\leq 10 \Omega$) dan meniadakan gangguan petir pada tahun 2021.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif yang mengandalkan data terukur dari lapangan dan analisis statistik deskriptif. Penelitian dilaksanakan di *Section 1* Penyulang Surabaya yang disuplai dari Gardu Induk Antosari, Tabanan, Bali. Pengambilan data primer berupa pengukuran tahanan dilakukan pada Desember 2024. Data primer diperoleh melalui pengukuran langsung menggunakan alat *Digital Earth Tester*. Pengukuran dilakukan sebanyak 7 kali dalam sehari untuk memitigasi anomali data akibat perubahan kondisi tanah. Analisis data dilakukan dengan membandingkan nilai rata-rata hasil pengukuran dengan standar SPLN D5.008-1 dan menghitung persentase penurunan gangguan (efektivitas) (Harijanto et al., 2024).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyulang Surabaya merupakan bagian dari jaringan SUTM di Unit Layanan Pelanggan (ULP) Tabanan yang disuplai dari Gardu Induk Antosari. Sistem distribusinya dilengkapi dengan lima unit *Load Break Switch* (LBS), yaitu LBS Pole 1 Surabaya, LBS Bonian, LBS Lalang Linggah, LBS SD 1 Kutuh, dan LBS Depan Kantor Surabaya. Berdasarkan data operasional tahun 2024, *Section 1* pada LBS Pole 1 tercatat sebagai wilayah dengan frekuensi gangguan tertinggi, yakni sebanyak 8 kali sambaran petir tidak langsung. Tingginya angka gangguan ini dipengaruhi oleh kondisi geografis jaringan di area terbuka, keberadaan vegetasi (pohon) yang lebih tinggi dari konduktor SUTM, serta penggunaan tiang beton bertulang. Sebagai langkah mitigasi teknis, dilakukan pemasangan *Ground Steel Wire* (GSW) sepanjang 998 meter di bawah jaringan SUTM pada *Section 1* tersebut.

Data Penunjang Pemasangan *Ground Steel Wire*

Berdasarkan pengukuran lapangan pada elektroda batang tunggal dan sistem terintegrasi, diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 1. Tabel Hasil Pengukuran Nilai Tahanan Pembumian Sebelum dan Sesudah Pemasangan *Ground Steel Wire* (GSW)

Kondisi Pengukuran	Nilai Tahanan (Ω)
Elektroda tunggal (sebelum GSW)	8,51 Ω
Rata – rata sistem Paralel (Setelah GSW)	1,70 Ω
Nilai Terendah (Pukul 19.00 WITA)	1,06 Ω
Nilai Terendah (Pukul 11.00 WITA)	2,50 Ω

Hasil pengukuran rata-rata sebesar 1,70 Ω menunjukkan bahwa sistem telah memenuhi standar SPLN D5.008-1 yang mensyaratkan nilai tahanan maksimal sebesar 5 Ω .

Sistem proteksi dirancang untuk memitigasi sambaran petir tidak langsung (induksi) dengan spesifikasi teknis: Konfigurasi GSW: Dipasang sepanjang 998 meter di bawah penghantar SUTM (A3CS) dengan jarak vertikal sebesar 2 meter. Material Pembumian: Menggunakan 3 elektroda batang tembaga (diameter 3/4 inch, panjang 4 meter) yang dihubungkan secara paralel. Penghantar Hubung: Menggunakan konduktor A3C dengan luas penampang 1 x 70 mm². Perbandingan data gangguan sebelum dan sesudah pemasangan menunjukkan penurunan yang signifikan.

Tabel 2. Perbandingan Jumlah dan Dampak Gangguan Sebelum dan Sesudah Pemasangan Ground Steel Wire (GSW)

Periode Pengamatan	Jumlah Gangguan	Dampak Utama
Sebelum GSW (2024)	8 Kali	<i>Arrester</i> Terbakar, Konduktor Terputus
Sesudah GSW (2025-Januari 2026)	1 Kali	<i>Recloser trip</i> (Tanpa Kerusakan Fisik)

Dengan penurunan dari 8 gangguan menjadi 1 gangguan, sistem ini dinyatakan memiliki efektivitas sebesar 87,5% dalam meningkatkan keandalan jaringan distribusi.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan uraian pembahasan tersebut, berikut adalah kesimpulan yang jelas, padat, dan ringkas mengenai hasil penelitian; Pemenuhan Standar Tahanan Pembumian: Pemasangan *Ground Steel Wire* (GSW) berhasil menurunkan nilai rata-rata tahanan pembumian menjadi 1,70 Ω . Nilai ini telah memenuhi standar keamanan SPLN D5.008-1 (maksimal 5 Ω) dan jauh lebih handal dibandingkan sistem sebelumnya yang memiliki nilai tahanan 6,68 Ω .

Model Pemasangan yang Optimal: Penurunan nilai hambatan tersebut dicapai berkat penggunaan 3 elektroda batang yang dihubungkan secara paralel. GSW dipasang sepanjang 998 meter dengan jarak aman 2 meter di bawah jaringan SUTM untuk mencegah terjadinya induksi antara konduktor jaringan dengan konduktor GSW.

Efektivitas Penurunan Gangguan: Implementasi sistem pembumian ini terbukti sangat efektif dalam meningkatkan keandalan jaringan, di mana frekuensi gangguan akibat sambaran petir turun secara signifikan dari 8 kali gangguan menjadi hanya 1 kali gangguan.

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai implementasi *Ground Steel Wire* (GSW) di Penyulang Surabrata, berikut adalah beberapa saran yang dapat diajukan untuk instansi terkait dan peneliti selanjutnya; Untuk Instansi Terkait (PT. PLN (Persero) Area Bali Selatan) Pemeliharaan Rutin: Disarankan untuk melakukan pengecekan dan pengukuran nilai

tahanan pembumian secara berkala pada Penyulang Surabaya guna memastikan nilai tahanan tetap berada di bawah standar 5Ω , mengingat kondisi cuaca dan kelembapan tanah dapat memengaruhi nilai konduktivitas elektroda.

PT. PLN (Persero) Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan (UP3) Bali Selatan disarankan untuk meningkatkan frekuensi pemeliharaan preventif, khususnya pada sistem pembumian di sepanjang Penyulang Surabaya. Pengukuran nilai tahanan pembumian tidak boleh hanya dilakukan saat instalasi awal, melainkan harus menjadi agenda rutin dalam kalender pemeliharaan jaringan. Hal ini krusial karena degradasi material akibat korosi atau perubahan struktur tanah dapat meningkatkan impedansi pembumian, yang secara langsung akan menurunkan efektivitas GSW dalam mengalirkan arus gangguan petir ke tanah.

Mengingat wilayah Tabanan memiliki karakteristik curah hujan yang tinggi, instansi terkait perlu melakukan pemetaan nilai tahanan pembumian berdasarkan musim (kemarau dan penghujan). Kelembapan tanah yang fluktuatif sangat memengaruhi nilai resistivitas tanah. Dengan pemantauan berkala, PLN dapat mengidentifikasi titik-titik rawan yang nilai tahanannya meningkat di atas ambang batas Ohm saat musim kemarau, sehingga dapat dilakukan tindakan korektif seperti penambahan *grounding rod* atau pemberian *grounding improving* material sebelum memasuki puncak musim petir.

Disarankan agar PLN menerapkan standar audit yang lebih ketat terhadap nilai tahanan pembumian di area-area dengan densitas petir tinggi (*High Lightning Density*). Jika ditemukan titik pembumian GSW yang melebihi standar 5 Ohm, maka perlu dilakukan perbaikan konstruksi segera, misalnya dengan metode pembumian paralel atau penanaman elektroda yang lebih dalam hingga mencapai lapisan tanah dengan konduktivitas yang stabil. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa tegangan surja yang timbul akibat sambaran petir tidak menyebabkan *back flashover* pada isolator.

Sebagai langkah inovasi, instansi terkait dapat mempertimbangkan penggunaan teknologi *Remote Monitoring System* untuk memantau integritas kabel GSW dan sistem pembumian pada titik-titik kritis secara *real-time*. Penggunaan sensor suhu atau perangkat monitoring arus bocor pada *down conductor* dapat memberikan data akurat mengenai efektivitas perlindungan GSW tanpa harus menunggu jadwal inspeksi manual, sehingga langkah mitigasi dapat diambil lebih cepat saat terjadi anomali.

Penting bagi PLN untuk melakukan koordinasi internal yang lebih intensif antara unit pemeliharaan transmisi dan distribusi dalam hal standarisasi proteksi petir. Selain itu, pendokumentasian data gangguan petir yang lebih detail (seperti koordinat sambaran dan

waktu kejadian) akan sangat membantu dalam mengevaluasi apakah pemasangan GSW sudah memberikan dampak signifikan terhadap penurunan *Trip Out Rate* pada Penyulang Surabrata secara berkelanjutan.

Replikasi Sistem: Mengingat efektivitas sistem ini yang berhasil menurunkan gangguan dari 8 kali menjadi hanya 1 kali, pihak PLN dapat mempertimbangkan penerapan GSW dengan 3 elektroda batang atau lebih sesuai kebutuhan serta analisa yang terhubung paralel pada penyulang lain yang memiliki karakteristik geografis serupa (lahan terbuka dan rawan petir).

Manajemen Ruang Milik Jalan (ROW): Perlu dilakukan pembersihan atau perabasan pohon secara rutin di sekitar jaringan SUTM untuk meminimalkan risiko induksi sambaran petir melalui vegetasi yang dapat memicu gangguan pada jaringan. Untuk Peneliti Selanjutnya. Analisis Material Elektroda: Peneliti selanjutnya dapat melakukan studi komparatif mengenai daya tahan berbagai jenis material elektroda pbumian terhadap laju korosi di lokasi tersebut untuk mengetahui efisiensi jangka panjang dari sistem pbumian yang dipasang.

Penggunaan Simulasi Perangkat Lunak: Disarankan untuk menambahkan analisis menggunakan perangkat lunak simulasi (seperti ETAP atau ATP-EMTP) untuk membandingkan hasil pengukuran lapangan dengan perhitungan teoretis secara lebih mendalam terkait fenomena *back flashover* pada isolator.

Variasi Kedalaman dan Jumlah Elektroda: Penelitian lebih lanjut dapat mengeksplorasi variasi kedalaman penanaman elektroda atau konfigurasi jumlah elektroda yang berbeda untuk menemukan titik ekonomi dan teknis yang paling optimal dalam menurunkan nilai tahanan pbumian.

DAFTAR REFERENSI

- Agustian, D., Damayanti, J., Septiani, M., Nurul Pratiwi, A., Khaerunnisa, P., Sumiyati, A., Zaiz Saepullah, M., Kadek Dwi Adnyano, I., Diera Arnandi Melkior, G., Hidayat, J., & Aribowo, D. (2025). Peran keandalan sistem proteksi sebagai strategi optimalisasi distribusi listrik pada jaringan tegangan menengah. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Komputer dan Sains*, 3(1), 9–14.
- Gunawan, I., Prasetyo, A., & Nugroho, B. (2022). Analisis sistem pbumian pada jaringan distribusi 20 kV terhadap gangguan petir. *Jurnal Teknik Elektro dan Energi*, 11(2), 95–102.
- Hardi, G. U., Putri, R., & Nasution, F. A. (2024). Ground type resistance earthing system using bar electrodes. *Jurnal Mandiri IT*, 12(3), 116–125.
- Hendrik, H., Tumaliang, H., & Mangindaan, G. M. C. (2023). Analysis of the effect of soil structure on grounding impedance. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 12(1), 35–42.

- Herawati, A., Pakpahan, R. J., Rodiah, Y., & Anggraini, I. N. (2024). Perancangan sistem pentanahan pada laboratorium terpadu Fakultas Teknik Universitas Bengkulu dengan metode two-layer soil vertical rod configuration. *Jurnal Amplifier: Jurnal Ilmiah Bidang Teknik Elektro dan Komputer*, 14(1), 43–50. <https://doi.org/10.33369/jamplifier.v14i1.33277>
- Hutauruk, T. S. (1991). *Pengetanahan netral sistem tenaga dan pengetanahan peralatan*. Erlangga.
- KementerianPUPR, Rakyat, K. P. U. dan P., Kementerian Kesehatan, Arquitectura, E. Y., Introducci, T. I., 赫晓霞, Iv, T., Teatinas, L. A. S., Conclusiones, T. V. I. I., Contemporáneo, P. D. E. U. S. O., Evaluaci, T. V, Ai, F., Jakubiec, J. A., Weeks, D. P. C. C. L. E. Y. N. to K. in 20, Mu, A., Inan, T., Sierra Garriga, C., Library, P. Y., Hom, H., ... Waldenström, L. (2023). *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 53(1), 1–19.
- Nadhiroh, N., Wardhany, A. K., & ... (2024). Analisis perbandingan nilai resistansi pembumian pada beberapa jenis elektroda. *Seminar Nasional Teknik*, 10.
- Pabla, A. S. (2011). *Sistem distribusi daya listrik* (A. Hadi, Trans.). Erlangga.
- Parlaungan Simangunsong. (2021). Prosedur pekerjaan saluran kabel tanam tegangan menengah 20 kV (SKTM 20 kV) berbasis kehandalan dan keamanan. *Jurnal Insinyur Profesional*, 1(1), 1–8. <https://doi.org/10.24114/v1i1.26714>
- Prasetyo, B. E., Hermawan, A., & Azizah, S. (2023). Analisis perbaikan sistem pentanahan tower 70 kV pada transmisi Wlingi–Blitar. *Elposys: Jurnal Sistem Kelistrikan*, 9(3), 205–209. <https://doi.org/10.33795/elposys.v9i3.970>
- Priya Surya Harijanto, Gumilang, B. S., Prasetyo, B. E., & Syamsuri, T. U. (2024). Rancang bangun grounding box soil treatment sebagai media pengukuran resistansi pentanahan untuk proteksi pembangkit hybrid PV–angin Politeknik Negeri Malang. *Elposys: Jurnal Sistem Kelistrikan*, 11(3), 231–236. <https://doi.org/10.33795/elposys.v11i3.6419>
- PT PLN. (2010). *Standar konstruksi jaringan tegangan menengah tenaga listrik*. PT PLN (Persero).
- Ramadhani, S., Harahap, R., Pelawi, Z., Kunci, K., & Batang, E. (2021). Analisis perbandingan nilai tahanan pentanahan di gedung dan di gardu induk pada Rumah Sakit Grand Mitra Medika Medan. *Journal of Electrical Technology*, 6(3).
- SPLN D5.008-1. (2012). *Standar pembumian sistem tenaga listrik distribusi*. PT PLN (Persero).
- Suyanto, M., & Ramadhan, F. (2021). Pengaruh pemasangan ground wire terhadap keandalan saluran udara tegangan menengah 20 kV. *Jurnal Energi dan Kelistrikan*, 13(1), 45–53.
- Syaifudin, dkk. (2019). Analisa perhitungan drop voltage penyulang Jepara 10 dengan pelimpahan jaringan ke penyulang Jepara 05 menggunakan ETAP 12.6. *Prosiding Konstelasi Ilmiah*, 8.
- Tes, D. M. P., Raflesia, P., & Raflesia, P. (2023). 1 Ahmad Robi, 2 Meriani, 3 Fadhel Putra Winarta. 3(1).
- Yuniarto. (2010). *Profil surja hubung karena proses energized (pemberian tenaga) pada saluran transmisi 500 kV* (Vol. 16, No. 1). <https://doi.org/10.14710/gt.v16i1.364>

Yusmartato, Nasution, R., Pelawi, Z., & R, S. (2021). Pengukuran grounding pada gedung Rumah Sakit Grand Mitra Medika Medan. *Journal of Electrical Technology*, 6(1), 23–30.