

PENGUJIAN ARUS BOCOR PADA *LIGHTNING ARRESTER* MENGGUNAKAN ALAT *LEAKAGE CURRENT MONITOR (LCM)* DI GI XYZ

Amanda Fairuz Syahla^{1*}, Andhika Rifqi Dwiputra², Ulinnuha Latifa³

^{1,2,3}Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Elektro, Universitas Singaperbangsa Karawang, Jl. HS.Ronggo Waluyo, Puseurjaya, Telukjambe Timur, Karawang, Jawa Barat 41361, Indonesia

Keywords:

Lightning Arrester, Arus Bocor, *Leakage Current Monitor*, Pemeliharaan Preventif, GI XYZ

Correspondent Email:

2110631160003@student.unsika.ac.id

Abstrak. *Lightning arrester* berfungsi melindungi peralatan sistem tenaga dari tegangan lebih akibat sambaran petir atau *switching*. Seiring waktu, *lightning arrester* mengalami degradasi yang ditandai dengan meningkatnya arus bocor. Penelitian ini dilakukan di GI XYZ untuk mengevaluasi kondisi *lightning arrester* menggunakan alat *Leakage Current Monitor (LCM)*. Metode yang digunakan meliputi studi literatur, observasi lapangan, wawancara teknis, dan pengukuran langsung arus bocor pada fasa R, S, dan T. Hasil pengujian menunjukkan bahwa arus bocor pada fasa R sebesar 92 μA , fasa S sebesar 23 μA , dan fasa T sebesar 24 μA . Nilai tersebut masih berada di bawah ambang batas maksimum yang ditetapkan, yaitu 500 μA , sehingga dapat disimpulkan bahwa kondisi ketiga *lightning arrester* masih layak operasi. Pengujian berkala dengan alat *Leakage Current Monitor* dapat menjadi indikator awal degradasi dan mendukung program pemeliharaan preventif untuk meningkatkan keandalan sistem.



JITET is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

Abstract. *Lightning arresters* function to protect power system equipment from overvoltages caused by lightning strikes or switching operations. Over time, these devices undergo degradation, which is indicated by an increase in leakage current. This study was conducted at Substation XYZ to evaluate the condition of lightning arresters using a *Leakage Current Monitor (LCM)*. The methodology included literature review, field observation, technician interviews, and direct leakage current measurements on phases R, S, and T. The test results showed leakage currents of 92 μA on phase R, 23 μA on phase S, and 24 μA on phase T. All values were below the maximum allowable threshold of 500 μA , indicating that the three lightning arresters are still in operable condition. Periodic testing using an leakage current monitor can serve as an early indicator of degradation and support preventive maintenance programs to enhance the reliability of the power system.

1. PENDAHULUAN

Transmisi listrik merupakan bagian penting dalam sistem tenaga listrik yang berfungsi menyalurkan energi listrik dari pembangkit ke gardu induk dan selanjutnya ke konsumen akhir. Proses transmisi ini harus menjamin keandalan dan kontinuitas pasokan listrik agar kebutuhan energi masyarakat dan industri dapat

terpenuhi secara optimal. Namun, sistem transmisi menghadapi berbagai tantangan teknis, seperti gangguan tegangan lebih, arus lebih, dan kerusakan peralatan akibat petir atau gangguan *switching* yang dapat menyebabkan gangguan dan kerusakan pada jaringan listrik. Oleh karena itu, pemeliharaan dan pengawasan sistem transmisi menjadi sangat penting untuk

menjaga kualitas dan kestabilan pasokan listrik [1], [2]

Gardu induk merupakan fasilitas utama dalam jaringan transmisi listrik yang berfungsi sebagai titik penghubung dan distribusi energi listrik dari saluran transmisi ke saluran distribusi. Gardu induk juga dilengkapi dengan berbagai peralatan proteksi untuk menjaga keamanan sistem tenaga listrik, salah satunya adalah *lightning arrester*. *Lightning arrester* berperan melindungi peralatan di gardu induk dari tegangan lebih akibat petir atau gangguan *switching* dengan cara menyalurkan arus lonjakan ke tanah. Komponen utama *lightning arrester* biasanya berupa varistor oksida logam (MOV) yang memiliki karakteristik resistansi yang berubah sesuai dengan tegangan yang diterima, sehingga dapat mengalirkan arus lonjakan dan kembali ke kondisi isolasi normal setelah gangguan mereda [3]

Namun, selama operasionalnya, *lightning arrester* mengalami penurunan performa akibat degradasi material varistor oksida logam (MOV) yang menjadi komponen utamanya. Degradasi ini menyebabkan peningkatan arus bocor yang dapat menjadi indikator awal kerusakan *internal arrester*. Arus bocor yang tinggi menandakan bahwa *arrester* sudah tidak efektif dalam menahan lonjakan tegangan, sehingga berpotensi menimbulkan kegagalan proteksi dan gangguan pada sistem tenaga listrik. [4]

Pengujian arus bocor pada *lightning arrester* menggunakan alat *leakage current monitor* (LCM) merupakan metode efektif untuk memantau kondisi *arrester* secara akurat dan *real-time*. Alat ini mampu memisahkan komponen arus bocor resistif dan kapasitif sehingga memudahkan analisis teknis dan pengambilan keputusan terkait kondisi *arrester*. Dengan pengujian rutin menggunakan alat *leakage current monitor* (LCM), teknisi dapat menentukan apakah *lightning arrester* masih layak beroperasi atau perlu diganti, sehingga menjaga kestabilan sistem transmisi dan mencegah gangguan yang berdampak luas pada jaringan tenaga listrik [5],[6]

Pemeliharaan *lightning arrester* harus dilakukan secara rutin dengan mengukur arus bocor menggunakan alat *leakage current monitor* (LCM). Pengukuran ini sangat penting untuk mengetahui kondisi *arrester* apakah masih layak beroperasi atau sudah harus

diganti. Standar PLN menetapkan bahwa arus bocor resistif harus berada di bawah 150 μ A dan kondisi *arrester* tidak boleh melebihi 90% agar masih dianggap layak pakai. Hasil pengujian arus bocor tahunan dapat menunjukkan tren penurunan atau peningkatan arus bocor, yang menjadi dasar pengambilan keputusan pemeliharaan atau penggantian *arrester* [7], [8], [9]

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Lightning Arrester*

Lightning arrester atau disebut juga penangkal petir adalah suatu alat pelindung bagi peralatan sistem tenaga listrik terhadap surja petir (*surge*). Alat pelindung terhadap gangguan surja ini berfungsi melindungi peralatan sistem tenaga listrik dengan cara membatasi surja tegangan lebih yang datang dan mengalirkannya ke tanah [9]

Sesuai dengan fungsi itu maka *arrester* harus dapat menahan tegangan sistem pada frekuensi 50 Hz untuk waktu yang terbatas dan harus dapat melewatkan surja arus ke tanah tanpa mengalami kerusakan pada *arrester* itu sendiri. *Arrester* berlaku sebagai jalan pintas di sekitar isolasi. *Arrester* membentuk jalan yang mudah untuk dilalui oleh arus kilat atau petir, sehingga tidak timbul tegangan lebih yang nilainya tinggi pada peralatan. Selain melindungi peralatan dari tegangan lebih yang diakibatkan oleh tegangan lebih eksternal, *arrester* juga melindungi peralatan dari tegangan lebih yang diakibatkan oleh tegangan lebih internal seperti surja hubung [10]

Selain itu, *arrester* juga merupakan kunci dalam koordinasi isolasi suatu sistem tenaga listrik. Bila surja hubung datang ke gardu induk maka *arrester* akan bekerja melepaskan muatan listrik serta mengurangi tegangan abnormal yang mengenai peralatan dalam gardu induk. *Lightning arrester* bekerja pada tegangan tertentu diatas tegangan operasi untuk membuang muatan listrik dari surja petir dan berhenti beroperasi pada tegangan tertentu di atas tegangan operasi agar tidak terjadi arus pada tegangan operasi dan perbandingan dua tegangan ini disebut rasio proteksi *arrester* [8]

2.2 Prinsip Kerja *Lightning Arrester*

Prinsip kerja *lightning arrester* didasarkan pada kemampuannya untuk melindungi peralatan listrik dari lonjakan tegangan lebih yang disebabkan oleh sambaran petir atau gangguan *switching* pada sistem tenaga listrik. *Lightning arrester* bekerja dengan cara menyalurkan arus lonjakan tegangan tersebut ke tanah sehingga mencegah kerusakan pada peralatan listrik dan menjaga kestabilan sistem tenaga listrik.

Komponen utama *lightning arrester* adalah varistor oksida logam (MOV) yang memiliki karakteristik resistansi nonlinier. Dalam kondisi normal, MOV memiliki resistansi yang sangat tinggi sehingga arus bocor yang mengalir sangat kecil. Namun, saat terjadi lonjakan tegangan yang melebihi batas tertentu, resistansi MOV menurun drastis sehingga arus lonjakan dapat dialirkan ke tanah dengan cepat dan aman. Setelah lonjakan mereda, resistansi MOV kembali ke nilai tinggi sehingga arus bocor kembali minimal dan sistem tenaga listrik dapat beroperasi normal tanpa gangguan [11]

Selain itu, penempatan *lightning arrester* yang tepat sangat penting untuk memastikan efektivitas proteksi. Jarak proteksi antara *lightning arrester* dan peralatan seperti transformator harus diperhatikan agar arus lonjakan dapat dialirkan ke tanah secara optimal tanpa merusak peralatan tersebut [11]

2.3 Arus Bocor

Arus bocor merupakan salah satu parameter penting yang digunakan untuk menilai kondisi kesehatan dan efektivitas proteksi perangkat tersebut dalam sistem tenaga listrik. *Lightning arrester*, khususnya jenis ZnO yang banyak digunakan di Indonesia, berfungsi melindungi peralatan listrik dari lonjakan tegangan akibat sambaran petir atau gangguan *switching*. Namun, seiring waktu, material ZnO pada *arrester* dapat mengalami degradasi yang menyebabkan peningkatan arus bocor resistif. Peningkatan arus bocor ini menjadi indikator awal adanya kerusakan internal pada *arrester* yang dapat menurunkan

efektivitas proteksi dan berpotensi menyebabkan kegagalan sistem jika tidak segera ditangani [7]

2.4 *Leakage Current Monitor*

Leakage Current Monitor (LCM) pada adalah alat yang digunakan untuk mengukur dan memantau arus bocor yang mengalir melalui *arrester* selama operasi normal. Arus bocor ini, terutama komponen resistifnya, menjadi indikator utama kondisi kesehatan dan tingkat degradasi *arrester*. Seiring waktu, arus bocor cenderung meningkat akibat faktor lingkungan seperti suhu, kelembaban, dan kontaminasi permukaan, serta akibat penuaan material varistor oksida logam (ZnO) yang merupakan komponen utama *arrester* [12]

Leakage current monitor (LCM) memungkinkan pemantauan *real-time* arus bocor sehingga dapat dilakukan deteksi dini terhadap kerusakan atau penurunan performa *arrester*. Teknologi modern *leakage current monitor* bahkan dapat membedakan antara arus bocor resistif dan kapasitif, serta mengukur arus bocor dalam berbagai kondisi kelembaban dan tingkat polusi permukaan *arrester* [13]

Selain mengukur arus bocor, *leakage current monitor* juga dapat mencatat jumlah sambaran petir dan arus lonjakan yang dialirkan ke tanah melalui *arrester*. Data ini sangat berguna untuk menilai tingkat penuaan *arrester* dan menentukan waktu yang tepat untuk pengujian lebih lanjut atau penggantian perangkat. Dengan demikian, penggunaan *leakage current monitor* sangat penting dalam menjaga keandalan sistem tenaga listrik dengan memberikan informasi akurat dan *real-time* untuk pengambilan keputusan pemeliharaan dan perbaikan [14]

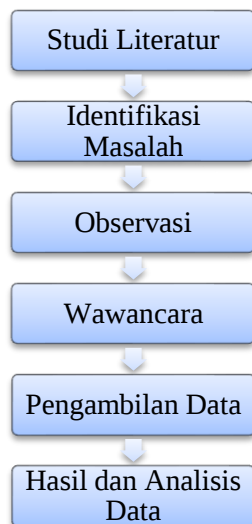
2.5 Pemeliharaan *Lightning Arrester*

Pemeliharaan *lightning arrester* adalah serangkaian kegiatan yang dilakukan untuk memastikan perangkat proteksi ini tetap berfungsi optimal dalam melindungi sistem tenaga listrik dari lonjakan tegangan akibat sambaran petir atau gangguan lainnya. Tujuan utama pemeliharaan adalah mencegah terjadinya kegagalan pada

lightning arrester sehingga dapat menjaga keandalan dan keamanan instalasi listrik. Kegiatan pemeliharaan meliputi pengujian tahanan isolasi, pengukuran pentanahan, dan pengujian arus bocor menggunakan alat *leakage current monitor* (LCM) [15]

3. METODE PENELITIAN

Dalam suatu penelitian, metode yang digunakan memiliki peranan penting untuk memastikan bahwa proses pengumpulan data, analisis, dan penarikan kesimpulan dilakukan secara sistematis dan objektif. Pada penelitian ini, metode yang diterapkan disusun untuk memperoleh informasi yang akurat terkait pengujian arus bocor pada *lightning arrester* menggunakan alat *leakage current monitor* (LCM). Tahapan-tahapan dalam metode penelitian meliputi studi literatur, identifikasi masalah, observasi lapangan, wawancara dengan pihak terkait, pengambilan data, serta analisis data yang diperoleh. Setiap tahapan dirancang untuk mendukung pencapaian tujuan penelitian secara terarah dan sesuai dengan permasalahan yang diangkat.



Gambar 1. Alur Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan studi literatur untuk mengumpulkan informasi teoritis mengenai prinsip kerja *lightning arrester*, mekanisme terjadinya arus bocor, serta penggunaan alat *leakage current monitor* (LCM) dalam sistem proteksi kelistrikan. Langkah ini bertujuan untuk membangun dasar pemahaman yang kuat sebelum melakukan kegiatan lapangan. Setelah itu, peneliti

melakukan identifikasi masalah dengan menelaah potensi gangguan akibat arus bocor yang tidak terdeteksi, serta pentingnya pengujian berkala sebagai bagian dari pemeliharaan preventif.

Selanjutnya, dilakukan observasi langsung di lingkungan operasional GI XYZ untuk melihat kondisi aktual *lightning arrester*, sistem *grounding*, serta prosedur pelaksanaan pengujian arus bocor. Untuk memperkuat temuan dari observasi, wawancara dilakukan dengan teknisi lapangan dan petugas pemeliharaan guna memperoleh informasi teknis terkait pelaksanaan pengujian, kendala yang dihadapi, serta prosedur standar yang diterapkan.

Proses berikutnya adalah pengambilan data arus bocor menggunakan alat *leakage current monitor* pada berbagai unit *lightning arrester*. Nilai arus bocor yang diperoleh dicatat dan dianalisis untuk menilai apakah peralatan masih dalam batas aman atau perlu diganti. Akhirnya, data yang telah dikumpulkan dianalisis secara sistematis untuk mengevaluasi kondisi peralatan dan menyusun rekomendasi pemeliharaan. Dengan pendekatan ini, penelitian bertujuan untuk meningkatkan keandalan sistem proteksi *lightning arrester* melalui pemantauan arus bocor yang lebih akurat dan efisien.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi kondisi *lightning arrester* di lingkungan GI XYZ dengan cara mengukur arus bocor menggunakan alat *leakage current monitor* (LCM). Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah perangkat proteksi tersebut masih dalam kondisi layak digunakan atau sudah melewati ambang batas kelayakan. Seluruh unit yang diuji telah beroperasi lebih dari 10 tahun, sehingga pengujian arus bocor menjadi langkah penting dalam menentukan keandalannya.

Berdasarkan kinerja, *lightning arrester* dianggap buruk jika arus bocor melebihi ketentuan yang ditetapkan, dan sebaliknya, dianggap baik jika arus bocor berada di bawah batas yang ditentukan. PT XYZ menetapkan standar sebesar 100 μA sesuai dengan spesifikasi merek yang digunakan. Setelah melakukan pengukuran dengan menggunakan

leakage current monitor, berikut adalah rekomendasi yang bisa diberikan.

Tabel 1. Rekomendasi Berdasarkan Hasil Pengujian LCM

Maximal	Rekomendasi
≤ 90	Ukur LCM tahunan
91-99	Ukur LCM 6 bulan kemudian
≥ 100	Penggantian LA

Analisis berdasarkan data arus bocor *lightning arrester* yang berusia lebih dari 10 tahun. Dari hasil analisis arus bocor *lightning arrester* dapat dinyatakan baik dan layak beroperasi apabila arus bocor *lightning arrester* yang dipakai tidak melebihi nominal yang ditetapkan.

1. **Lightning Arrester bay Trafo Fasa R**
Hasil dari pengujian arus bocor *lightning arrester* bay Trafo fasa R diperoleh 92 μA , maka *lightning arrester* bay Trafo fasa R dalam kondisi baik untuk beroperasi atau masih layak.
2. **Lightning Arrester bay Trafo Fasa S**
Hasil dari pengujian arus bocor *lightning arrester* bay Trafo fasa S diperoleh 23 μA , maka *lightning arrester* bay Trafo fasa S dalam kondisi baik untuk beroperasi atau masih layak.
3. **Lightning Arrester bay Trafo Fasa T**
Hasil dari pengujian arus bocor *lightning arrester* bay Trafo fasa T diperoleh 24 μA , maka *lightning arrester* bay Trafo fasa T dalam kondisi baik untuk beroperasi atau masih layak.

Tabel 2. Hasil Data Pengujian Arus Bocor

Tahun	Fasa	Arus Bocor	Hasil
2024	R	92	Layak, tidak perlu adanya penggantian LA
	S	23	
	T	24	

Berdasarkan hasil pengujian arus bocor pada *lightning arrester* di GI XYZ tahun 2024, diperoleh nilai arus bocor pada masing-masing fasa sebagai berikut: fasa R sebesar 92 μA , fasa S sebesar 23 μA , dan fasa T sebesar 24 μA . Nilai-nilai tersebut menunjukkan bahwa seluruh fasa memiliki arus bocor yang masih berada di bawah ambang batas maksimum yang ditetapkan oleh PT XYZ, yaitu sebesar 100 μA untuk kondisi layak operasi. Dengan demikian, bahwa ketiga *lightning arrester* tersebut masih dalam kondisi baik dan tidak memerlukan tindakan penggantian. Hasil ini menegaskan pentingnya pengukuran arus bocor secara berkala sebagai bagian dari strategi pemeliharaan preventif, guna memastikan keandalan sistem proteksi terhadap tegangan lebih akibat sambaran petir.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian arus bocor pada *lightning arrester* menggunakan alat *leakage current monitor* (LCM), diperoleh bahwa seluruh fasa R, S, dan T memiliki nilai arus bocor sebesar 92 μA , 23 μA , dan 24 μA . Seluruh nilai tersebut masih berada di bawah batas maksimum 100 μA yang ditetapkan oleh PT XYZ, sehingga dapat disimpulkan bahwa ketiga *arrester* masih dalam kondisi layak operasi dan tidak memerlukan penggantian. Pengujian ini juga menunjukkan bahwa meskipun peralatan telah beroperasi lebih dari 10 tahun, performa proteksi terhadap tegangan lebih masih terjaga dengan baik.

Penggunaan *leakage current monitor* (LCM) terbukti efektif sebagai alat pemantauan kondisi *arrester* secara *real-time* dan non-invasif, serta menjadi bagian penting dalam strategi pemeliharaan berbasis kondisi. Dengan pengukuran arus bocor secara berkala, potensi gangguan akibat degradasi *arrester* dapat diidentifikasi lebih awal sehingga tindakan perbaikan atau penggantian dapat dilakukan secara tepat waktu. Oleh karena itu, pemantauan arus bocor menggunakan *leakage current monitor* (LCM) sebaiknya diterapkan secara menyeluruh di gardu-gardu induk sebagai langkah preventif dalam menjaga keandalan sistem tenaga listrik nasional.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan

mendukung dalam menyelesaikan penelitian ini. Semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan menjadi referensi yang berguna.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Manajemen and S. Ekonomi, "Evaluasi Proyek R&D Dalam Utilitas Teratur: Kasus Utilitas Transmisi Daya," vol. 3, no. 1, pp. 16–31, 2023, [Online]. Available: <http://journal.stiestekom.ac.id/index.php/dinamikapage16>
- [2] H. B. Tambunan *et al.*, "REVIEW PROSES PERENCANAAN JANGKA PANJANG SISTEM TENAGA LISTRIK," *EPIC Journal of Electrical Power Instrumentation and Control*, vol. 4, no. 1, p. 30, Jun. 2021, doi: 10.32493/epic.v4i1.10879.
- [3] A. 'Dani, "ANALISIS RUGI-RUGI DAYA PADA SALURAN TRANSMISI 150 KV PADA GARDU INDUK KIM," vol. 2, Nov. 2021.
- [4] V. Hadi, P. Studi Fisika, and F. Sains dan Teknologi Informatika, "STUDI ANALISA PENGUKURAN JARAK KELISTRIKAN GARDU INDUK 150 KV."
- [5] A. Kiswantono, "Rancang Bangun Proteksi Transmisi Listrik Terhadap Multi Gangguan," vol. 5, 2023.
- [6] M. Rifaldi, "EFEKTIVITAS PEMELIHARAAN SUHU SUTET 500KV DAN SUTT 150KV DENGAN METODE THERMOGRAPHY DI PT. PLN (PERSERO) ULTG CILEGON," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 13, no. 1, Jan. 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i1.5817.
- [7] F. Irawan Sitorus and J. Hidayat, "ANALISIS KELAYAKAN LIGHTNING ARRESTER PADA SEBUAH KANTOR PEMASARAN BBM PERTAMINA WILAYAH ACEH FEASIBILITY ANALYSIS OF LIGHTNING ARRESTER IN A PERTAMINA BBM MARKETING OFFICE IN THE ACEH REGION".
- [8] A. Wahyu Ramadhani, A. Imam Agung, and T. Wrahatnolo, "Analisis Arus Bocor Resistif Pada Sistem Proteksi Lightning Arrester Bay Kedinding Di Gardu Induk 150 KV Kenjeran Surabaya."
- [9] R. FaliH Hibatullah, "Analisa Kemampuan dan Kelayakan Lightning Arrester (LA) untuk Pengaman Transformator 5 (60 MVA) pada Gardu Induk 150 KV Kalibakal dengan Software Matrix Laboratory Analysis of Lightning Arrester (LA) Capability and Suitability for Protecting Transformer 5 (60MVA) at 150 KV Kalibakal Substation using Matrix Laboratory Software," 2024. [Online]. Available: <http://jurnalnasional.ump.ac.id/index.php/JRRE>
- [10] Shoimatussururoh and B. Dwi cahyono, "Pemeliharaan Lightning Arrester (LA) pada Gardu Induk Saketi 150kv di PT. PLN (Persero) ULTG Rangkasbitung," *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 1, no. 5, pp. 520–531, Oct. 2022, doi: 10.55123/insologi.v1i5.869.
- [11] M. Asna, W. Suriana, I. Wayan, S. Yasa, W. Utama, and M. Sariana, "Analisis Konstruksi Posisi Lightning Arrester Di Gardu Distribusi Km 0003 Penyulang Subagan Wilayah Kerja PT PLN (Persero) ULP Karangasem," 2021.
- [12] R. Hardiansyah and T. Wrahatnolo, "Long-Term Prediction of Leakage Current in Lightning Arrester Using Linear Programming Method," *Indonesian Journal of Electrical and Electronics Engineering (INAJEEE)*, vol. 8, no. 1, pp. 17–24, 2025, doi: 10.26740/inajeee.v8n1.
- [13] M. Khodsuz, M. H. Teymourian, and S. Seyyedbarzegar, "New criteria for metal oxide surge arrester condition monitoring based on leakage current analysis: Considering non-uniform pollution effect," *IET Generation, Transmission and Distribution*, vol. 18, no. 5, pp. 1072–1089, Mar. 2024, doi: 10.1049/gtd2.13123.
- [14] K. L. B. D. B. J. and W. L. F. Li, "Study of the Technology of On-Line Monitoring for Transmission Lines Arresters by Measurement of Lightning Current and Leakage Current," *IEEE*, pp. 432–436, 2024.
- [15] Syaflan. , Ambiyar. , Wakhinuddin. , J. Nizwardi. , R. B. Putra, "Evaluasi Efektifitas Pengembangan Infrastruktur Jaringan Lan Dan Internet Terhadap Program Sekolah Pengerak Di SMAN 13 Padang," vol. 5, Jun. 2022.