

**ANALISIS TIGA LEVEL INSPEKSI PERALATAN *LIGHTNING*
ARRESTER SEBAGAI PENGAMAN PADA UNIT LAYANAN TRANSMISI
DAN GARDU INDUK TENGGAWANG**

***ANALYSIS OF THREE INSPECTION LEVELS OF LIGHTNING ARRESTER
EQUIPMENT AS SAFETY IN TENGGAWANG TRANSMISSION SERVICE UNITS AND
SUBSTATIONS***

Muh. Agung Suardi¹, Restu Mukhti Utomo^{2*}, Adi Pandu³, Didit Suprihanto⁴, Fatkhul Hani Rumawan⁵
¹²³⁴⁵Universitas Mulawarman, Sempaja Selatan, Kec. Samarinda Utara, Kota Samarinda, Kalimantan Timur,
75242, Samarinda

*E-mail: restuutomo@ft.unmul.ac.id

Diterima 30-09-2023	Diperbaiki 2-10-2023	Disetujui 17-10-2023
---------------------	----------------------	----------------------

ABSTRAK

Energi listrik semakin lama semakin banyak dibutuhkan dilingkup kehidupan, dalam kehidupan sehari-hari ataupun dalam dunia industri, untuk itu dibutuhkan kehandalan dalam pengantaran listrik kepada konsumen tersebut agar dapat mengurangi kerugian pada PLN dan konsumen tetap dapat menggunakan energi listrik dengan nyaman. Maka dari permasalahan tersebut gardu induk sebagai salah satu komponen dalam penransmisian diperlukan kehandalan dalam bekerja agar energi listrik tetap dapat sampai kepada konsumen. Salah satu komponen utama dalam gardu induk untuk menjaga komponen lainnya yaitu *Lightning Arrester*, dimana alat tersebut sebagai pengaman pertama pada gardu induk apabila terjadi sambaran petir pada penghantaran tenaga listrik. Untuk itu dibutuhkan pula perawatan pada *Lightning Arrester* agar tetap bekerja dengan baik sesuai dengan standar, dengan inspeksi tiga level untuk mendapatkan nilai dari hasil pengecekan, yang pertama merupakan pengecekan secara berkala kepada setiap bagaian atau komponen yang terdapat pada *Lightning Arrester*, kedua merupakan pengukuran termovisi yang bertujuan untuk mengetahui tingkat panas atau suhu penghantar apakah masih dalam kondisi dalam menghantar tegangan lebih akibat sambaran petir, ketiga ada pengukuran tahanan isolasi, tahanan tanah, dan surja counter untuk mengetahui kerja *Lightning Arrester* secara maksimal. Dari tahapan pengecekan tersebut akan didapatkan bahwa kondisi alat masih dalam kondisi baik atau tidak sesuai dengan standar.

Kata kunci: PLN, Gardu Induk, *Lightninhg Arrester*, Kehandalan, Perawatan komponen

ABSTRACT

Electrical energy is increasingly needed in all areas of life, in everyday life or in the industrial world, for this reason reliability is needed in delivering electricity to consumers in order to reduce losses to PLN and consumers can still use electrical energy comfortably. So from this problem, the substation as one of the components in transmission requires reliability in working so that electrical energy can still reach consumers. One of the main components in the substation to protect other components is the *Lightning Arrester*, where this device is the first safety device in the substation in the event of a lightning strike on the electrical power delivery. For this reason, maintenance is also needed on the *Lightning Arrester* so that it continues to work well according to standards, with a three-level inspection to get value from the checking results, the first is a periodic check of each part or component contained in the *Lightning Arrester*, the second is a thermovision measurement that The aim is to determine the heat level or temperature of the conductor, whether it is still in a condition to carry excess voltage due to a lightning strike. Third, there is a measurement of insulation resistance, earth resistance and counter surge to determine the maximum working of the *Lightning Arrester*. From these checking stages it will be found that the condition of the equipment is still in good condition or does not comply with standards.

Keywords: PLN, Substation, *Lightning Arrester*, Reliability, Component Maintenance

PENDAHULUAN

Dalam kehidupan sehari-hari, energi listrik merupakan suatu energi yang begitu dibutuhkan mengingat hampir semua peralatan pada keseharian perlu menggunakan tenaga listrik. Menurut [1] mengatakan energi listrik berperan penting dalam perekonomian untuk mendukung pertumbuhan penduduk, serta perkembangan aktivitas manusia, sehingga untuk jangka waktu ke depan konsumsi energi listrik akan semakin meningkat. Energi yang disalurkan kepada konsumen atau pelanggan membutuhkan kehandalan agar tidak terjadi gangguan atau anomali. Gangguan yang disebabkan adanya arus lebih di sistem transmisi menyebabkan terjadinya kerugian pada sistem transmisi dan distribusi serta pada konsumen karena terputusnya pasokan listrik. Hubung singkat terjadinya karena adanya hubungan penghantar bertegangan atau penghantar tidak bertegangan secara langsung dan tidak langsung melalui media (resistor atau beban), sehingga terjadi ketidaknormalan pada arus listrik yang dialirkan[2].

Gardu induk merupakan salah satu sub sistem dalam mengalirkan energi listrik ke konsumen yang dimana gardu induk sendiri berfungsi untuk mentransformasikan daya listrik[3]. Pada dasarnya gardu induk bekerja pada sistem tegangan tinggi, oleh sebab itu gardu induk rawan mengalami gangguan berupa surja petir, baik langsung maupun tidak langsung pada jaringan kawat transmisi atau kawat tanah yang dapat mengurangi umur atau bahkan merusak alat pada gardu induk, sehingga menyebabkan terjadinya gangguan pada penyaluran energi listrik ke konsumen[4]. Dalam operasi kinerja gardu induk diperlukan optimalisasi kinerja komponen atau alat yang terdapat pada gardu induk, diantara beberapa peralatan. Salah satunya adalah *lightning arrester* atau biasa disebut *arrester*, yang memiliki fungsi untuk memproteksi peralatan listrik dari gangguan yang diakibatkan oleh surja petir. Ada beberapa faktor yang dapat menyebabkan transmisi daya tidak normal pada gardu induk salah satunya ialah ketidak efektifan *arrester*, ataupun berupa kesalahan manusia maupun gangguan alam, seperti banjir, petir, angin topan, banjir, dll[5].

Surja petir merupakan salah satu gejala alam yang dapat menyebabkan kerusakan pada komponen yang terdapat pada gardu induk[6]. sambaran petir secara langsung juga dapat menyebabkan *flashover* karena tingkat isolasi yang digunakan, maka dari itu diperlukan

komponen berupa *Lightning Arrester* sebagai pengamanan yang dapat mengurangi tegangan lebih yang disebabkan oleh sambaran petir sehingga komponen lain yang terdapat pada gardu induk bisa bekerja dengan optimal dan dapat menjaga umur dari peralatan atau komponen lainnya yang terdapat pada gardu induk

Lightning Arrester merupakan komponen utama sebagai pelindung dari tegangan tinggi yang terdapat pada gardu induk, selain itu *arrester* juga memiliki peran penting dalam gardu induk untuk membatasi *switching* dan lonjakan petir lalu lonjakan petir dialirkan ke tanah. Dalam sistem tenaga listrik, maka *arrester* merupakan komponen penting isolasi saat surja (*surge*) tiba di gardu induk kemudian *arrester* akan melepaskan muatan listrik dan tegangan abnormal yang akan mengenai gardu induk dan peralatannya akan berkurang[2].

Prinsip kerja *arrester* yaitu dalam keadaan normal *arrester* berlaku sebagai isolator, dan saat timbul tegangan surja alat ini berubah menjadi konduktor yang tahanannya relatif rendah, sehingga dapat menyalurkan kan arus yang tinggi ke tanah. Setelah surja hilang, *arrester* harus dengan cepat kembali menjadi isolasi. Umumnya *arrester* dipasang pada setiap ujung saluran udara tegangan tinggi yang memasuki gardu induk. Mengoptimalkan lokasi *arrester* di jaringan distribusi dapat meningkatkan kinerja dari jaringan distirbusi tersebut dalam melindungi peralan terhadap induksi petir. Untuk mencegah terjadinya hal tersebut maka setiap pemasangan gardu induk harus dilengkapi dengan *arrester*[4]

Sama halnya dengan peralatan lain yang berada pada gardu induk, *Lightning Arrester* juga memerlukan perawatan atau pemeliharaan agar tetap bekerja secara handal. Karena mengingat *Lightning Arrester* merupakan peralatan yang harus menjaga arus lebih dan surja petir agar peralatan lainnya terlindungi dari kerusakan dan dapat bekerja dengan handal dalam pengoperasiannya[7].

Pada penelitian yang dilakukan oleh [7] tentang Analisis Pemeliharaan Tiga Level Inspeksi *Lightning Arrester* Bay Jajar 2 Di Gardu Induk 150 Kv Gondangrejo untuk mencari kondisi dari alat dan komponen yang terdapat pada *Lightning Arrester* apakah masih dalam kondisi yang baik berdasarkan standar pemeliharaan gardu induk, maka dari itu peneliti melakukan pengecekan terhadap *Lightning Arrester* agar dapat mengetahui apakah alat tersebut masih dalam kondisi yang

baik dalam menjaga komponen yang lainnya dari sambaran petir pada Gardu Induk.

METODOLOGI

Lokasi Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di salah satu gardu induk yang ada di Samarinda yaitu PT. PLN (Persero) Unit Layanan Transmisi dan Gardu Induk (ULTG) Samarinda yang berlokasi di Jl. Tengkawang No.1, Karang Anyar, Kec. Sungai Kunjang, Kota Samarinda, Kalimantan Timur 75243.



Gambar 1. ULTG Samarinda

Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu dengan melakukan tiga level inspeksi terhadap *Lightning Arrester* (LA). Adapun standar yang dijadikan acuan untuk dilakukannya tiga level inspeksi ini yaitu berdasarkan Keputusan Direksi PT. PLN (Persero) Nomor 0520-2.K/DIR/2014 Tentang Himpunan Buku Pedoman Pemeliharaan Peralatan Primer Gardu Induk [8].

Peralatan yang digunakan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini menyesuaikan dengan ketiga level inspeksi yang akan dilakukan.

Inspeksi Level-1

Untuk inspeksi level pertama yaitu *In Service Inspection* dimana akan dilakukan pengamatan secara visual terhadap komponen-komponen pada LA yang dimana kegiatan ini dilakukan pada saat peralatan LA dalam kondisi beroperasi dan kegiatan ini tidak memerlukan peralatan khusus apa pun. Namun kegiatan ini hanya memerlukan formulir untuk mencatat kondisi komponen LA yang diamati apakah masih dalam kondisi baik atau buruk [8].

Inspeksi Level-2

Kemudian untuk inspeksi level dua yaitu dimana akan dilakukan pengujian *thermovision* yaitu pengambilan suhu pada komponen-komponen LA untuk kemudian

dihitung selisih suhu antar fasa pada bagian komponen yang diuji suhunya. Kegiatan ini juga dilakukan pada saat peralatan LA dalam kondisi beroperasi. Alat yang digunakan pada kegiatan ini yaitu *Thermal Imager* yang dimana prinsip kerjanya adalah dengan memancarkan sinar inframerah ke objek yang diukur, lalu menangkap kembali radiasi yang dipancarkan oleh objek tersebut. Penting untuk memperhatikan bahwa peralatan listrik yang diukur harus dalam keadaan beroperasi, karena aktivitas elektron yang bergerak dapat menyebabkan peningkatan arus listrik yang menghasilkan panas pada lintasan pergerakan elektron tersebut [9].



Gambar 2. Thermal Imager

Berdasarkan Keputusan Direksi PT. PLN (Persero) Nomor 0520-2.K/DIR/2014 Tentang Himpunan Buku Pedoman Pemeliharaan Peralatan Primer Gardu Induk interpretasi hasil *thermovisi* dapat dikategorikan sebagai berikut [8].

Tabel 1. Standar Hasil Thermovisi In Service Measurement

N o	Keterangan	Temperatu r °C	Rekomendasi
1	Batas Suhu klem terhadap konduktor	0 s/d 10	Baik
		11 s/d 25	ukur 1 bulan lagi
		26 s/d 40	Rencana perbaikan
		41 s/d 70	Perbaikan Segera
		> 70	Darurat
2	Batas selisih suhu antar fasa	1 s/d 3	Kondisi Baik
		4 s/d 15	Rencana Perbaikan
		≥ 16	Perbaikan Segera
3	Batas suhu klem saat shooting	0 s/d 39	Kondisi Baik
		40 s/d 69	Perbaikan Segera

No	Keterangan	Temperatur °C	Rekomendasi
		≥ 70	Darurat

Inspeksi Level-3

Level ketiga yaitu *Shutdown Measurement* yang dimana kegiatan ini dilakukan pada saat peralatan LA dalam kondisi padam atau tidak beroperasi. Pada level ini mencakup 4 pengujian yang akan dilakukan pada LA di antaranya pengujian tahanan isolasi, pengujian rasio LA, pengujian tahanan tanah dan pengujian tan delta. Kemudian peralatan yang digunakan juga berbeda tiap pengujian [8].

Pengujian Tahanan Isolasi

Pengujian tahanan isolasi menggunakan alat ukur tahanan isolasi (Gambar 3) 5 kV untuk sisi primer dan 500 V untuk sisi sekunder. Berfungsi untuk mengetahui kualitas tahanan isolasi pada trafo tegangan tersebut. Pencatatan hasil pengukuran dilakukan pada saat 15 - 30 detik. Batasan tahanan isolasi pada LA sesuai dengan buku pedoman pemeliharaan peralatan dan menurut Standard VDE (*catalogue* 228/4) minimum besarnya tahanan isolasi kumparan trafo, pada suhu operasi dihitung 1 GΩ [8].



Gambar 3. *Insulation Tester*

Untuk standar yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah.

Nilai tahanan	Evaluasi	Rekomendasi
>1 GΩ	Konsidi baik Terjadi degradasi fungsi insulasi	- 1. lakukan pembersihan pada bagian yang diuji, lakukan pengujian ulang
<1 GΩ		2. apabila hasil ukur tetap <1 GΩ, maka rencanakan penggantian

Pengujian Tahanan Tanah

Pengujian tahanan tanah dilakukan untuk mengetahui berapa tahanan tanah pada LA. Besarnya tahanan tanah dapat mempengaruhi keamanan para personil pemeliharaan ataupun operasional gardu induk terhadap bahaya tegangan sentuh. Pengujian tahanan tanah dilakukan dengan menggunakan alat *Earth Tester*. Sistem pentanahan adalah sistem hubungan penghantar yang menghubungkan sistem, peralatan dan instalasi dengan bumi/tanah sehingga dapat mengamankan manusia dari sengatan listrik, dan mengamankan komponen-komponen instalasi dari bahaya tegangan/ arus abnormal. Oleh karena itu, sistem pentanahan menjadi bagian esensial dari sistem tenaga listrik[10].



Gambar 5. *Earth Tester*

Standar nilai tahanan tanah yang diizinkan yaitu tidak lebih dari 1 Ohm berdasarkan KEPDIR nomor 0520-2.K/DIR/2014 tentang Himpunan Buku Pedoman Pemeliharaan Primer Gardu Induk yang dapat dilihat pada tabel berikut [8].

No	Hasil Uji	Keterangan	Rekomendasi
1	< 1Ω	Good	Normal
2	> 1Ω	Poor	Periksa Kondisi Sambungan Grounding

Pengujian surja counter

Pengujian surge counter Lightning Arrester bertujuan untuk mengetahui apakah alat tersebut mampu bekerja pada saat terjadi surja. Jika dalam kondisi baik, counter akan bertambah bila di beri impulse tegangan DC. Impulse tegangan DC yang digunakan dalam pengujian dihasilkan dari kapasitor 400-500 μF, 220-300 VAC. Pelaksanaan dilaksanakan dalam kondisi tidak bertegangan.

Tabel 4. Standar surja counter

Hasil pengujian surge counter LA	Evaluasi	Rekomendasi
Angka counter bertambah setelah di inject	Konsidi baik	
Angka counter tidak bertambah setelah di inject	Surge counter rusak	Lakukan pergantian surge counter LA

HASIL DAN PEMBAHASAN

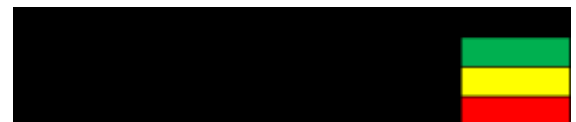
Hasil Inspeksi Level-1

Hasil dari level pertama From ceklist pengecekan pada *Lightning Arrester* dapat dilihat dibawah ini dimana tanda ceklist (✓) menandakan kondisi saat dilakukan pengecekan dan tanda (×) kondisi yang tidak terjadi ;

Tabel 5. Hasil In Service Inspection

NO	KOMPONEN YANG DIAMATI	HASIL PENGAMATAN	Keterangan
1	Suara Korona pada kompartemen insulator	Tidak terdengar suara korona Terdengar suara korona	✓ ×
2	Suara Korona pada cement joint di kedua ujung LA	Tidak terdengar suara korona Terdengar suara korona	✓ ×
3	Suara Korona pada junction yang terhubung sisi bertegangan	Tidak terdengar suara korona Terdengar suara korona	✓ ×
4	Kondisi Kompartemen Insulator	Normal Terdapat polutan pada permukaan insulator Lapisan glaze memudar	✓ × ×
5	Kondisi Insulator dudukan/ Insulating Feet	Retak Normal Pudar warna Ditumbuhi lumut	× ✓ × ×
6	Koneksi antara LA dengan kawat grounding.	Retak Normal Tertutup polutan Korosi pada mur dan baut	× ✓ × ×
7	kawat Grounding	Lepas Normal	× ✓

NO	KOMPONEN YANG DIAMATI	HASIL PENGAMATAN	Keterangan
8	Kondisi Grading Ring	Terlapis lumut Korosi pada mur dan baut Lepas Hilang	× × × ×
9	Surge Counter LA	Normal Tidak terpasang dari pabrikan Terpasang tidak simetris Bengkok/miring Angka penunjukan counter Angka tidak muncul Jumlah tidak bertambah/Tetap Jumlah pertambahan kerja counter (dibandingkan dengan posisi penunjukan counter pada periode sebelumnya)	✓ × × × ✓ × ×
10	Kondisi surge counter	Normal Tidak terbaca Kaca pecah/ retak Support insulator retak/ pecah	✓ × × ×
11	Kondisi Total Leakage Current Monitoring	Normal Tidak terbaca Kaca pecah/ retak Support insulator retak/ pecah	✓ × × ×
12	Kondisi Cement Joint	Normal Cement joint dilapisi polutan Retak pada cement joint	✓ × ×
13	Kondisi Konstruksi Penyangga (Pedestal)	Normal Pedestal bengkok Korosi tinggi pada pedestal Pondasi Retak	✓ × × ×



Secara keseluruhan, kondisi yang ditunjukkan pada tabel menunjukkan bahwa LA dalam kondisi baik. Memantau dan melakukan inspeksi secara berkala berdasarkan tabel tersebut akan membantu mencegah terjadinya gangguan dan kerusakan yang mungkin terjadi, sehingga LA dapat berfungsi dengan baik dan dapat dikatakan

layak untuk digunakan pada operasional gardu induk

Atas-Ground	> 1GΩ	57,8 GΩ	1,8 GΩ	40 GΩ
Atas-Bawah	> 1GΩ	38,2 GΩ	1,7 GΩ	28 GΩ
Bawah-Ground	> 1GΩ	48 GΩ	20 GΩ	40 GΩ

Hasil Inspeksi Level-2

Uji Thermovisi In Service Measurement

Hasil uji thermovisi dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 6. Hasil Uji Thermovisi

No	komponen yang diamati	phasa	hasil pengamatan °C
1	Pola hotspot pada kompartemen insulator	R	28,6
		S	28,2
		T	28,2
2	Pola hotspot pada junction yang terhubung sisi bertegangan	R	25,7
		S	28,0
		T	26,9

Dari data yang didapatkan pada pengukuran inspeksi level 2 thermovisi Lightning arrester didapatkan hasil Berdasarkan selisih suhu klem terhadap konduktor yaitu antara 0 s/d 10 menunjukkan kondisi yang baik. Sedangkan untuk batasan selisih suhu antar fasa 0 s/d 3 menunjukkan dalam kondisi baik. Batasan suhu klem saat *shooting* 0 s/d 39 menunjukkan kondisi baik. Rekomendasi di atas berdasarkan dari PLN SK DIR 520 2014. Adapun penyebab terdapat perbedaan nilai suhu antara klem saat *shooting* dengan konduktor saat *shooting* antara lain yaitu luas penampang yang berbeda antara klem dengan konduktor lalu bahan yang digunakan jika bahan konduktor yaitu aluminium sedangkan bahan klem adalah kaca jenis borosilikat. Kemudian kebersihan atau kendornya klem ataupun konduktor bisa jadi penyebab mengapa terdapat perbedaan nilai klem saat *shooting* dengan konduktor saat *shooting*.

Hasil Uji Tahanan Isolasi

Hasil uji tahanan isolasi dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 7. Hasil Uji Tahanan Isolasi

Titik ukur	Standar	Phasa R	Phasa S	Phasa T
		Hasil Ukur	Hasil Ukur	Hasil Ukur

Berdasarkan hasil uji diatas bahwa hasil dari setiap fasa berada dalam standar kondisi yang baik yaitu >1 GΩ. batas pada tahanan isolasi seperti yang telah ditetapkan dalam buku peralatan SE.032/PST/1984 yaitu: berdasarkan standar VDE (catalaue 228/4) angka terkecil atau nilai minimum tahanan isolasi yaitu 1GΩ yang mengidentifikasi bahwa kondisi tahanan isolasi masih dalam kondisi yang baik dan hanya perlu dilakukan pengecekan secara berkala sesuai jadwal yang telah ditentukan oleh pihak PLN.

Hasil Uji Tahanan Tanah

Hasil uji tahanan tanah dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 8. Hasil Uji Tahanan Tanah

Standar	Hasil Ukur		
	R	S	T
< 1 Ω	0,01 Ω	0,04 Ω	0,03 Ω

Standar tahanan tanah maksimal yang diizinkan yaitu sebesar 1Ω. Berdasarkan hasil uji tahanan tanah yang dapat dilihat pada tabel di atas, maka kondisi *grounding* LA masih dalam kondisi baik dan sesuai dengan standar yang ditetapkan sehingga dapat dikatakan layak untuk digunakan dalam operasional gardu induk.

Hasil Uji Surja Counter

Di bawah ini merupakan data hasil pengujian surja counter ;

Tabel 9. Data surja counter

Titik Ukur	Data surja Counter	
Fasa	Sebelumnya	Hasil Ukur
R	7	8
S	7	8
T	7	8

Dari data hasil pengujian dapat dilihat bahwa kondisi surja counter masih dapat berfungsi dengan baik menurut standar Pemeliharaan *Lightning Arrester* dilihat dari hasil pengujian dari setiap fasa dimana nilai data sebelumnya berada diangka 7 dan setelah di *inject*

bertambah menjadi 8 disetiap fasanya. Maka cukup dilakukan perawatan rutin sesuai jadwal yang telah ditentukan oleh pihak PLN

KESIMPULAN

Peralatan berupa *Lightning Arrester* yang terpasang di GI Harapan Baru dapat diketahui bahwa masih bekerja sesuai dengan standar berdasarkan hasil IL-1 pengecekan dan pengukuran pada alat tersebut berdasarkan buku panduan pemeliharaan LA. Dari hasil pengukuran IL-2 thermovisi didapatkan hasil 28 °C disetiap fasanya yang dimana menandakan bahwa hasil pengukuran yang dilakukan masih dalam kondisi baik karena selisih antara setiap fasa kurang dari 5°C. Hasil IL-3 pengukuran tahanan isolasi masih dikatakan baik karena nilai dari pengukuran disetiap fasanya masih melebihi 1GΩ berdasarkan buku panduan pemeliharaan gardu induk. Hasil dari IL-3 tahanan tanah juga masih dalam performa yang baik dikarenakan hasil dari pengukuran disetiap fasanya masih kurang dari 1G Ω. Kemudian hasil dari IL-3 pengujian surja counter juga masih dalam performa yang baik dimana dibuktikan dengan peningkatan nilai surja counter setelah di *inject* tegangan.

SARAN

Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat menjadi bahan pembelajaran dan sekiranya jika ada mahasiswa yang ingin melakukan penelitian terkait penelitian yang telah dilakukan agar bisa dimanfaatkan dengan baik dan bisa menambahkan jarak optimal antara *Lightning Arrester* dengan alat yang dilindungi agar terdapat *update* dari yang sebelumnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diucapkan kepada pihak PT. PLN (Persero) Unit Layanan Transmisi dan Gardu Induk (ULTG) Samarinda yang telah bersedia mendukung dan melengkapi data-data yang diperlukan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Manik and N. Asmiani, "Pemodelan Pemenuhan Kebutuhan Batubara Untuk Pembangkit Listrik Di Kalimantan Timur," *J. Geomine*, vol. 7, no. 1, pp. 36–44, 2019, doi: 10.33536/jg.v7i1.339.
- [2] M. Tashir, "Analisa Peralatan *Lightning Arrester* Pada Gardu

- Induk Bolangi 150 KV," Makassar, 2020.
- [3] R. Andari, S. Amalia, and A. Okta Viandari, "Analisis Pemeliharaan *Lightning Arrester* Pada Gardu Induk Gis Simpang Haru Padang," vol. 5, no. 2, pp. 220–224, 2022.
- [4] R. Nasution and A. Yusmartato, "Analisa Penempatan *Lightning Arrester* Sebagai Pengaman Gangguan Petir Di Gardu Induk Langsa," *Cetak) Bul. Utama Tek.*, vol. 14, no. 3, pp. 1410–4520, 2019.
- [5] D. Mahendra, "Analisis Pemeliharaan Dan Penentuan Letak *Arrester* Pada Gardu Induk 150 Kv Mojosoongo," Surakarta, 2021.
- [6] I. M. Asna *et al.*, "Analisis Konstruksi Posisi *Lightning Arrester* Di Gardu Distribusi Km 0003 Penyulang Subagan Wilayah Kerja PT PLN (Persero) ULP Karangasem," *J. Ilm. Telsinas Elektro, Sipil dan Tek. Inf.*, vol. 4, no. 1, pp. 46–55, 2022, doi: 10.38043/telsinas.v4i1.2143.
- [7] T. Prasetyo, "Analisis Pemeliharaan Tiga Level Inspeksi *Lightning Arrester* Bay Jajar 2 Di Gardu Induk 150 Kv Gondangrejo," Surakarta, 2021.
- [8] PT. PLN (Persero), *Buku Pedoman Trafo Tegangan*. 2010.
- [9] A. Siswanto, R. Alfian, and E. Subyanta, "Analisis Kinerja Pms Rel 2 Bay Trafo 6 Menggunakan Thermovision Methode Di Gardu Induk Sunyaragi," *Foristek*, vol. 11, no. 2, pp. 114–121, 2021, doi: 10.54757/fs.v11i2.113.
- [10] M. Sunarhati, "Perhitungan Tahanan Pentanahan Gardu Di Griya Kaswaripalembang," *J. Tek. Elektro*, vol. 7, no. 2, pp. 30–41, 2017.