

ANALISIS PENGGANTIAN *LIGHTNING ARRESTER* (LA) PADA BAY DARAJAT#1 GARDU INDUK 150 KV GARUT

Riska Salsabila Sugiarto¹, Trinil Muktiningrum²

Teknik Elektro, Universitas Kahuripan Kediri

Email: rsalsabila46@gmail.com¹, trinilmuktiningrum@kahuripan.ac.id²

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor penyebab penggantian Lightning Arrester (LA) pada bay Darajat #1 dan menganalisis hasil pengujian sebelum dan sesudah penggantian. Pengumpulan data dilakukan melalui studi literatur, observasi lapangan, wawancara dengan pihak terkait, serta pengujian fisik dan termografi. Pengujian meliputi tahanan isolasi dan tahanan pentanahan untuk menilai kondisi LA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa LA yang berusia 43 tahun dengan masa operasi 40 tahun perlu segera diganti karena usia dan korosi pada dudukan isolator. Setelah penggantian, pemeriksaan fisik menunjukkan kondisi yang baik, namun beberapa fasa, terutama fasa R dan S, tidak memenuhi standar tahanan isolasi IEEE 43-2000 dan SK DIR 0520. Temuan ini menekankan pentingnya kepatuhan terhadap regulasi untuk memastikan kinerja optimal perlindungan gardu induk.

Kata Kunci: Lightning Arrester (LA), penggantian peralatan, Darajat #1 bay, tahanan isolasi, termovisi.

Abstract

This study aims to identify the factors causing the replacement of the Lightning Arrester (LA) at Darajat #1 bay and analyze test results before and after the replacement. Data collection involved literature reviews, field observations, interviews with relevant personnel, and physical and thermographic testing. Testing included isolation resistance and grounding resistance to assess the LA's condition. The study found that the 43-year-old LA, operating for 40 years, was due for replacement due to age and corrosion of the insulator support. Post-replacement tests revealed physical components were in good condition, but isolation resistance in some phases, especially R and S, did not meet IEEE 43-2000 and SK DIR 0520 standards. The findings emphasize the need for compliance with regulations to ensure optimal substation protection.

Keywords: *Lightning Arrester (LA), equipment replacement, Darajat #1 bay, isolation resistance, thermovision.*

PENDAHULUAN

Gardu Induk (GI) merupakan komponen utama dalam sistem tenaga listrik yang berperan dalam menyalurkan energi dan mengatur beban listrik. Salah satu gardu induk penting di Jawa Barat adalah Gardu Induk 150 kV Garut, yang tidak hanya mengatur kebutuhan beban listrik di wilayah Garut, tetapi juga melindungi peralatan-peralatan vital dalam sistem tenaga listrik. Salah satu peralatan kritis di GI adalah Lightning Arrester (LA). LA berfungsi sebagai pelindung terhadap tegangan surja, yang berasal dari surja petir maupun surja hubung yang berpotensi merusak peralatan lain di gardu induk (Ogbuefi et al., 2020). Surja ini bisa merambat melalui konduktor, akibat kegagalan sistem perlindungan, backflashover karena nilai tahanan pentanahan yang tinggi, gangguan switching, atau gangguan fasa ke tanah.

Keandalan Lightning Arrester sangat krusial dalam memastikan keamanan dan kontinuitas penyaluran listrik. Oleh karena itu, pemeliharaan rutin perlu dilakukan untuk menjaga performanya. Pemeliharaan ini meliputi inspeksi visual kondisi fisik peralatan, pengukuran menggunakan alat bantu dalam kondisi bertegangan, serta pengujian fungsi dalam kondisi tidak bertegangan. Beberapa faktor yang dapat memengaruhi keandalan LA antara lain usia peralatan, kurangnya pemeliharaan, adanya hotspot pada komponen LA, serta degradasi akibat faktor lingkungan. Jika faktor-faktor tersebut tidak terdeteksi dan ditangani, LA tidak dapat berfungsi optimal, yang dapat memicu gangguan serius pada sistem kelistrikan (Suardi, 2023; Boumous et al., 2023; Rodríguez-Serna, 2024).

Salah satu masalah yang teridentifikasi di Gardu Induk 150 kV Garut adalah usia Lightning Arrester pada bay Darajat #1 yang telah mencapai lebih dari 40 tahun sejak pengoperasian. Sesuai dengan standar KEPDIR NO: 149/KDIR/2013, usia ini menandakan

bahwa LA perlu diganti segera. Selain itu, hasil inspeksi menunjukkan adanya kerusakan fisik pada kedudukan isolator LA yang mengalami korosi, yang semakin meningkatkan urgensi penggantian. Meskipun pemeriksaan fisik setelah penggantian menunjukkan kondisi peralatan yang baik, hasil pengujian isolasi mengungkapkan bahwa beberapa fase LA, terutama pada fase R dan S, masih memiliki nilai tahanan isolasi di bawah standar IEEE 43-2000 dan SK DIR 0520. Hal ini menunjukkan adanya penurunan fungsi isolasi yang berpotensi mengganggu keandalan sistem kelistrikan.

Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi penyebab penggantian Lightning Arrester (LA) di bay Darajat #1 serta menganalisis hasil pengujian thermovisi dan pemeliharaan dua tahunan sebelum dan sesudah penggantian LA. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pemeliharaan rutin terhadap standar yang berlaku, serta melakukan analisis terhadap titik-titik panas yang terdeteksi melalui pengujian thermovisi. Hasil dari penelitian ini akan memberikan rekomendasi teknis terkait penggantian LA yang tepat waktu untuk menjaga keandalan sistem kelistrikan di Gardu Induk 150 kV Garut. Berdasarkan permasalahan yang diidentifikasi serta pentingnya menjaga kinerja optimal Lightning Arrester (LA) dalam sistem kelistrikan, penelitian ini mengusulkan penggantian LA sebagai solusi yang mendesak. Topik yang diangkat dalam penelitian ini adalah “Analisis Penggantian Lightning Arrester (LA) pada Bay Darajat #1 Gardu Induk 150 kV Garut.”.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif untuk menganalisis data numerik yang diperoleh dari pengujian Lightning Arrester (LA) sebelum dan sesudah penggantian. Prosedur penelitian dimulai dengan studi literatur untuk mengumpulkan referensi dari sumber-sumber yang relevan, termasuk jurnal ilmiah dan standar seperti IEEE 43-2000.

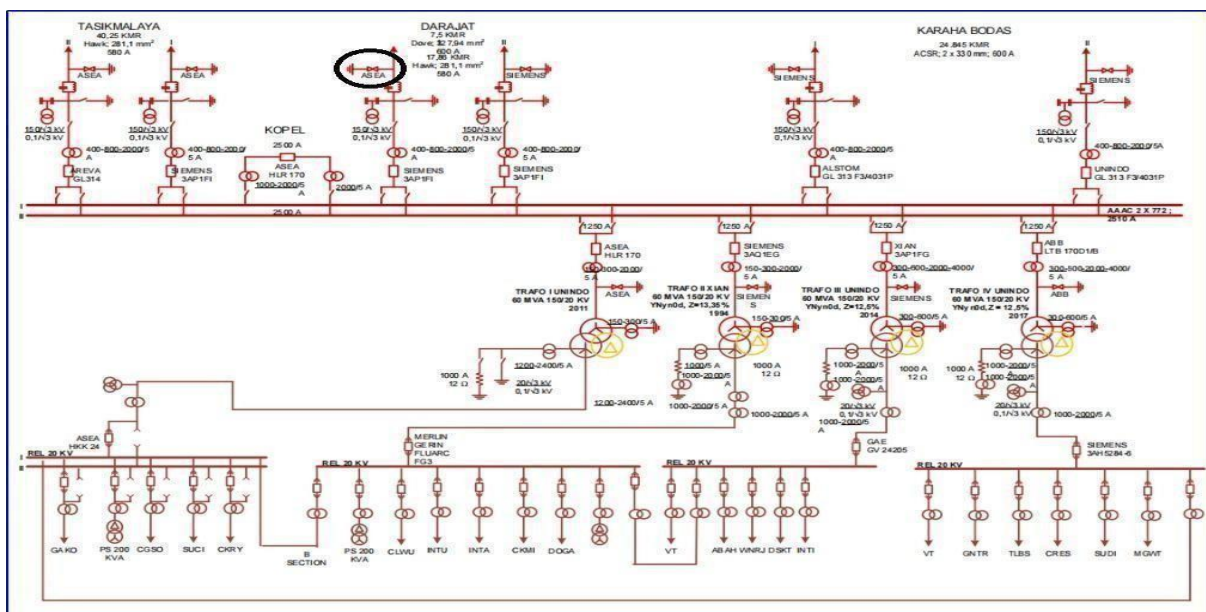
Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung di Gardu Induk 150 kV Garut, dengan fokus pada pengujian fisik, tahanan isolasi, dan tahanan pentanahan. Pengujian menggunakan alat seperti megger dan earth resistance tester untuk mengevaluasi kondisi LA. Selain itu, penggunaan thermography untuk mendeteksi titik panas pada sambungan LA membantu dalam identifikasi kerusakan. Jika hasil pengujian menunjukkan bahwa LA lama tidak memenuhi standar, penggantian dilakukan dengan LA baru. Setelah penggantian, pengujian ulang dilakukan untuk memastikan bahwa LA baru memenuhi kriteria yang ditetapkan. Semua data hasil pengujian dianalisis untuk menilai efektivitas penggantian LA dalam meningkatkan kinerja sistem tenaga listrik. Lampiran disertakan untuk memberikan contoh hasil pengujian thermovisi dan kisi-kisi pengujian tahanan isolasi, sehingga pembaca dapat memahami proses penelitian dengan lebih baik. Penelitian ini bertujuan untuk

memberikan kesimpulan yang valid mengenai keandalan sistem kelistrikan di Gardu Induk 150 kV Garut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengumpulan Data

Gardu Induk 150 kV Garut merupakan gardu induk konvensional yang berlokasi di Jalan Raya Cilawu no.KM.7, Kecamatan Cilawu, Kabupaten Garut, Jawa Barat. Gardu induk 150 kV Garut berada di bawah unit Pelaksana Transmisi (UPT) Cirebon dan Unit Layanan Transmisi dan Gardu Induk (ULTG) Garut. Berdasarkan *single line diagram* (SLD), Gardu Induk 150 kV Garut memiliki empat bay trafo, satu bay kopel, dan enam bay penghantar yang dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 1. Single Line Diagram Gardu Induk 150 kV Garut

Berdasarkan Single Line Diagram di atas, dapat diketahui rincian sebagai berikut:

- Empat bay trafo di Gardu Induk 150 kV Garut, terdiri dari:
 - Trafo#1 150/20 kV dengan kapasitas 60 MVA
 - Trafo #2 150/20 kV dengan kapasitas 60 MVA
 - Trafo #3 150/20 kV dengan kapasitas 60 MVA
 - Trafo #4 150/20 kV dengan kapasitas 60 MVA
- Enam Bay penghantar di Gardu Induk 150 kV Garut, terdiri dari:
 - Bay 150 kV Tasikmalaya #1
 - Bay 150 kV Tasikmalaya #2
 - Bay 150 kV Darajat #1

- d) Bay 150 kV Darajat #2
 - e) Bay 150 kV Karaha #1
 - f) Bay 150 kV Karaha #2
3. Satu baykopel
4. Dua busbar



Gambar 2. Nameplate Lightning Arrester (LA) Bay Darajat #1

Dapat diketahui bahwa *Lightning Arrester* (LA) yang terpasang pada bay Darajat #1 beroperasi pada tahun 1982 dengan tegangan sistem 150 kV. *Lightning Arrester* (LA) tersebut bermerk ASEA dengan *serial number* pada fasa R 5291295, Fasa S 5291294, fasa T 5291293 dengan tahun pembuatan 1979. Dalam pemeliharaan *Lightning Arrester* (LA), terdapat beberapa kondisi yang perlu diperhatikan dalam pemeriksaan fisik seperti kawat *grounding*, lemari / box terminal, bodi dan *bushing*, kekencangan baut, pemeriksaan *fuse* dan MCB, serta pondasi. Selain itu, pengujian yang dilakukan pada saat CVT sedang dalam keadaan beroperasi adalah melaksanakan termovisi. Dalam pemeliharaan 2 tahunan, pengujian yang dilaksanakan pada *Lightning Arrester* (LA) yaitu pengujian tahanan isolasi dan pengujian tahanan pentanahan.

Hasil Pemeriksaan Fisik dan Pengujian pada Lightning Arrester (LA) Sebelum Dilakukan Penggantian

Hasil dari pemeriksaan fisik yang bertujuan untuk mengetahui apakah kondisi *Lightning Arrester* (LA) secara visual dalam kondisi baik atau tidak. Dalam pemeriksaan fisik, tidak memerlukan alat pengujian karena dalam pemeriksaan fisik hanya memeriksa peralatan *Lightning Arrester* (LA) menggunakan panca indera manusia.

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Fisik Lightning Arrester (LA)

No	Peralatan yang Diperiksa	Kondisi Setelah
Pemeliharaan		
1	Pentanahan (Grounding)	
a.	Kawat Pentanahan	Baik
b.	Terminal Pentanahan	Baik
2	Isolator	
a.	Kebersihan	Bersih
b.	Retak - Retak	Tidak ada
c.	Isolator Support	Bersih
3	Kekencangan Baut	
a.	Terminal Utama	Kencang
b.	Pentanahan	Kencang
4	Pondasi	
a.	Keretakan	Tidak ada
b.	Kemiringan	Tidak ada

Pada tabel di atas dapat diketahui bahwa kondisi fisik dari Lightning Arrester (LA) bay Darajat #1 setelah dilakukan pemeriksaan secara visual adalah dalam kondisi baik dan normal. Lightning Arrester (LA) tersebut tidak menunjukkan adanya anomali atau kerusakan.

Tabel 2. Hasil Pengujian Tahanan Isolasi Lightning Arrester (LA)

No	Titik Ukur	Tegangan Uji	Hasil Ukur		
			Fase R	Fase S	Fase T
1	Atas - Bawah	5 kV	866 GΩ	143 GΩ	90,1 GΩ
2	Atas - Ground		276 GΩ	158 GΩ	110 GΩ
3	Tengah - Ground		10,6 GΩ	7,01 GΩ	9,28 GΩ
4	Bawah - Ground		0,4 MΩ	0	916 MΩ

Pada tabel di atas, dapat diketahui bahwa dengan tegangan uji sebesar 5 kV pada titik ukur atas - bawah pada fasa R, S, T sebesar 866 G, 143 G, 90,1 G. Pada titik ukur atas - ground fasa R, S, T sebesar 276 G, 158 G, 110 G. Pada titik ukur tengah - ground fasa R, S, T sebesar 10,6 G, 7,01 G, 9,28 G. Pada titik ukur bawah - ground fasa R, S, T sebesar 0,4 MΩ, 0, 916 MΩ.

Tabel 3. Hasil Pengujian Tahanan Pentanahan

No	Titik Ukur	Hasil Ukur		
		Fase R	Fase S	Fase T
1	Gantry	0,4 Ω	0,4 Ω	0,4 Ω

Pada tabel diatas dapat diketahui bahwa hasil pengujian tahanan pentanahan Lightning Arrester (LA) bay Darajat #1 pada fasa R, S, T sama yaitu sebesar 0,4 Ω.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Suhu dengan Thermovisi

No	Titik Ukur	Hasil Ukur		
		Fase R	Fase S	Fase T
1	Terminal LA	33,4 °C	34,1 °C	33,1 °C
2	Konduktor LA	31,6 °C	33,7 °C	35,6 °C
3	Body LA	32,8 °C	34,1 °C	35,2 °C

Pada tabel diatas dapat diketahui bahwa hasil pengukuran suhu dengan menggunakan thermovisi pada peralatan Lightning Arrester (LA) bay Darajat #1 untuk suhu pada terminal LA di fasa R,S,T yaitu 33,4°C , 34,1°C , 33,1°C, untuk suhu konduktor di fasa R,S,T yaitu 31,6°C, 33,7°C, 35,6°C, dan untuk suhu pada body LA di fasa R,S,T yaitu 32,8 °C, 34,1°C, 35,2°C.

Pembahasan Analisis Hasil Pemeriksaan Fisik dan Pengujian pada Lightning Arrester (LA) Sebelum Dilakukan Penggantian

Pada peralatan Lightning Arrester (LA), analisis pada hasil pemeriksaan secara visual menggunakan panca indera yang telah dilampirkan pada Tabel 1 sangat baik. Dikarenakan tidak ditemukan adanya kerusakan pada peralatan dan anomali pada sistem Lightning Arrester (LA) tersebut. Perhitungan nilai dari tahanan isolasi Lightning Arrester (LA) untuk mengetahui apakah keadaan isolasi pada Lightning Arrester (LA) dalam kondisi baik atau tidak. Nilai tahanan isolasi yang dihasilkan dipengaruhi oleh resistansi isolasi terhadap peralatan, tegangan kerja untuk Lightning Arrester (LA) dan jarak antara Lightning Arrester (LA) dan peralatan. Evaluasi kondisi isolasi dapat dilihat dari hasil nilai tahanan isolasi peralatan itu sendiri. Berikut rumus untuk menghitung nilai tahanan isolasi minimum. Dari perhitungan diatas, nilai minimum tahanan isolasi untuk melindungi peralatan tegangan tinggi di gardu induk 150 kV khususnya Lightning Arrester (LA) adalah 4500 mΩ.

Hasil dari pengujian tahanan isolasi pada Lightning Arrester (LA) yang telah dilampirkan pada Tabel 2 mengacu pada standar IEEE 43-2000 (1kV/1MΩ) terlihat bahwa pada titik ukur bawah – ground diperoleh hasil fasa R,S,T yaitu 0,4 MΩ, 0, 916 MΩ. Dilihat dari nameplate Lightning Arrester (LA) Based Insulation Level(BIL) sebesar 750 kV yang artinya batas kemampuan suatu peralatan terhadap surja hubung atau surja petir sebesar 750 kV. Sedangkan pada fasa R, S, dan T terdapat hasil 0,4 MΩ, 0 MΩ dan 916 MΩ berada di bawah nilai tahanan isolasi minimal yaitu 4500 m Ω terjadi adanya breakdown pada Lightning Arrester (LA). Maka hasil pengujian pada titik tersebut tidak sesuai dengan standar yang telah ditetapkan pada IEEE 43-2000 dan SK DIR 0520. Bila hasil pengujian dibawah standar yaitu <1 GΩ, maka hasil evaluasinya yaitu terjadi degradasi pada fungsi isolasi Lightning Arrester (LA) dan direkomendasikan untuk melakukan pembersihan pada titik yang diuji, lalu dilakukan pengujian ulang, dan bila hasil masih berada di bawah standar, maka akan dilakukan rekomendasi perencanaan penggantian Lightning Arrester (LA).

Tabel 5. Analisis Hasil Pengujian Tahanan Isolasi Lightning Arrester (LA)

No	Titik Ukur	Tegangan Uji	Hasil Ukur			Standar	
			Fase K	Fase S	Fase T		
1	Atas - Bawah	5 kV	866 GΩ	143 GΩ	90,1 GΩ	1 kV/ 1 MΩ	Memenuhi Standar
2	Atas - Ground		276 GΩ	158 GΩ	110 GΩ		
3	Tengah - Ground		10,6 GΩ	7,01 GΩ	916 MΩ		Tidak Memenuhi Standar
4	Bawah - Ground		0,4 MΩ	0	916 MΩ		

Tabel 6. Analisis Hasil Pengujian Tahanan Pentanahan

No	Titik Ukur	Hasil Ukur			Standar	
		Fase R	Fase S	Fase T		
1	Gantry	0,4 Ω	0,4 Ω	0,4 Ω	< 1 Ω	Memenuhi Standard

Hasil dari pengujian tahanan pentanahan Lightning Arrester (LA) yang telah dilampirkan pada Tabel 3 pada titik ukur gantry fasa R,S,T sebesar 0,4 Ω yaitu sesuai dengan standar yang telah ditetapkan oleh SK DIR 0520 dengan hasil <1 Ω kondisi baik.

Tabel 6. Analisis Hasil Pengukuran Suhu dengan Thermovisi

No	Titik Ukur	Hasil Ukur			Standar	
		Fase R	Fase S	Fase T		
1	Terminal LA	33,4 °C	34,1 °C	33,1 °C	□T = 0 – 10 °C	Memenuhi Standard
2	Konduktor LA	31,6 °C	33,7 °C	35,6 °C		
3	Body LA	32,8 °C	34,1 °C	35,2 °C		

Sesuai dengan acuan standar yang digunakan yaitu SK DIR 0520, kondisi peralatan lightning arrester (LA) dapat dikatakan baik apabila nilai ΔT antara 0 – 10 °C. Pada hasil pengukuran dari tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa peralatan lightning arrester (LA) dalam kondisi baik.

Hasil Pemeriksaan Fisik dan Pengujian pada Lightning Arrester (LA) Setelah Dilakukan Penggantian

Hasil dari pemeriksaan fisik yang bertujuan untuk mengetahui apakah kondisi Lightning Arrester (LA) secara visual dalam kondisi baik atau tidak. Dalam pemeriksaan fisik, tidak memerlukan alat pengujian karena dalam pemeriksaan fisik hanya memeriksa peralatan Lightning Arrester (LA) menggunakan panca indera manusia.

Tabel 7. Hasil Pemeriksaan Fisik Lightning Arrester (LA)

No	Peralatan yang Diperiksa	Kondisi Setelah Pemeliharaan
1	Pentanahan (Grounding)	
	a. Kawat Pentahanan b. Terminal Pentahanan	Baik Baik
2	Isolator	
	a. Kebersihan b. Retak - Retak	Bersih Tidak ada
	c. Isolator Support	Bersih
3	Kekencangan Baut	
	a. Terminal Utama b. Pentanahan	Kencang Kencang
4	Pondasi	
	a. Keretakan b. Kemiringan	Tidak ada Tidak ada

Pada tabel di atas dapat diketahui bahwa kondisi fisik dari Lightning Arrester (LA) bay Darajat #1 setelah dilakukan pemeriksaan secara visual adalah dalam kondisi baik dan normal. Lightning Arrester (LA) tersebut tidak menunjukkan adanya anomali atau kerusakan.

Tabel 8. Hasil Pengujian Tahanan Isolasi Lightning Arrester (LA)

No	Titik Ukur	Tegangan Uji	Hasil Ukur		
			Fase R	Fase S	Fase T
1	Atas - Bawah	5 kV	822 GΩ	827 GΩ	988 GΩ
2	Atas - Ground		812 GΩ	804 GΩ	1000 GΩ
3	Bawah - Ground		6 GΩ	7 GΩ	5 GΩ

Pada tabel di atas, dapat diketahui bahwa dengan tegangan uji sebesar 5 kV pada titik ukur atas - bawah pada fasa R, S, T sebesar 822 G, 827 G, 988 G. Pada titik ukur atas - ground fasa R, S, T sebesar 812 G, 804 G, 1000 G.

Tabel 9. Hasil Pengujian Tahanan Pentanahan

No	Titik Ukur	Hasil Ukur		
		Fase R	Fase S	Fase T
1	Gantry	0,5 Ω	0,5 Ω	0,5 Ω

Pada tabel di atas dapat diketahui bahwa hasil pengujian tahanan pentanahan Lightning Arrester (LA) bay Darajat #1 setelah dilakukan penggantian pada fasa R, S, T sama yaitu sebesar 0,5 Ω.

Tabel 10. Hasil Pengukuran Suhu dengan Thermovisi

No	Titik Ukur	Hasil Ukur		
		Fase R	Fase S	Fase T
1	Terminal LA	33,4 °C	34,1 °C	33,1 °C
2	Konduktor LA	31,6 °C	33,7 °C	35,6 °C
3	Body LA	32,8 °C	34,1 °C	35,2 °C

Pada tabel diatas dapat diketahui bahwa hasil pengukuran suhu dengan menggunakan thermovisi pada peralatan Lightning Arrester (LA) bay Darajat #1 untuk suhu pada terminal LA di fasa R,S,T yaitu 33,4°C , 34,1°C , 33,1°C, untuk suhu konduktor di fasa R,S,T yaitu 31,6°C, 33,7°C, 35,6°C, dan untuk suhu pada body LA di fasa R,S,T yaitu 32,8 °C, 34,1°C, 35,2°C.

Pembahasan Analisis Hasil Pemeriksaan Fisik dan Pengujian pada Lightning Arrester (LA) Setelah Dilakukan Penggantian

Pada peralatan Lightning Arrester (LA), analisis pada hasil pemeriksaan secara visual menggunakan panca indera yang telah dilampirkan pada Tabel 1 sangat baik. Dikarenakan tidak ditemukan adanya kerusakan pada peralatan dan anomali pada sistem Lightning Arrester (LA) tersebut. Perhitungan nilai dari tahanan isolasi Lightning Arrester (LA) untuk mengetahui apakah keadaan isolasi pada Lightning Arrester (LA) dalam kondisi baik atau tidak. Nilai tahanan isolasi yang dihasilkan dipengaruhi oleh resistansi isolasi terhadap peralatan, tegangan kerja untuk Lightning Arrester (LA) dan jarak antara Lightning Arrester (LA) dan peralatan. Dari perhitungan diatas, nilai minimum tahanan isolasi untuk melindungi peralatan tegangan tinggi di gardu induk 150 kV khususnya Lightning Arrester (LA) yang baru adalah 11.250 mΩ.

Hasil dari pengujian tahanan isolasi pada Lightning Arrester (LA) yang telah dilampirkan pada Tabel 11 menunjukkan bahwa nilai hasil ukur pada semua titik ukur sudah berada diatas nilai tahanan isolasi minimum Lightning Arrester (LA) yang baru yaitu 11.250 mΩ dan Mengacu pada standar IEEE 43-2000 (1kV/1MΩ) terlihat bahwa pada titik ukur atas bawah, atas ground dan bawah ground telah memenuhi standar dan sudah berada diatas nilai tahanan isolasi minimum Lightning Arrester (LA).

Tabel 11. Analisis Hasil Pengujian Tahanan Isolasi Lightning Arrester (LA)

No	Titik Ukur	Tegangan Uji	Hasil Ukur			Memenuhi Standar
			Fase R	Fase S	Fase T	
1	Atas - Bawah	5 kV	822 GΩ	827 GΩ	988 GΩ	Memenuhi Standar
2	Atas - Ground		812 GΩ	804 GΩ	1000 GΩ	
4	Bawah - Ground		6 GΩ	7 GΩ	5 GΩ	

Tabel 12. Analisis Hasil Pengujian Tahanan Pentanahan

No	Titik Ukur	Hasil Ukut			Standar	Memenuhi standar
		Fase R	Fase S	Fase T		
1	Gantry	0,5 Ω	0,5 Ω	0,5 Ω	< 1 Ω	Memenuhi standar

Hasil dari pengujian tahanan pentanahan Lightning Arrester (LA) yang telah dilampirkan pada Tabel 9 pada titik ukur gantry fasa R,S,T sebesar 0,5 Ω yaitu sesuai dengan standar yang telah ditetapkan oleh SK DIR 0520 dengan hasil <1 Ω kondisi baik.

Tabel 13. Analisis Hasil Pengukuran Suhu dengan Thermovisi

No	Titik Ukur	Hasil Ukur			ΔT	Standar	Memenuhi Standar
		Fase R	Fase S	Fase T			
1	Terminal LA	33,4 °C	34,1 °C	3,1 °C	< 3	$\Delta T = 0 - 10 \text{ }^\circ\text{C}$	Memenuhi Standar
2	Konduktor LA	31,6 °C	33,7 °C	35,6 °C	< 4		
3	Body LA	32,8 °C	34,1 °C	35,2 °C	< 3		

Sesuai dengan acuan standar yang digunakan yaitu SK DIR 0520, kondisi peralatan *Lightning Arrester* (LA) dapat dikatakan baik apabila nilai ΔT antara 0 – 10 °C. Pada hasil pengukuran dari tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa peralatan *Lightning Arrester* (LA) dalam kondisi baik.

Faktor Pendukung Penggantian Lightning Arrester (LA)

Pada peralatan *Lightning Arrester* (LA) di bay Darajat #1 Gardu Induk Garut yang sesuai dengan name plate pada Gambar 2, tertera bahwa tahun pembuatan peralatan tersebut pada tahun 1979 dan dioperasikan tahun 1982. Yang mana pada standar tercantum pada KEPDIR NO: 149/KDIR/2013 tentang kriteria penggantian peralatan utama gardu induk sebagai berikut.

Tabel 14. Standar umur MTU menurut SKDIR 149

No	Peralatan	Sangat Tua	Tua
1	Trafo	> 30 Tahun	20 - 30 Tahun
2	CT, PT, dan CVT	> 25 Tahun	15 - 25 Tahun
3	PMT dan PMS	> 20 Tahun	15 - 20 Tahun
4	LA	> 15 Tahun	10 - 15 Tahun
5	Rectifier	> 15 Tahun	10 - 15 Tahun
6	Batere	> 15 Tahun	10 - 15 Tahun

Berdasarkan dari tabel diatas, umur peralatan *Lightning Arrester* (LA) pada bay darajat #1 sejak dari pembuatan pabrikan yaitu 43 tahun, dan sejak pengoperasian peralatannya yaitu 40 tahun. Bila dikategorikan sesuai standar umur peralatan maka *Lightning Arrester* (LA) pada bay darajat #1 harus segera diganti dikarenakan sudah termasuk peralatan yang sangat tua. Faktor pendukung lain yaitu pada kedudukan isolator tumpu *Lightning Arrester* (LA) terdapat bagian yang korosif sehingga membuat peralatan tersebut rentan roboh. Maka dari itu, harus segera dilaksanakan penggantian peralatan *Lightning Arrester* (LA) pada bay Darajat #1. Berikut gambar kedudukan isolator tumpu pada *Lightning Arrester* (LA) yang korosif.



Gambar 3. Dudukan isolator tumpu Lightning Arrester (LA) korosif

Tabel 15. Perbandingan Hasil Pengujian Tahanan Isolasi Lightning Arrester (LA)

No	Titik Ukur	Tujuan Uji	Hasil Ukur		
			Fase R	Fase S	Fase T
Sebelum Penggantian					
1	Atas - Bawah	5 kV	866 GΩ	143 GΩ	90,1 GΩ
2	Atas - Ground		276 GΩ	158 GΩ	110 GΩ
3	Tengah - Ground		10,6 GΩ	7,01 GΩ	9,28 GΩ
4	Bawah - Ground		0,4 MΩ	0	916 MΩ
Setelah Penggantian					
1	Atas - Bawah	5 kV	822 GΩ	827 GΩ	988 GΩ
2	Atas - Ground		812 GΩ	804 GΩ	1000 GΩ
3	Bawah - Ground		6 GΩ	7 GΩ	5 GΩ

Tabel 16. Perbandingan Hasil Pengujian Tahanan Pentahanan

No.	Titik Ukur	Hasil Ukur		
		Fasa R	Fasa S	Fasa T
Sebelum Penggantian				
1	Gantry	0,4 Ω	0,4 Ω	0,4 Ω
Setelah Penggantian				
1	Gantry	0,5 Ω	0,5 Ω	0,5 Ω

Tabel 17. Perbandingan Hasil Pengukuran Suhu dengan Thermovisi

No	Objek yang diuji	Hasil ukur		
		Fasa R	Fasa S	Fasa T
Sebelum Penggantian				
1	Terminal LA	33,4 °C	34,1 °C	33,1 °C
2	Konduktor LA	31,6 °C	33,7 °C	35,6 °C
3	Body LA	32,8 °C	34,1 °C	35,2 °C
Setelah Penggantian				
1	Terminal LA	28,8 °C	27,1 °C	25,8 °C
2	Konduktor LA	25,3 °C	29,2 °C	26,4 °C
3	Body LA	33 °C	29,7 °C	30,1 °C

SIMPULAN

Dari hasil penelitian, disimpulkan bahwa penggantian Lightning Arrester (LA) pada bay Darajat #1 sangat diperlukan, mengingat usia peralatan yang sudah mencapai 43 tahun sejak pembuatan dan 40 tahun sejak pengoperasian, sebagaimana tercantum dalam KEPDIR NO: 149/KDIR/2013. Kerusakan pada dudukan isolator yang korosif juga menambah urgensi

untuk melakukan penggantian. Meskipun pemeriksaan fisik pasca penggantian menunjukkan kondisi yang baik, pengujian tahanan isolasi mengindikasikan bahwa beberapa fasa LA, khususnya pada fasa R dan S, tidak memenuhi standar IEEE 43-2000 dan SK DIR 0520, dengan nilai tahanan isolasi yang rendah ($<1 \text{ M}\Omega$) yang menandakan degradasi fungsi isolasi. Oleh karena itu, penggantian LA perlu dipertimbangkan sesuai prosedur yang ditetapkan dalam regulasi yang berlaku untuk memastikan kinerja optimal sistem perlindungan di gardu induk.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, N. Y., Ilias, H. A., & Mokhlis, H. (2023). A protocol for selecting viable transmission line arrester for optimal lightning protection. *Electric Power Systems Research*, 221. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2023.109489>
- Araújo, M. A., Spatti, D. H., Liboni, L. H. B., Pergentino, L. A., Viana, F. E., & Flauzino, R. A. (2019). Decision-Making Support Method for the Preventive Substitution of Surge Arresters on Distribution Systems. *Journal of Control, Automation and Electrical Systems*, 30(3). <https://doi.org/10.1007/s40313-018-00434-x>
- Boumous, S., Boumous, Z., Latréche, S., & Nouri, H. (2023). Influence of the lightning arrester position on protection of the 220KV Overhead transmission line. *Przeegląd Elektrotechniczny*, 99.
- Cui, Y., & Cui, C. (2013). A developing method of aircraft HIRF/L preventive maintenance program. *QR2MSE 2013 - Proceedings of 2013 International Conference on Quality, Reliability, Risk, Maintenance, and Safety Engineering*. <https://doi.org/10.1109/QR2MSE.2013.6625787>
- Gunawan, O.H., Haddin, M., Nugroho, A.A. (2021). Analisis Arus Bocor Terhadap Kelayakan Lightning Arrester Pada Trafo Daya II 60 MVA Gardu Induk 150/20 kV Jepara. <http://repository.uninsula.ac.id>
- Manihuruk, J., Simorangkir, T., & Sitanggang, N. L. (2021). Studi Kemampuan Arrester Untuk Pengaman Transformator Pada Gardu Induk Tanjung Morawa 150 KV. *Jurnal ELPOTECS*, 4(1). <https://doi.org/10.51622/elpotecs.v4i1.447>
- Martinez, O., Ronda, S., Oliver, C., Marquez, P., & Miranda, J. M. (2021). Verification Protocols for the Lightning Protection of a Large Scale Scientific Instrument in Harsh Environments: A Case Study. *Journal of Power and Energy Engineering*, 09(06). <https://doi.org/10.4236/jpee.2021.96002>
- Masarrang, R., Lily Stiowaty Patras, & Hans Tumaliang. (2019). Efek Korona pada Saluran Transmisi Gardu Induk Tello Sulawesi Selatan. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 8(2).
- Novizon, Septiyeni, T. U., & Wulandari, S. (2023). Effect of surge arrester lead length on 20kV distribution transformer protection. *AIP Conference Proceedings*, 2592. <https://doi.org/10.1063/5.0129204>
- Ogbuefi, U. C., Nwosu, C. M., & Ogbuka, C. U. (2020). Concept and Application of Lightning Arrester for 11kV Electric Power Systems Protection. *Asian Journal of Basic Science & Research*, 02(01). <https://doi.org/10.38177/ajbsr.2020.2105>
- Paraisu, M. S., Lisi, F., Patras, L. S., & Silimang, S. (2013). Analisa Rating Lightning Arrester Pada Jaringan Transmisi 70 kV Tomohon-Teling.

- Reddy, G. N., & Subba Reddy, B. (2021). A Review on the Condition Monitoring of HVDC Polymeric housed Surge Arresters. Proceedings of 2021 5th International Conference on Condition Assessment Techniques in Electrical Systems, CATCON 2021. <https://doi.org/10.1109/CATCON52335.2021.9670497>
- Rodríguez-Serna, J. M., Villa-Acevedo, W. M., & López-Lezama, J. M. (2024). External Multi-Gap Lightning Arrester Modeling Using the Integration Method. *Energies*, 17(5), 1241.
- Sabiha, N. A., & Alkhamash, H. I. (2023). Performance evaluation of distribution and low-voltage networks under direct lightning flashes with paralleled triac-surge arrester. *Electric Power Systems Research*, 225. <https://doi.org/10.1016/j.epr.2023.109851>
- Shevchenko, S., Danylchenko, D., Dryvetskyi, S., Savchenko, N., & Petrov, S. (2023). Determination of Energy Characteristics for Choice of Surge Arresters. In *Studies in Systems, Decision and Control* (Vol. 454). https://doi.org/10.1007/978-3-031-22464-5_11
- SK DIR PT PLN (Persero) 0520-2.K/DIR/2014. No. Dokumen : PDM/PGI/07:2014. (2014). *Buku Pedoman Pemeliharaan Lightning Arresters (LA)*. PT PLN (Persero)
- Suardi, M. A., Utomo, R. M., Pandu, A., Suprihanto, D., & Rumawan, F. H. (2023). Analisis Tiga Level Inspeksi Peralatan Lightning Arrester Sebagai Pengaman Pada Unit Layanan Transmisi Dan Gardu Induk Tengkawang. *Prosiding Snitt Poltekba*, 6, 48-54.
- W. Hidayat, "Evaluasi Kondisi Lightning Arrester di Gardu Induk Jatirangon Dengan Metode Pengujian Tahanan Isolasi dan Tahanan Pembumian Dalam Rangka SLO (Sertifikat Laik Operasi),: Inst Teknol. - Pln, 2020.