

# ANALISA UJI KELAYAKAN KINERJA LIGHTNING ARRESTER (LA) JENIS ZnO BERDASARKAN ARUS BOCOR PADA GARDU INDUK 150 KV KEBASEN DENGAN METODE REGRESI LINEAR

Mohammad Choirul Mu'ti \*<sup>1</sup>  
Ida Widiastuti <sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung  
\*e-mail: [mohammadchoirul@std.uissula.ac.id](mailto:mohammadchoirul@std.uissula.ac.id)

## Abstrak

Gardu Induk Kebasen berada di area persawahan yang memiliki karakteristik lingkungan khusus. Kondisi ini dapat mempengaruhi kinerja Lightning Arrester, terutama dalam hal keandalan dan masa pakainya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja Lightning Arrester Bay Transformator I pada Gardu Induk Kebasen dalam 10 tahun kedepan apakah masih layak bekerja. Pada penelitian ini menggunakan metode regresi linear untuk memprediksi arus bocor yang dihasilkan oleh Lightning Arrester dalam 10 tahun ke depan apakah masih layak bekerja. Hasil dari penelitian ini pada tahun 2024 yaitu pengukuran arus bocor pada Lightning Arrester Bay Transformator I untuk fasa R, S, dan T berturut-turut adalah 54  $\mu$ A, 41  $\mu$ A dan 49  $\mu$ A. Presentase arus bocor pada ketiga fasa tersebut (R, S, T) masing-masing sebesar 36%, 27% dan 32%, ini sangat aman, jauh di bawah batas maksimum  $\leq 90\%$ . Sedangkan tahun 2032, 2033 dan 2034 pengukuran arus bocor Lightning Arrester Bay Transformator I untuk fasa R Presentase arus bocor pada ketiga fasa masing-masing 94%, 101% dan 108% yang berada melebihi dari batas aman maksimum  $\leq 90$ . Dan pada tahun 2034 fasa S, T persentase arus bocor 94% dan 97%. Untuk fasa R tahun 2033 dan 2034 perlu dilakukan penggantian.

**Kata kunci:** arus bocor, gardu induk, lightning arrester, regresi linear

## Abstract

*Kebasen Substation is located in a rice field area that has special environmental characteristics. This condition can affect the performance of the Lightning Arrester, especially in terms of reliability and service life. This study aims to determine the performance of the Lightning Arrester Bay Transformer I at the Kebasen Substation in the next 10 years whether it is still feasible to work. This study uses a linear regression method to predict the leakage current generated by the Lightning Arrester in the next 10 years whether it is still feasible to work. The results of this study in 2024, namely the measurement of leakage current on the Lightning Arrester Bay Transformer I for phases R, S, and T, were 54  $\mu$ A, 41  $\mu$ A and 49  $\mu$ A, respectively. The percentage of leakage current in the three phases (R, S, T) was 36%, 27% and 32%, respectively, this is very safe, far below the maximum limit of  $\leq 90\%$ . While in 2032, 2033 and 2034 the measurement of leakage current of Lightning Arrester Bay Transformer I for phase R The percentage of leakage current in the three phases is 94%, 101% and 108% respectively which is above the maximum safe limit  $\leq 90$ . And in 2034 the phase S, T the percentage of leakage current is 94% and 97%. For phase R in 2033 and 2034, replacement is needed.*

**Keywords:** leakage current, Substation, Lightning Arrester, linear regression

## PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik memiliki peran krusial dalam menyediakan energi yang andal dan aman bagi konsumen. Salah satu tantangan utama dalam sistem ini adalah perlindungan terhadap gangguan yang disebabkan oleh sambaran petir dan surja hubung. Gardu Induk (GI), sebagai komponen penting dalam transmisi dan distribusi listrik, memerlukan perlindungan yang efektif dari gangguan petir. Untuk tujuan ini, digunakan perangkat pelindung yang disebut Lightning Arrester (LA), yang berfungsi mengalihkan arus petir ke tanah dan melindungi peralatan dari kerusakan.

Gardu Induk (GI) Kebasen yang berada di Kabupaten Tegal merupakan salah satu elemen penting dalam jaringan transmisi listrik di daerah tersebut. Gardu Induk ini berfungsi sebagai penghubung antara jaringan transmisi dan distribusi, memastikan aliran listrik yang stabil dan dapat diandalkan untuk masyarakat. Mengingat peran strategis Gardu Induk Kebasen,

perlindungan terhadap gangguan eksternal terutama sambaran petir, menjadi sangat penting. Dan gangguan internal contohnya kerusakan material akibat proses penuaan pada Lightning Arrester tersebut.

Untuk melindungi peralatan di GI Kebasen, digunakan Lightning Arrester (LA) jenis Zinc Oxide (ZnO). Alat ini dirancang untuk mengalihkan arus petir langsung ke tanah, sehingga mencegah kerusakan pada peralatan yang terhubung. Namun, Gardu Induk Kebasen berada di area persawahan yang memiliki karakteristik lingkungan khusus. Kondisi ini dapat mempengaruhi kinerja Lightning Arrester, terutama dalam hal keandalan dan masa pakainya.

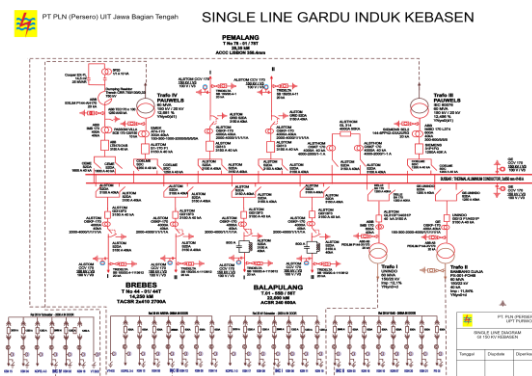
Setelah beroperasi selama 10 tahun, Lightning Arrester di Gardu Induk Kebasen menunjukkan penurunan kinerja yang terindikasi oleh peningkatan arus bocor. Arus bocor ini bisa menjadi tanda awal dari penurunan kualitas isolasi dan potensi kegagalan fungsi Lightning Arrester. Mengingat peran penting Lightning Arrester dalam menjaga stabilitas operasional Gardu Induk Kebasen, penting untuk menilai kinerja Lightning Arrester secara menyeluruh.

Penelitian ini akan menilai kelayakan kinerja Lightning Arrester di Gardu Induk Kebasen dengan fokus pada analisis arus bocor yang diukur antara tahun 2022 dan 2024 dan meramal 10 tahun ke depan. Data ini akan dianalisis untuk menentukan apakah Lightning Arrester masih layak digunakan atau perlu diganti. Dengan mempertimbangkan usia Lightning Arrester di Gardu Induk Kebasen, penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang kondisi aktual Lightning Arrester dan langkah-langkah pemeliharaan yang diperlukan untuk memastikan keandalan Gardu Induk Kebasen di masa depan.

**METODE**

**A. Model Penelitian**

Penelitian ini dilakukan dengan cara studi dokumentasi, yaitu dengan mengumpulkan informasi dan mempelajari dokumen-dokumen untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan untuk penelitian ini. Yaitu dengan cara berkoordinasi dengan pihak Gardu Induk 150 KV Kebasen untuk mendapatkan data yang diperlukan perhitungan sistematis dengan metode regresi linier. Kemudian hasil yang didapatkan akan di analisis apakah sudah sesuai dengan standar yang berlaku.



Gambar 1. Single line diagram Gardu Induk Kebasen

**B. Data yang digunakan**

1. Untuk data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Name plate Lightning Arrester

No	Item	Spesifikasi
1	Type	PEXLIM Q132-XV170
2	Tahun	2014
3	Buatan	Sweden
4	Merek	ABB AB
5	Class	20 Ka

2. Data arus bocor Lightning Arrester Gardu Induk Kebasen 2022 – 2024

Tabel 2. Data arus bocor 2022-2024

No	Bay	Tahun	Fasa	Arus bocor (uA)
1	Trafo 1	2022	R	32
2			S	21
3			T	29
4	Trafo 1	2023	R	42
5			S	34
6			T	31
7	Trafo 1	2024	R	54
8			S	41
9			T	49

**C. Tahap Penelitian**

1. Menentukan tempat penelitian
2. Menentukan data yang akan dibutuhkan
3. Mengumpulkan data-data penelitian yang dibutuhkan
4. Data-data penelitian yang dibutuhkan yaitu data spesifikasi Lightning Arrester, tahun pembuatan Lightning Arrester, dan data arus bocor lightning Arrester
5. Menghitung presentase data arus bocor 2024
6. Menentukan peramalan arus bocor menggunakan regresi linear untuk 10 tahun kedepan
7. Menghitung konstanta a
8. Menghitung konstanta b
9. Menentukan hasil regresi linear apakah sesuai atau tidak
10. Menentukan kondisi Lightning arrester dengan perhitungan presentase
11. Membuat analisis kelayakan kinerja Lightning Arrester melalui data arus bocor yang diperoleh dengan keputusan kelayakan standar PLN
12. Membuat kesimpulan dan saran

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Perhitungan Presentase Arus Bocor**

Pada penelitian ini menggunakan data arus bocor Lightning Arrester bay Transformator I, adapun data arus bocor yang didapatkan untuk penelitian ini yaitu data arus bocor. Pada data arus bocor Lightning Arrester Bay Transformator I ini diperoleh dari tahun 2022 sampai 2024. Adapun data arus bocor dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 3. Data arus bocor 2022 sampai 2024

No	Bay Penghantar	Tahun	Arus Bocor		
			R	S	T
1	Trafo I	2022	32	21	29
2	Trafo I	2023	42	34	31
3	Trafo I	2024	54	41	49

Berikut ini adalah perhitungan untuk arus bocor Lightning Arrester dari tabel 5 yaitu untuk mengetahui kondisi baik atau tidaknya arus bocor yang dihasilkan juga dapat diketahui dan dibuktikan dengan presentase dengan menggunakan persamaan.

1. Bay penghantar Trafo 1
  - Presentase Fasa R
 
$$= \frac{IR_{corr}}{IR_{ref}} \times 100\%$$

$$= \frac{54}{150} \times 100\%$$

$$= 36\%$$
  - Presentase Fasa S
 
$$= \frac{IR_{corr}}{IR_{ref}} \times 100\%$$

$$= \frac{41}{150} \times 100\%$$

$$= 27\%$$

➤ Presentase Fasa T

$$= \frac{IR_{corr}}{IR_{ref}} \times 100\%$$

$$= \frac{49}{150} \times 100\%$$

$$= 32\%$$

Tabel 4. Hasil presentase arus bocor pada tahun 2024

No	Bay Penghantar	Standar	Tahun	Arus Bocor		
				R	S	T
1	Trafo 1	SPLN T5.007.2 014.	2024	36 %	27 %	32 %

**B. Menentukan peramalan arus bocor lightning arrester bay transformator I fasa R**

Berdasarkan data arus bocor dari 2022 sampai 2024 dan umur Lightning Arrester berusia 10 tahun yang digunakan sebagai peramalan arus bocor pada Lightning arrester bay transformator I fasa R yang ada pada Gardu Induk 150 kV Kebasen.

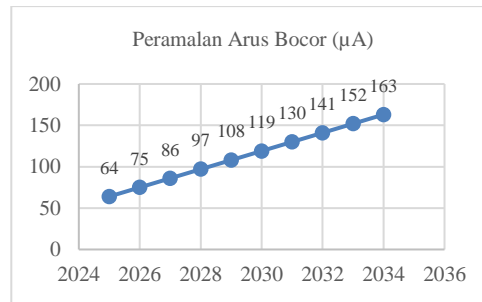
Tabel 5. Peramalan arus bocor lightning arrester 10 tahun kedepan dengan metode regresi linear

No	Tahun	Umur LA (X)	Peramalan Arus Bocor (μ) Y = a + b X
1	2025	4	64
2	2026	5	75
3	2027	6	86
4	2028	7	97
5	2029	8	108
6	2030	9	119
7	2031	10	130
8	2032	11	141
9	2033	12	152
10	2034	13	163

Berdasarkan Tabel 5 yang merinci perkiraan arus bocor *Lightning Arrester Bay* transformator I menggunakan metode regresi linier untuk 10 tahun ke depan, terlihat bahwa arus bocor meningkat seiring bertambahnya usia *Lightning Arrester*. Pada tahun 2025 perhitungan arus bocor *Lightning Arrester* mencapai 64 μA dan pada tahun 2034 perhitungan arus bocor *Lightning arrester* mencapai prediksi 163 μA.

Peningkatan arus bocor mencerminkan penurunan kinerja *Lightning arrester* seiring bertambahnya usia. Tren ini menyoroti pentingnya perencanaan untuk pemeliharaan dan penggantian *Lightning Arrester* di masa mendatang guna memastikan kinerja dengan baik dan tetap efektif. Perkiraan ini memberikan wawasan berharga untuk mengembangkan strategi pemeliharaan yang bertujuan mencegah penurunan kinerja, yang dapat membahayakan keselamatan dan keandalan sistem. Untuk grafik peramalan arus bocor *Lightning Arrester Bay* transformator I dengan menggunakan metode regresi linear dapat dilihat pada gambar 4 di bawah ini :

:



Gambar 2. Grafik peramalan arus bocor lightning arrester bay transformator I fasa R dengan metode regresi linear

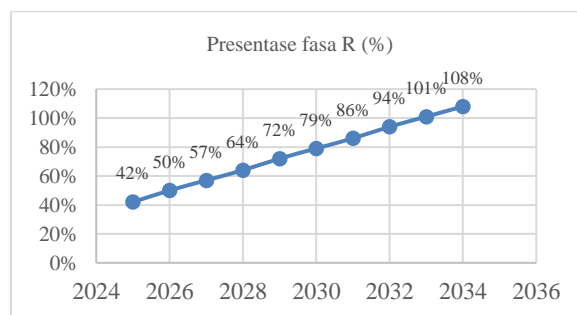
**C. Menentukan presentase arus bocor lightning arrester bay transformator 1 fasa R**

Setelah perhitungan data dengan menggunakan regresi linear untuk 10 tahun mendatang dan sudah diperoleh hasil perhitungannya berdasarkan tabel 6 maka dapat ditentukan presentase arus bocor dari data tersebut dengan rumus sesuai dengan persamaan di bawah ini :

Tabel 6. Presentase arus bocor lightning arrester bay transformator I fasa R

No	Tahun	Standar SPLN (µA)	Data Arus Bocor yang diperoleh (µA)	Presentase fasa R (%)
1	2025	150	64	42%
2	2026		75	50%
3	2027		86	57%
4	2028		97	64%
5	2029		109	72%
6	2030		119	79%
7	2031		130	86%
8	2032		141	94%
9	2033		152	101%
10	2034		163	108%

Untuk grafik presentase arus bocor *Lightning Arrester Bay* Transformator I fasa R dengan menggunakan metode regresi linear dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 3. Grafik presentase arus bocor lightning arrester bay transformator I fasa R

**D. Menentukan peramalan arus bocor lightning arrester bay transformator I fasa S**

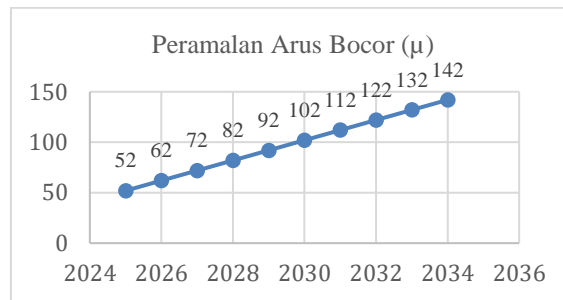
Berdasarkan data arus bocor dari 2022 sampai 2024 dan umur Lightning Arrester berusia 10 tahun yang digunakan sebagai peramalan arus bocor pada Lightning arrester bay transformator I fasa S yang ada pada Gardu Induk 150 kV Kebasen.

Tabel 7. Peramalan arus bocor lightning arrester bay transformator I fasa S

No	Tahun	Umur LA (X)	Peramalan Arus Bocor (µA) $Y = a + bX$
1	2025	4	52
2	2026	5	62

3	2027	6	72
4	2028	7	82
5	2029	8	92
6	2030	9	102
7	2031	10	112
8	2032	11	122
9	2033	12	132
10	2034	13	142

Untuk grafik peramalan arus bocor Lightning Arrester bay Transformator I fasa S dengan menggunakan metode regresi linear dapat dilihat di bawah ini :



Gambar 4. Grafik peramalan arus bocor lightning arrester bay transformator I fasa S dengan metode regresi linear

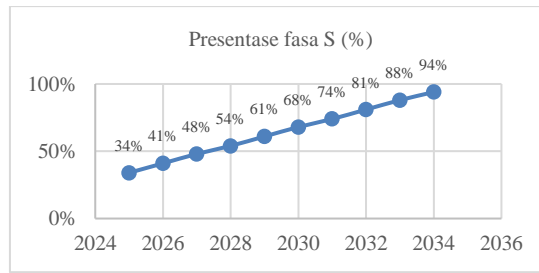
**E. Menentukan presentase arus bocor lightning arrester bay transformator I fasa S**

Setelah perhitungan data dengan menggunakan regresi linear untuk 10 tahun mendatang dan sudah diperoleh hasil perhitungannya berdasarkan tabel 7 maka dapat ditentukan presentase arus bocor dari data tersebut dengan rumus sesuai dengan persamaan di bawah ini :

Tabel 8. Peresentase arus bocor lightning arrester bay transformator I fasa S

No	Tahun	Standar SPLN (μ)	Data Arus Bocor yang diperoleh (μ)	Presentase fasa S (%)
1	2025	150	52	34%
2	2026		62	41%
3	2027		72	48%
4	2028		82	54%
5	2029		92	61%
6	2030		102	68%
7	2031		112	74%
8	2032		122	81%
9	2033		132	88%
10	2034		142	94%

Untuk grafik presentase arus bocor Lightning Arrester Bay Transformator I fasa S dengan menggunakan metode regresi linear dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



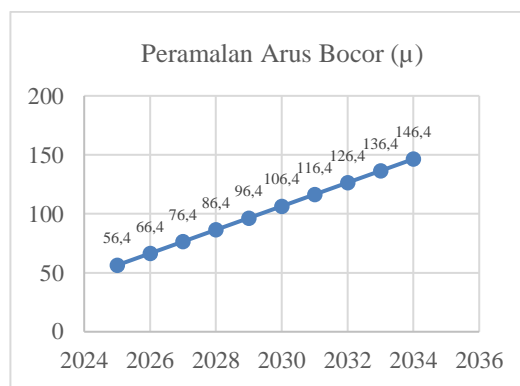
Gambar 5. Grafik presentase arus bocor lightning arrester bay transformator I fasa S

**F. Menentukan peramalan arus bocor lightning arrester bay transformator I fasa T**  
 Berdasarkan data arus bocor dari 2022 sampai 2024 dan umur Lightning Arrester berusia 10 tahun yang digunakan sebagai peramalan arus bocor pada Lightning Arrester bay Transformator I fasa T yang ada pada Gardu Induk 150 kV Kebasen.

Tabel 9. Peramalan arus bocor lightning arrester bay transformator I fasa T

No	Tahun	Umur LA (x)	Peramalan Arus Bocor (μA) $Y = a + bX$
1	2025	4	56
2	2026	5	66
3	2027	6	76
4	2028	7	86
5	2029	8	96
6	2030	9	106
7	2031	10	116
8	2032	11	126
9	2033	12	136
10	2034	13	146

Untuk grafik peramalan arus bocor *Lightning Arrester Bay* Transformator I fasa T dengan menggunakan metode regresi linear dapat dilihat pada gambar di bawah ini :

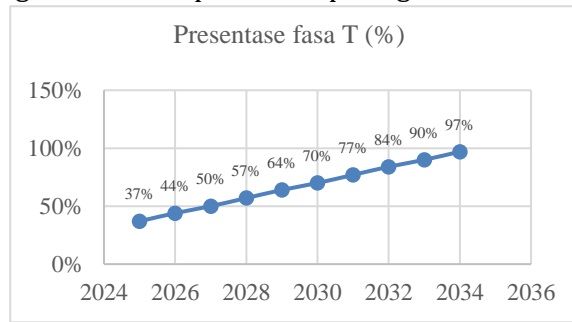


Gambar 6. Grafik peramalan arus bocor lightning arrester bay transformator I fasa T dengan metode regresi linear

**G. Menentukan presentase arus bocor lightning arrester bay transformator I fasa T**  
 Setelah perhitungan data dengan menggunakan regresi linear untuk 10 tahun mendatang dan sudah diperoleh hasil perhitungannya berdasarkan tabel 9 maka dapat ditentukan presentase arus bocor dari data tersebut dengan rumus sesuai dengan persamaan di bawah ini :

Tabel 10. Presentase arus bocor lightning arrester bay transformator I fasa T

Untuk grafik presentase arus bocor *Lightning Arrester Bay* Transformator I fasa T dengan menggunakan metode regresi linear dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 7. Grafik presentase arus bocor lightning arrester bay transformator I fasa T

**H. Menentukan Kelayakan Kinerja Lightning Arrester Dengan Keputusan Kelayakan Standar PLN**

Dari hasil analisis arus bocor Lightning Arrester dapat dinyatakan baik dan layak beroperasi atau berkerja apabila arus bocor Lightning Arrester yang dihasilkan tidak melebihi nominal yang ditentukan oleh PLN seperti pada tabel 2.2. Untuk mempermudah analisis kelayakan kinerja

No	Tahun	Standar SPLN (µA)	Data Arus Bocor yang diperoleh (µA)	Presentase fasa T (%)
1	2025	150	56	37%
2	2026		66	44%
3	2027		76	50%
4	2028		86	57%
5	2029		96	64%
6	2030		106	70%
7	2031		116	77%
8	2032		126	84%
9	2033		136	90%
10	2034		146	97%

Lightning Arrester dengan keputusan PLN maka akan dibuatkan tabel analisis seperti tabel 17 di bawah ini :

Tabel 11. Rekomendasi hasil analisa arus bocor lightning arrester tahun 2024-2034

Tahun	Arus Bocor (µA)			Presentase (%)			Rekomendasi		
	R	S	T	R	S	T	R	S	T
2024	54	41	49	36%	27%	32%	G	G	G
2025	64	52	56	42%	34%	37%	G	G	G
2026	75	62	66	50%	41%	44%	G	G	G
2027	86	72	76	57%	48%	50%	G	G	G
2028	97	82	86	64%	54%	57%	G	G	G
2029	108	92	96	72%	61%	64%	G	G	G
2030	119	102	106	79%	68%	70%	G	G	G
2031	130	112	116	86%	74%	77%	G	G	G
2032	141	122	126	94%	81%	84%	D	G	G
2033	152	132	136	101%	88%	90%	D	G	D



2034	163	142	146	108%	94%	97%	D	D	D
------	-----	-----	-----	------	-----	-----	---	---	---

## KESIMPULAN

Berdasarkan pengukuran arus bocor selama beberapa tahun terakhir tahun 2024, didapatkan bahwa arus bocor pada setiap fasa (R, S, T) sebesar 54  $\mu$ A, 41  $\mu$ A dan 49  $\mu$ A. Dan nilai presentase arus bocor pada ketiga fasa masing-masing adalah 36%, 27% dan 32%. Hal ini dapat disimpulkan bahwa kinerja Lightning Arrester masih dalam batas aman, mengingat arus bocor yang terukur masih di bawah ambang batas yang ditetapkan, yaitu 90% dari batas maksimal arus bocor. Lightning Arrester pada Gardu Induk Kebasen saat ini masih berfungsi dengan sangat baik dan layak untuk terus digunakan.

Berdasarkan hasil analisa arus bocor pada Lightning Arrester (LA) jenis ZnO di Gardu Induk 150 kV Kebasen selama 10 tahun ke depan tepatnya pada tahun 2034, didapatkan bahwa arus bocor pada setiap fasa (R, S, T) sebesar 163  $\mu$ A, 142  $\mu$ A dan 146  $\mu$ A. Dan nilai persentase adalah 108%, 94% dan 97%. Kondisi ini sudah melebihi batas maksimum yang ditetapkan oleh SPLN T5.007.2014, yaitu  $\leq 90\%$ . Hal ini menunjukkan bahwa kinerja Lightning Arrester sudah tidak memenuhi standar yang berlaku dan sudah tidak layak untuk digunakan selama 10 tahun ke depan. Kelayakan Lightning Arrester secara keseluruhan pada tahun 2024 sampai 2034 ada yang tidak memenuhi standar yaitu pada tahun dan tahun 2032 fasa R dan 2034 fasa S, T perlu dilakukan pemeliharaan enam bulan sekali. Pada tahun 2033, 2034 fasa R, perlu dilakukan penggantian Lightning Arrester, dapat dinyatakan bahwa ada beberapa masih layak untuk melanjutkan operasional dan ada juga yang sudah tidak layak. Dengan demikian, berdasarkan data dan analisis yang ada, Lightning Arrester pada Gardu Induk Kebasen 10 tahun ke depan ada yang tidak berfungsi dengan baik dan tidak layak untuk terus digunakan.

## DAFTAR PUSTAKA

- D. Andriawan, "Kinerja Arrester Yang Sudah Berusia Lebih Dari 10 Tahun Di Gardu Induk 150 KV Ungaran - Semarang," *J. Tek. Elektro*, vol. 6, no. 2, 2014.
- Timoti Zefanya Lumiu, "Performance Analysis of Lightning Arresters in Likupang Switchyard," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, p. 2, 2019.
- A. W. Ramadhani, J. Joko, A. I. Agung, and T. Wrahatnolo, "Analisis Arus Bocor Resistif Pada Sistem Proteksi Lightning Arrester Bay Kedinding Di Gardu Induk 150 KV Kenjeran Surabaya," *J. Tek. ELEKTRO*, vol. 12, no. 1, pp. 19–27, 2023, doi: 10.26740/jte.v12n1.p19-27.
- I. P. Ramadhan, "Kinerja Lightning Arrester Yang Berusia Lebih Dari 30 Tahun Di Gardu Induk 150 kV Sronдол Pt.Pln (Persero) Upt Semarang," pp. 1–69, 2019.
- Suparyanto dan Rosad, "Penentuan Kelayakan Arus Bocor Arus Bocor Lightning Arrester Di Gardu Induk 150KV CEPU," *Suparyanto dan Rosad*, vol. 5, no. 3, pp. 248–253, 2021, [Online]. Available: [http://repository.unissula.ac.id/23023/12/S1 Teknik Elektro\\_30601501697\\_fullpdf.pdf](http://repository.unissula.ac.id/23023/12/S1_Teknik_Elektro_30601501697_fullpdf.pdf)
- M. Zainuddin, "Mutiarra Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia Jarak Penempatan Lightning Arrester sebagai Pelindung Transformator terhadap Tegangan Lebih pada Gardu Induk 150 Kv Harapan Baru," *jimi*, vol. 1, no. 2, 2023, [Online]. Available: <https://jurnal.tiga-mutiara.com/index.php/jimi/index>
- I Gede Tubagus Wiranata, "Analisa Kinerja Lightning Arrester pada Gardu Induk Ampenan 150 kV Menggunakan Software PSCAD," *unram*, vol. 1–2, p. 10, 2020.
- E. Mirs, "v o L," *Rom. J. Ofapplied Sci. Technol.*, vol. XIII, no. 3, pp. 254–260, 2010.
- PLN, "Buku Pedoman Pemilihan Arrester untuk Jaringan Transmisi 66 kV, 150 kV, 275 kV, dan 500 kV," *PT. PLN (Persero)*, 2014.
- R. T. Jurnal, "Kajian Pemasangan Lightning Arrester Pada Sisi Hv Transformator Daya Unit Satu Gardu Induk Teluk Betung," *Energi & Kelistrikan*, vol. 9, no. 2, pp. 168–179, 2018, doi: 10.33322/energi.v9i2.42.
- R. Nasution and A. Yusmartato, "Analisa Penempatan Lightning Arester Sebagai Pengaman Gangguan Petir Di Gardu Induk Langsa," *Cetak) Bul. Utama Tek.*, vol. 14, no. 3, pp. 1410–4520, 2019.

- M. C. M. Barasa, L. S. Patras, and H. Tumaliang, "Analisis Kinerja Lightning Arrester Pada Jaringan Transmisi 150 Kv Sistem Minahasa Khususnya Pada Penyulang Kawangkoan - Lopana," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 6, no. 1, pp. 7-14, 2017, [Online]. Available: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/elekdankom/article/download/15567/15105>
- Y. Yuniarto, "Profil Surja Hubung Karena Proses Energized (Pemberian Tenaga) Pada Saluran Transmisi 500 Kv," *Gema Teknol.*, vol. 16, no. 1, p. 31, 2010, doi: 10.14710/gt.v16i1.364.
- D. W. F. S. N. G. BAYU SANI DARUSMAN, "PENGUJIAN SURJA PETIR PADA TRANSFORMATOR 60 MVA PT. XD SAKTI INDONESIA," *ugm*, vol. 1-2, pp. 1-9, 2020.
- Sandy Ryan Handoko, "Analisa Penggunaan Lightning Arrester (LA) Pada Sistem Tenaga Listrik Gardu Induk 150 KV PLTU Rembang," *JNTETI*, pp. 1-6, 2022.
- H. Johan, "Analisis Regresi Linear," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1-119, 2018.