

ANALISIS PENGGANTIAN LIGHTNING ARRESTER BAY TRAFO 3 GARDU INDUK 150 KV GANDUL

Muhammad Irfansyah¹⁾, Poedji Oetomo²⁾

S-1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Institut Sains dan Teknologi Nasional

Email : muhammadirfansyah3007@gmail.com

Abstrak

Lighting Arrester adalah peralatan sistem tenaga listrik yang berfungsi untuk melindungi peralatan instalasi tenaga listrik ataupun Gardu Induk dari sambaran petir ataupun gangguan tegangan lebih. Tidak selamanya Lightning Arrester dapat digunakan pada gardu induk, penggantian Lightning Arrester beracuan pada hasil pengujian Leakage Current Measurement (LCM). Leakage Current Measurement adalah alat pengukuran kebocoran arus yang digunakan untuk mengukur kebocoran arus pada Lightning Arrester di gardu induk, hasil pengukuran Leakage Current Measurement mengacu kepada Surat Pedoman Pemeliharaan nomor 113 dan 114 / DIR / 2010. Setelah melihat hasil hasil pengujian Leakage Cuurent Measurement lightning arrester dapat diketahui apakah masih dalam keadaan baik atau sudah harus diganti. sesuai dengan acuan yang ada pada Surat Pedoman Pemeliharaan nomor 113 dan 114 / DIR / 2010.

Kata Kunci : Lightning Arrester, Leakage Current Measurement (LCM), Penggantian Lightning Arrester

Abstract

Lighting Arrester is an electrical power system equipment that functions to protect electrical power installation equipment or substations from lightning strikes or overvoltage disturbances. Not always Lightning Arrester can used at substation parent, lightning replacement Arrester refers to the results of the Leakage Current Measurement (LCM) test. Leakage Current Measurement is a current leak measurement tool used to measure current leakage in Lightning Arresters at substations, the results of Leakage Current Measurement measurements refer to the Maintenance Guidance Letter number 113 and 114 / DIR / 2010. After seeing results results testing Leakage Cuurent Measurement lightning arrester can it is known whether it is still in good condition or whether it needs to be replaced. appropriate with reference which is in Maintenance Guidance Letter numbers 113 and 114 /DIR / 2010

Keywords : Lightning Arrester, Leakage Current Measurement (LCM), Lightning Arrester Replacement.

PENDAHULUAN

Dengan meningkatnya konsumsi energi listrik seiring dengan pertambahan jumlah populasi penduduk, PT.PLN (Persero) sebagai pemegang kuasa perusahaan tenaga listrik diberi amanat oleh negara untuk menyalurkan tenaga listrik kepada pelanggan yang tersebar di seluruh wilayah Republik Indonesia. Dalam proses penyaluran listrik dari PLN ke masyarakat terdapat sistem tenaga listrik yang terdiri dari bermacam subsistem yaitu sistem pembangkit, sistem transmisi, sistem distribusi dan konsumen. Sistem Distribusi memegang peran penting karena berfungsi untuk menyalurkan energi listrik kepada konsumen dan merupakan sistem tenaga listrik paling terdekat dengan masyarakat. PT.PLN harus mempunyai kehandalan yang tinggi dan mutu yang baik dalam menyalurkan energi listrik. Dalam penyaluran energi listrik pada jaringan transmisi tidak lepas dari adanya gangguan dari dalam maupun gangguan dari luar.

Untuk itu dibutuhkan alat proteksi untuk melindungi peralatan pada gardu induk. Salah satu gangguan dari luar yang dapat menyebabkan kegagalan atau kerusakan pada gardu induk adalah surja petir. Peralatan yang digunakan untuk memproteksi atau melindungi dari gangguan surja petir adalah Lightning Arrester. Alat ini biasanya dipasang di gardu induk dan jaringan transmisi, lightning arrester ini berfungsi untuk melindungi peralatan-peralatan jaringan transmisi atau gardu induk dari gangguan surja petir ataupun surja hubung.

Gangguan yang terjadi pada gardu induk berbagai jenis. Gangguan yang berasal dari dalam contohnya kerusakan material akibat proses penuaan pada lightning arrester tersebut, sedangkan gangguan yang berasal dari luar adalah gangguan akibat surja petir.

Untuk mengetahui apakah lightning arrester tersebut masih layak untuk digunakan atau sudah harus diganti, maka dapat diketahui dari hasil pengujian lightning arrester tersebut dengan menggunakan alat pengujianya yaitu Leakage Current Measurement (LCM). Leakage Current Measurement ini berfungsi untuk mendapatkan nilai kebocoran arus yang terjadi pada lightning arrester.

Untuk pengujian tahunan LCM ini dilakukan oleh tim HarGI Unit Layanan Transmisi dan Gardu Induk (ULTG). Hasil pengujian tahunan LCM ini mengacu kepada Surat Pemeliharaan SK Direksi No. 113 dan 114 / DIR / 2010. Oleh karena itu, Penulisan ini akan membahas penggantian lightning arrester berdasarkan hasil pengujian tahunan yang dilakukan tim HarGI Unit Layanan Transmisi dan Gardu Induk (ULTG) pada Gardu Induk 150 kV Gandul. Untuk itu peneliti akan menggunakan judul "Analisis Penggantian Lightning Arrester (LA) Bay Trafo 3 Gardu Induk 150kV Gandul".

LANDASAN TEORI

Gardu induk merupakan suatu sistem instalasi listrik yang terdiri dari beberapa perlengkapan peralatan listrik dan menjadi penghubung listrik dari jaringan transmisi ke jaringan distribusi primer, jaringan transmisi adalah bagian sistem dari sistem tenaga listrik yang tugasnya adalah menyalurkan tenaga listrik, dari pembangkit listrik ke gardu induk penaik melalui jaringan transmisi ke gardu induk penurun hingga di distribusikan ke semua konsumen pengguna tenaga listrik.. Pada sistem gardu induk yang dikelola oleh PT. PLN (Persero) beroperasi dalam dua level tegangan yang terdiri atas Tegangan Ekstra Tinggi (TET) dan Tegangan Tinggi (TT). Gardu induk yang beroperasi pada level tegangan 500 kV dan 275 kV disebut Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi (GITET), sedangkan gardu induk yang beroperasi pada level tegangan 150 kV dan 70 kV disebut Gardu Induk (GI).

Lightning Arrester

Berfungsi untuk melindungi atau mengamankan peralatan listrik dari gangguan surja petir atau tegangan lebih. Prinsip kerja Lightning Arrester yaitu apabila dalam keadaan normal maka lightning arrester bersifat isolator, dan apabila timbul tegangan lebih atau surja petir maka lightning arrester akan bersifat sebagai konduktor, apabila lightning arrester bersifat konduktor maka tegangan lebih atau surja petir tersebut akan dialirkan ke tanah sehingga tidak merambat ke peralatan listrik yang lainnya yang dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan listrik di gardu induk.

Prinsip Pengukuran Leakage Current Measurement

Kondisi varistor ZnO pada LA dapat diketahui melalui analisis arus bocor resistif. Arus bocor resistif dapat mengakibatkan pemanasan dalam elemen ZnO dengan prinsip dasar sebagai berikut:

- 1) Komponen non linear, ZnO, bila diberi tegangan sinusoidal akan menghasilkan arus bocor dengan harmonisa.
- 2) Arus bocor memiliki beragam harmonisa, seperti harmonisa orde ke-3, 5, dan seterusnya, namun hanya Arus bocor resistif dengan harmonisa orde ke-3 yang paling dominan dalam menunjukkan kondisi Varistor ZnO.
- 3) Adanya harmonisa dari tegangan sistem di luar LA, dapat mempengaruhi hasil pengukuran arus bocor, khususnya harmonisa yang berasal dari stray capacitance sistem. Harmonisa yang berasal dari luar LA ini dapat mempengaruhi hasil ukur LCM, sehingga kompensasi diperlukan untuk memperoleh hasil ukur yang akurat.
- 4) Oleh karenanya metode pengukuran dengan alat uji LCM dikenal sebagai: "Metode pengukuran arus bocor resistif dengan analisis harmonisa orde ketiga dengan kompensasi terhadap pengaruh harmonisa dan tegangan sistem".

METODE PENELITIAN

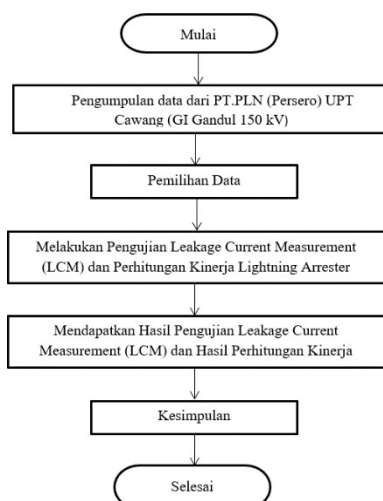
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode yang dilakukan dengan cara dokumentasi dan observasi yang akan digunakan sebagai data-data yang berhubungan dengan penggantian lightning arrester pada gardu induk 150kV gandul. Dengan mengadakan metode ini, maka penulis akan mendapatkan data – data yang berhubungan dengan penggantian lightning arrester yang berasal dari hasil wawancara dengan pihak karyawan HarGI ULTG Gandul dan data – data perusahaan PT.PLN (Persero).

Data

Lightning Arrester pada Gardu Induk 150kV Gandul dalam penelitian ini adalah Lightning Arrester type SIEMENS dan TRIDELTA yang terhubung pada bay trafo 3. Berikut ini adalah spesifikasi Lightning Arrester SIEMENS dan TRIDELTA :

Spesifikasi Lightning Arrester SIEMENS	
Teganga Pengenal (Ur)	138 kV
Arus Pelepasan Nominal (In)	10 kA
Arus Impuls Curam (Is)	65 kA
Spesifikasi Lightning Arrester TRIDELTA	
Tegangan Pengenal (Ur)	144 kV
Arus Pelepasan Nominal (In)	20 kA
Arus Impuls Curam (Is)	65 kA
Frekuensi (f)	48-62 Hz
Tegangan Operasi Kontinu Maksimum (Uc)	115kV

Flowchart Penelitian



Obyek Penelitian

Obyek penelitian ini adalah cara kerja dan pengujian Leakage Current Measurement (LCM) pada Lightning Arrester Gardu Induk 150kV Gandul. Untuk mengetahui hasil pengujian LCM Lightning Arrester yang terhubung pada bay trafo 3, sehingga dapat diketahui apakah layak digunakan atau sudah harus diganti Lightning Arrester tersebut.

Lokasi Penelitian dilakukan di PT. PLN (Persero) UPT Cawang (Gardu Induk 150kV Gandul) - JL. PLN No.30, Gandul, Kec. Cinere, Kota Depok, Jawa Barat. 11 Desember 2021.

Menentukan Arus Pelepasan Nominal

Arus pelepasan dalam arrester ditentukan oleh tegangan maksimum yang diteruskan oleh isolasinya, oleh impedansi surja pada kawat, dan oleh karakteristik dari arrester, dapat ditunjukkan dengan persamaan sebagai berikut:

$$I\alpha = \frac{2E - E\alpha}{Z}$$

Keterangan :

$I\alpha$: Arus pelepasan arrester (kA/μs)

E : Besarnya tegangan surja yang datang (kV/μs)

$E\alpha$: Tegangan terminal arrester (kV)

Z : Impedansi surja (Ω)

$$Z = 60 \ln \frac{2h}{r} (\Omega)$$

Menentukan Tegangan Pengenal Lightning Arrester

Tegangan pengenal, yaitu nilai efektif maksimum dari tegangan frekuensi kerja yang diizinkan antara kutub-kutubnya yang dirancang agar dapat bekerja dengan tepat. Dalam pemilihan arrester yang juga harus diperhatikan adalah koefisien pembumian. Untuk sistem yang tidak dibumikan nilai koefisien pembumiannya adalah 1,0 (100%). Untuk sistem yang dibumikan tegangan dasar maksimum dari pada arrester dapat diturunkan menjadi 80% atau 0,8. Pada sistem jaringan transmisi Gardu Induk Gandul 150 kV menggunakan sistem pembumian yang ditanahkan langsung. Menentukan tegangan pengenal arrester dapat menggunakan persamaan :

$$V_p = (V_{\text{sistem}} \times \text{koefisien pentanahan}) \times 110 \%$$

Keterangan :

V_p : Tegangan pengenal arrester

V_{sistem} : Tegangan sistem

Koefisien pentanahan : 0.8 untuk system yang ditanahkan langsung.

:1.0 untuk sistem yang tidak ditanahkan langsung.

Faktor Perlindungan

Faktor perlindungan adalah besar perbedaan tegangan antara BIL (Basic Impulse Level) dari peralatan yang dilindungi dengan tegangan kerja dari arrester. Pada umumnya besar faktor perlindungan ini adalah 20% dari BIL peralatan untuk arrester yang dipasang dekat dengan peralatan yang dilindungi. Untuk menentukan factor perlindungan dapat menggunakan rumus :

$$FP = \frac{TID \text{ trafo} - TP}{TID \text{ trafo}} \times 100 \%$$

Keterangan :
 FP : Faktor Perlindungan
Tid trafo : Basic Impulse Level pada trafo
 TP : Tingkat Perlindungan

Dalam menentukan faktor perlindungan, maka harus mencari Tingkat Perlindungan terlebih dahulu dengan menggunakan rumus :

$$TP = Ea \times 1,1$$

Keterangan :
 TP : Tingkat Perlindungan
 Ea : Tegangan Terminal

Menentukan Level Perlindungan

Untuk menentukan level perlindungan menurut SPLN T5.007 : 2014 nilai untuk Level Perlindungan adalah >1,4. Untuk mendapatkan nilai Level Perlindungan dapat ditentukan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$LP = \frac{BIL}{Ea}$$

Keterangan :
 LP = Level Perlindungan
 BIL = Basic Impuls Level
 Ea = Tegangan Terminal

Menentukan Kondisi Lightning Arrester

Kondisi lightning arrester ini adalah acuan untuk mengetahui apakah lightning arrester dalam keadaan baik atau sudah harus diganti. Untuk menghitung persentase kondisi lightning arrester dapat ditentukan sebagai berikut :

$$Kondisi \text{ arrester} = \frac{\text{Corrective Value}}{\text{Batas Arus Bocor}} \times 100 \%$$

Nilai Kebocoran Arus

Banyaknya sambaran petir dapat mempengaruhi kinerja lightning arrester karena suatu saat dapat merusak permukaan lightning arrester dan menyebabkan nilai kebocoran arus pada lightning arrester akan besar. Pengukuran kebocoran arus dapat dilakukan dengan pengujian Leakage Current Measurement (LCM). Berikut adalah tabel rekomendasi nilai kebocoran arus sesuai Surat Pemeliharaan SK Direksi NO. 113 dan 114 / DIR / 2010.

% dari Ires, Max	Rekomendasi
≤ 90	Ukur LCM tahunan
91 – 99	Ukur LCM 6 bulan kemudian
≥ 100	Penggantian Lightning Arrester

HASIL DAN PEMBAHASAN

Menentukan Tegangan Pengenal Lightning Arrester

Untuk menghitung tegangan pengenal lightning arrester dapat menggunakan persamaan 3.3, sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_p &= (V \text{ sistem} \times \text{koefisien pentanahan}) \times 110\% \\ &= (150 \times 0,8) \times 1,1 \\ &= 132 \text{ kV} \end{aligned}$$

Tegangan pengenal lightning arrester adalah 144 kV. Tegangan pengenal lightning arrester pada GI Gandul sesuai dengan teori atau peraturan yang dikeluarkan oleh SPLN T5.007:2014. Dimana tegangan pengenal Arrester pada GI Gandul adalah 144 kV.

Menentukan Arus Pelepasan Lightning Arrester

Arus pelepasan arrester digunakan untuk menentukan kelas dari arrester tersebut, untuk menghitung arus pelepasan arrester menggunakan persamaan 3.1 adalah sebagai berikut :

$$I\alpha = \frac{2E - Ea}{Z}$$

Sebelum menentukan arus pelepasan arrester, terlebih dahulu harus menentukan tegangan terminal (Ea) dan impedansi surja (Z).

- Tegangan terminal arrester disebut juga dengan tegangan kerja arrester, sesuai dengan tabel karakteristik lightning arrester 2.1 adalah sebesar 460 kV

Sehingga :

$$\begin{aligned} - Ea &= 460 \text{ kV} = 460.000 \text{ Volt} \\ - Z &= 60 \ln \frac{2h}{r} \end{aligned}$$

Dimana :

- h = tinggi kawat fasa ke tanah (top conductor) = 30,1 m
- r = jari-jari konduktor kawat = $\frac{d}{2}$

Jenis penghantar ACSR DRAKE dengan diameter penghantar d = 28,14 mm, jadi :

$$r = \frac{28,14}{2} = 14,07 \text{ mm} = 14,07 \times 10^{-3} \text{ m}$$

- Dengan demikian nilai impedansi surja diperoleh menggunakan rumus persamaan 3.2 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Z &= 60 \ln \frac{2h}{r} \\ &= 60 \ln \frac{2 \cdot 30,1}{14,07 \times 10^{-3}} \\ &= 501,6 \Omega \end{aligned}$$

Sehingga arus pelepasan nominal arrester dapat diketahui sebagai berikut :

$$\begin{aligned} I\alpha &= \frac{2E - Ea}{Z} \\ &= \frac{2 \cdot 1.030.000 - 460.000}{501,6} \end{aligned}$$

$$= \frac{1.600.000}{501,6}$$

$$= 3.190 \text{ A} = 3,190 \text{ kA}$$

Jadi dapat diketahui arrester yang terpasang pada Gardu Induk Gandul yang ideal harus mampu melewati arus pelepasan dengan nilai minimal 3.190 A.

Menentukan Faktor Perlindungan Lightning Arrester

Faktor perlindungan adalah besar perbedaan tegangan antara BIL (Basic Impulse Level) dari peralatan yang dilindungi dengan tegangan kerja dari arrester. Pada umumnya besar faktor perlindungan ini adalah 20% dari BIL peralatan untuk arrester yang dipasang dekat dengan peralatan yang dilindungi.

Dalam menentukan faktor perlindungan, maka pertama-tama yang dihitung adalah tingkat perlindungan arrester dengan menggunakan persamaan

$$TP = Ea \times 1,1$$

Dari rumus tersebut dapat dihitung tingkat perlindungan dari lightning arrester dengan tegangan pengenalan 144 kV dengan kelas 10 kA, dimana tabel karakteristik lightning arrester didapatkan besar dari Ea (tegangan terminal) adalah 460 kV, maka tingkat perlindungannya adalah :

$$TP = 460 \times 1,1$$

$$= 506 \text{ kV}$$

Jadi, dapat dihitung faktor perlindungannya dengan menggunakan rumus persamaan 3.4 sebagai berikut:

$$FP = \frac{TID \text{ Trafo} - TP}{TID \text{ Trafo}} \times 100 \%$$

$$= \frac{650 - 506}{650} \times 100 \%$$

$$= 22,15 \%$$

Dari perhitungan tersebut didapat faktor perlindungan yang diperoleh adalah 22,15% dari 20% BIL peralatan pada umumnya.

Menentukan Level Perlindungan

Untuk menentukan Level Perlindungan harus mengetahui Basic Impulse Level (BIL) dan Tegangan Terminal (Ea) terlebih dahulu. Dengan diketahuinya Basic Impulse Level (BIL) adalah 650 kV dan Tegangan Terminal (Ea) adalah 460 kV, maka dapat dihitung menggunakan persamaan 3.6 sebagai berikut :

$$LP = \frac{BIL}{Ea}$$

$$= \frac{650 \text{ kV}}{460 \text{ kV}}$$

$$= 1,413$$

Dari perhitungan diatas didapatkan hasil yaitu 1,413 yang sesuai dengan SPLN T5.007 : 2014 yaitu >1,4

Menentukan Kondisi Lightning Arrester Sebelum Penggantian

Lokasi	Nama Bay	Phase	Merk	Type	Hasil Pengujian (μA)		
					IR(TH)	IR Corr	I Total
GI Gandul	Bay Trafo 3	R	ALSHTOM	P150-GU170	8770	9077	19999
		S	ALSHTOM	P150-GU171	8775	8951	19999
		T	ALSHTOM	P150-GU172	8693	8606	19999

Berikut ini adalah perhitungan untuk Lightning Arrester sebelum dilakukan penggantian. Untuk perhitungan persentase arus bocor menghitungnya menggunakan persamaan 3.7 dan arus bocornya 150 μA (nilai diambil dari tabel 2.2), maka sebagai berikut :

- Kondisi LA Fasa R $= \frac{\text{corrective value}}{\text{batas arus bocor}} \times 100 \%$

$$= \frac{9077}{150} \times 100 \%$$

$$= 6051 \%$$

(Kondisi

DAMAGE)

- Kondisi LA Fasa S $= \frac{\text{corrective value}}{\text{batas arus bocor}} \times 100 \%$

$$= \frac{8951}{150} \times 100 \%$$

$$= 5967 \%$$

(Kondisi
DAMAGE)

- Kondisi LA Fasa T $= \frac{\text{corrective value}}{\text{batas arus bocor}} \times 100 \%$

$$= \frac{8606}{150} \times 100 \%$$

$$= 5737 \%$$

(Kondisi
DAMAGE)

Dapat diketahui kondisi lightning arrester fasa R yaitu 6051 % (Kondisi DAMAGE), fasa S yaitu 5967 % (Kondisi DAMAGE) dan fasa T yaitu 5737 % (Kondisi DAMAGE). Apabila kondisi lightning arrester dalam kondisi DAMAGE maka langkah selanjutnya adalah akan dilakukan penggantian pada lightning arrester fasa R,S,T pada Gardu Induk Gandul. Sesuai dengan tipe kondisi pengujian Leakage Current Measurement.

Menentukan Kondisi Lightning Arrester Setelah Penggantian

Lokasi	Nama Bay	Phase	Merk	Type	Hasil Pengujian (µA)		
					IR (TH)	IR Corr	I Total
GI Gandul	Bay Trafo 3	R	TRIDELTA	SB 144/10.3-0	SIGNAL CLIPS		
		S	TRIDELTA	SB 144/10.3-0	9	18	1082
		T	TRIDELTA	SB 144/10.3-0	22	45	1115

Berikut ini adalah perhitungan untuk menentukan kondisi Lightning Arrester baik atau tidaknya arrester tersebut digunakan pada gardu induk. Untuk perhitungan persentase arus bocor menghitungnya menggunakan persamaan 3.7 dan arus bocornya 150 µA (nilai diambil dari tabel 2.2), maka sebagai berikut :

- Kondisi LA Fasa R = SIGNAL CLIPS
- $$\text{Kondisi LA Fasa S} = \frac{\text{corrective value}}{\text{batas arus bocor}} \times 100 \%$$

$$= \frac{18}{150} \times 100 \%$$

$$= 12 \%$$

(Kondisi GOOD)
- $$\text{Kondisi LA Fasa T} = \frac{\text{corrective value}}{\text{batas arus bocor}} \times 100 \%$$

$$= \frac{45}{150} \times 100 \%$$

$$= 30 \%$$

(Kondisi GOOD)

Dapat diketahui kondisi lightning arrester fasa R yaitu SIGNAL CLIPS (Dilakukan pengujian sesuai jadwal pemeliharaan), fasa S yaitu 12% (Kondisi GOOD) dan fasa T yaitu 30% (Kondisi GOOD). Apabila kondisi lightning arrester dalam kondisi GOOD maka dapat dipastikan Lightning Arrester pada fasa S dan T dalam kondisi yang sangat baik untuk digunakan pada Gardu Induk.

KESIMPULAN

Setelah melakukan pengolahan data, perhitungan data dan analisis data maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Penggantian lightning arrester dilakukan karena data hasil pengujian Leakage Current Measurement (LCM) GI Gandul pada Lightning Arrester fasa R 6051%, fasa S 5967% dan fasa T 5737%. Maka nilai yang didapat tersebut menunjukkan bahwa lightning arrester dalam keadaan yang sudah tidak baik dan harus diganti sesuai dengan SK Direksi NO. 113 dan 114 / DIR / 2010.

- Penggantian Lightning Arrester dilakukan karena hasil pengujian Leakage Current Measurement (LCM) yang sudah buruk, bukan karena Lightning Arrester tersebut rusak ataupun cacat (masih dalam keadaan bagus).
- Setelah dilakukan penggantian lightning arrester kemudian dilakukan pengujian Leakage Current Measurement (LCM) didapatkan nilai pada fasa R yaitu SIGNAL CLIPS, fasa R yaitu 12% dan fasa T 30%. Maka nilai yang didapat tersebut menunjukkan bahwa lightning arrester dalam keadaan baik dan normal.

DAFTAR PUSTAKA

- Romadhon Siregar, "Analisis Pengaruh Arus Bocor Terhadap Kinerja Lightning Arrester", Institut Teknologi PLN, 2021.
- Ahmad Rizal Abidin, "Rincian Peralatan Gardu Induk", Universitas Islam Sultan Agung Semarang, 2021.
- Muh Tasbir, "Analisa Peralatan Lightning Arrester Pada Gardu Induk Bolangi 150 kV", Universitas Muhammadiyah Makassar, 2020.
- Rafika Andari, Siti Amalia, Ezi Azhari, "Analisa Pengecekan Peralatan Arrester Menggunakan Thermovisi pada Bay 1 Indarung 1 Gardu Induk Pauh Limo", Institut Teknologi Padang, 2020.
- PT. PLN (Persero), "Buku Pedoman Pemeliharaan Lightning Arrester", 2014.
- An Nisaa, "Perhitungan Persentase Arus Bocor Lightning Arrester Pada Bay Trafo 1 di Gardu Induk Cikupa 150kV", Institut Teknologi PLN, 2020.
- Ibnu Hajar, Eko Rahman, "Kajian Pemasangan Lightning Arrester Pada Sisi Itu Transformator Daya Unit Satu Gardu Induk Teluk Betung", Sekolah Tinggi Teknik PLN, 2017.