

Analisis Kelayakan Lightning Arrester pada Transformator Unit-2 di PT. XYZ

Alfiyana Fathul Hakim^{1*}, Dini Fauziah¹

¹Program Studi Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia

Email : Alfianafh1@mhs.itenas.ac.id

Received 24 01 2024 | Revised 31 01 2024 | Accepted 31 01 2024

ABSTRAK

Sistem Proteksi Petir (SPP) merupakan usaha dalam mengatasi bahaya yang diakibatkan oleh sambaran petir. Terdapat jenis SPP eksternal yang berfungsi melindungi objek dari sambaran langsung. Salah satu sistem proteksi petir adalah lightning arrester. Arrester berfungsi untuk melindungi bahaya sambaran petir yang menuju peralatan tegangan tinggi yang berada di luar ruangan pengujian dilakukan dengan mengukur arus bocor pada isolator arrester. Hasil dari pengukuran tersebut dapat menentukan arus bocor dan hambatan arrester. Berdasarkan standar internasional IEC-61643-1 arus bocor untuk lightning arrester harus di bawah 1mA. Hasil pengujian lightning arrester pada tanggal 30 Mei 2018 menunjukkan pada fasa R nilai arus bocornya 2,71 μ A, pada fasa S 2,71 μ A, begitupun pada fasa T 2,71 μ A. Lightning arrester tersebut di pasang pada tegangan sistem sebesar 150kV. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa lightning arrester masih sesuai standar dan masih dapat digunakan.

Kata kunci: Arus bocor, lightning arrester, petir, sistem proteksi petir, standar

ABSTRACT

Lightning Protection System (SPP) is an effort to overcome the dangers caused by lightning strikes. There are types of external SPP that function to protect objects from direct strikes. One of the lightning protection systems is a lightning arrester. The arrester serves to protect the danger of lightning strikes that go to highvoltage equipment that is outdoors. The test method is carried out by measuring the leakage current in the arrester insulator. The results of these measurements can determine the leakage current and resistance of the arrester. Based on the international standard IEC-61643-1 the leakage current for lightning arresters must be below 1mA. The results of the lightning arrester test on May 30, 2018 show that in phase R the leakage current value is 2.71 μ A, in phase S 2.71 μ A, as well as in phase T 2.71 μ A. The lightning arrester is installed at a system voltage of 150kV. From these results it can be concluded that the lightning arrester is still up to standard and can still be used.

Keywords: Leakage current, lightning arrester, lightning, lightning protection system, standard

1. PENDAHULUAN

Lightning arrester adalah alat proteksi bagi peralatan listrik terhadap surja petir. Pada saat kerja normal arrester bekerja sebagai isolator. Dan pada saat terjadinya petir arrester bekerja sebagai konduktor. Jarak arrester dengan transformator berpengaruh terhadap besarnya tegangan yang tiba pada transformator. Jika jarak arrester terlalu jauh, maka tegangan yang tiba pada transformator dapat melebihi tegangan yang dapat dipikulnya. Metode ini adalah metode pendekatan yang dapat digunakan untuk menentukan jarak maksimum arrester dan peralatan **(Hidayatulloh, 2009)**.

Sistem proteksi adalah suatu sistem pengamanan terhadap peralatan listrik, yang diakibatkan adanya gangguan teknis, gangguan alam, kesalahan operasi, dan penyebab yang lainnya. Sistem proteksi merupakan pengamanan listrik pada sistem tenaga listrik yang terpasang pada sistem distribusi tenaga listrik, transformator tenaga, transmisi tenaga listrik dan generator listrik yang dipergunakan untuk mengamankan sistem tenaga listrik dari gangguan listrik atau beban lebih, dengan cara memisahkan bagian sistem tenaga listrik yang terganggu. Sehingga sistem kelistrikan yang tidak terganggu dapat terus bekerja (mengalirkan arus ke beban atau konsumen). Jadi pada hakekatnya pengamanan pada sistem tenaga listrik yaitu mengamankan seluruh sistem tenaga listrik supaya kehandalan tetap terjaga **(Anderson, 1999)**. Tujuannya adalah untuk mengurangi kemungkinan merambatnya tegangan impuls pada kawat penghubung lightning arrester dengan alat yang di proteksinya **(Hajar, 2017)**.

Petir adalah pelepasan muatan yang terjadi antara awan, dalam awan atau antara awan dengan tanah. Dimana dalam awan terdapat muatan positif dan muatan negatif, jika muatan ini bertemu maka akan terjadi tarik menarik yang dapat menimbulkan kilat diawan, begitu juga kalau muatan negatif dan muatan negatif dekat akan terjadi tolak menolak, juga akan terjadi ledakan / kilat. **(Ramadhan, 2019)**.

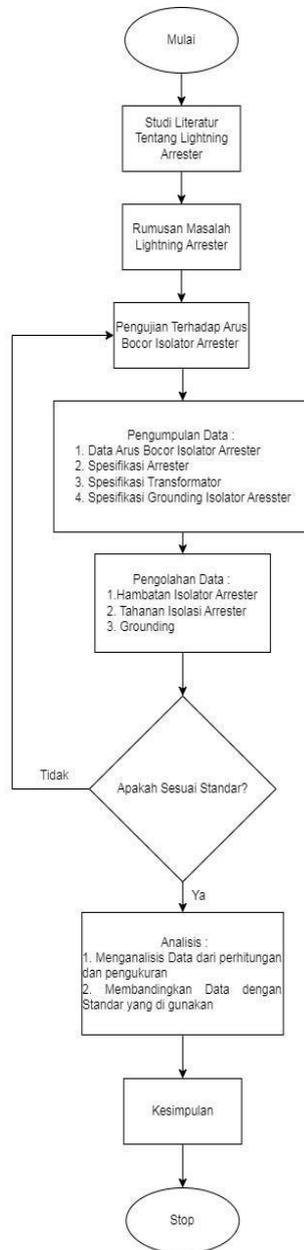
Prinsip pengoperasian Lightning arrester adalah pada kondisi normal arrester bertindak sebagai isolator, dan pada saat terjadi sambaran petir arrester bekerja sebagai penghantar dengan resistansi yang relatif rendah, sehingga dapat mengalirkan arus impuls ke tanah. Setelah tegangan surja berhasil dibumikan, arrester akan segera kembali ke perannya sebagai isolator. Tegangan kerja arrester akan naik dengan naiknya arus pelepasan, akan tetapi kenaikan ini dibatasi oleh tahanan linier dari arrester ditunjukkan pada persamaan **(T. Rusdjaja, 2013)**.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Diagram Alir

Diagram kerja pada penelitian "Analisis Kelayakan Lightning Arrester Pada Transformator Unit 2 di PT. XYZ" penulis melakukan pengumpulan data, pengolahan data dan langkah – langkah sistematis yang disusun menjadi suatu metodologi penelitian, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.

Analisis Kelayakan Lightning Arrester pada Transformator Unit-2 di PT. XYZ



Gambar 1 Proses penelitian Lightning Arrester

2.2 Studi Literatur

Dalam Studi Literatur, penulis mempelajari dan mengumpulkan dasar teori yang dibutuhkan penulis yang diperoleh dari Buku, Materi Perkuliahan, Jurnal, Manual Book, Name Plate, dan data pengujian. Referensi tersebut digunakan untuk mendapatkan data teoritis yang dijadikan pembahasan dari rumusan masalah.

2.3 Pengumpulan Data

Data – data yang di perlukan untuk melakukan penelitian tentang “Analisis Kelayakan Lightning Arrester Pada Transformator Unit 2 di PT. XYZ Pomu” Yaitu:

- Data Spesifikasi Lightning Arrester
- Data Spesifikasi Transformator
- Data Spesifikasi Grounding
- Data Pegujian Arus Bocor Isolator Arrester

Gambar 2 merupakan proses pengujian arus bocor pada lightning arrester di trafo unit 2 PT. XYZ POMU



Gambar 2 Proses Pengujian Lightning Arrester

2.4 Pengolahan Data

Pengolahan data ini merujuk pada perhitungan yang bersumber dari Pedoman Buku Indonesia Power

1. Perhitungan Tahanan Pertanahan Lightning Arrester

Berdasarkan hasil survey dilokasi sistem pembumian yang dipergunakan pada transformator unit 2 di PT. XYZ POMU menggunakan sistem pembumian Single Grounding Rod. Untuk menghitung nilai pentanahan single grounding rod adalah sebagai berikut menurut persamaan dibawah **(Nurhabibah Naibaho, 2017)**

(1):

$$R = \frac{\rho}{4L} \left[\ln \left(\frac{4L}{a} \right) - 1 \right] \quad (1)$$

Dengan:

L = Panjang Elektrode

a = Jari-jari elektrode

ρ = Tahanan jenis tanah (ohm meter)

2. Perhitungan Tahanan Isolasi Lightning Arrester

Untuk melindungi peralatan, semua peralatan di luar area lindung harus dilengkapi dengan tingkat isolasi dasar (TID) yang satu tingkat lebih tinggi dari Transformator Perhitungan standar TID dapat dilihat pada persamaan di bawah **(F. T. Rizki, 2020)**.

(2):

$$FP = 1,2 \times TID \quad (2)$$

Dengan:

FP : faktor perlindungan (V)

TID : Nilai TID pada peralatan (V)

Untuk menentukan tahanan minimal isolasi dapat dihitung dengan persamaan (3):

$$R = \frac{1000.V}{Q} \quad V. 2,5 \quad (3)$$

Dengan:

R : Tahanan Isolasi

minimal *V* : Tegangan

Kerja

Q : Tegangan Megger

3. Perhitungan Hambatan Arrester

Untuk melakukan perhitungan mengenai hambatan arrester dapat menggunakan teori arus bocor. Dimana Arus bocor adalah arus yang terjadi jika isolasi penghantar tidak dapat memenuhi standar yang berlaku, baik antar penghantar maupun ke bumi. Dari data itu bisa didapatkan nilai hambatan arrester melalui persamaan (4):

$$R = \frac{V_a}{I_a} \quad (4)$$

Untuk menghitung arus bocor digunakan persamaan

(5):

$$I_a = \frac{V_a}{R} \quad (5)$$

Dengan:

R_a : Hambatan Arrester Ke Tanah (MΩ)

V_a : Tegangan Terminal Arrester (kV)

I_a : Arus Bocor Arrester (mA)

3. HASIL DAN ANALISIS

3.1 Perhitungan Tahanan Pentanahan Arrester

Tabel 1 merupakan data spesifikasi pentanahan lightning arrester pada trafo unit 2 di PT. XYZ POMU:

Tabel 1. Data Pentanahan Lightning Arrester Pada Trafo

Tahanan Pentanahan (Pengukuran)	0,4 Ω
Tahanan Jenis Tanah	100
Panjang Elektroda	3 m
Diameter Elektroda	2 cm
Jari-jari Elektroda	1 cm

Phi (π)	3,14
---------------	------

Menentukan tahanan pentanahan sesuai pada tabel 1 dapat dihitung menggunakan persamaan (1):

Diketahui:

ρ (tahanan jenis tanah) :100
 L (Panjang elektroda) :300 cm
 a (Jari – jari elektroda) :1 cm

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{100}{2\pi \cdot L} \left[\ln \left(\frac{4L}{a} \right) - 1 \right] \\
 &= \frac{100}{2,314 \cdot 300} \left[\ln \left(\frac{4(300)}{1} \right) - 1 \right] \\
 &= 0,05 [\ln(1200) - 1] \\
 &= 0,05 [7,09 - 1] \\
 &= 0,30 \Omega
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas nilai tahanan pentanahan lightning arrester mendapatkan nilai resistansi 0,30 Ω artinya masih dibawah standar SPLN T5.012:2020 yaitu <3 Ω . Dari data yang diambil dilapangan lalu dengan melakukan perhitungan pada tahanan pentanahan didapatkan nilai tahanan 0,30 Ω masih sesuai data pemeliharaan sehingga tahanan pentanahan lightning arrester pada trafo utama di PT. XYZ POMU tidak menyebabkan arus bocor karena masih aman dibawah batas standar SPLN T5.012:2020 yaitu <3 Ω .

3.2 Perhitungan Tahanan Isolasi Arrester

Tabel 2 merupakan data spesifikasi isolasi lightning arrester pada trafo unit 2 di PT. XYZ POMU:

Tabel 2. Data Isolasi Lightning Arrester Pada Transformator

Jenis Bahan	Porcelain
Date	2017
Tegangan Kerja	155 kV
Tahanan Isolasi	20 A

Menentukan tahanan isolasi arrester sesuai tabel 2 dapat dihitung menggunakan persamaan (3):

Diketahui:

V (Tegangan Kerja) : 155 kV
 Q (Tegangan Megger) : 5000 V

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{1000 \cdot V}{Q \cdot V \cdot 2,5} \\
 &= \frac{1000 \cdot 155kV}{5000 \cdot 155kV \cdot 2,5} \\
 &= \frac{1000 \cdot 155}{5000 \cdot 155 \cdot 2,5}
 \end{aligned}$$

$$= 31000 \cdot 155kV \cdot 2,5$$

$$= 12,0125 M\Omega$$

Dari perhitungan diatas nilai minimum tahanan isolasi untuk melindungi peralatan tegangan tinggi 150 kV khususnya lightning arrester adalah 12,0125 MΩ.

Salah satu faktor penyebab arus bocor selain tahanan pentanahan yaitu tahanan isolasi. Dalam perhitungan tahanan isolasi yang mengacu pada data perhitungan yang di ambil dilapangan mendapatkan nilai minimum tahanan isolasi 12,012 MΩ untuk sistem 155 kV. Maka dari nilai tersebut diketahui bahwa data dari pengujian tahanan isolasi pada lightning arrester sudah melampaui tahanan isolasi minimum yang di tentukan yaitu standar PUIL 2011 : SNI 0225 dimana voltase sirkit minimal 5000V, maka tahanan isolasi nya > 1MΩ.

3.3 Perhitungan Hambatan Arrester

Tabel 3 merupakan hasil pengujian dari lightning arrester pada trafo unit 2 di PT. XYZ POMU:

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Lightning Arrester Unit 2

Lokasi Arrester: Trafo Unit 2 Utama		Tanggal Pengujian: 30 Mei 2018		
Type Arrester: Siemens		No Arrester: LB 910002 – A		
Fasa	R	S	T	Ket
Line Voltage (kV)	150	150	150	-
Leakage Current (μA)	2,71	2,71	2,71	-
Limit Value (μA)	200	200	200	-

Menentukan nilai hambatan arrester mengacu pada Tabel 3 dihitung menggunakan persamaan (4) :

Phasa R

$$R = \frac{V_a}{I_a} = \frac{150kV}{0,00271} = 55,35 M\Omega$$

Phasa S

$$R = \frac{V_a}{I_a} = \frac{150kV}{0,00271} = 55,35 M\Omega$$

Phasa T

$$R = \frac{V_a}{I_a} = \frac{150kV}{0,00271} = 55,35 M\Omega$$

$$I_a = 0,00271$$

Dari pengukuran arus bocor yang dilakukan, lightning arrester pada fasa RST trafo unit 2 utama PT. XYZ POMU mendapatkan arus bocor yang sama pada setiap fasa nya sekitar 0,00271 mA baik pada fasa R, S, maupun T. Sedangkan nilai maksimum arus bocor pada lightning arrester trafo unit 2 sebesar 200 μ A atau sebesar 0,2 mA.

Dalam perhitungan hambatan yang dilakukan fasa R mendapatkan hambatan sebesar 5535M Ω , begitupun nilai hambatan fasa S 5535M Ω dan fasa T 5535M Ω . Nilai hambatan nya sama dikarenakan nilai arus bocor pada lightning arrester unit 2 utama fasa RST sama.

4. KESIMPULAN

Dari penulisan penelitian ini, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil pengambilan data spesifikasi grounding lalu di lakukan perhitungan pada tahanan pertanahan atau grounding di dapatkan hasil sebesar 0,30 Ω . Setelah mendapat kan hasil lalu di bandingkan dengan standar yang digunakan yaitu SPLN dapat di simpulkan bahwa tahanan pertanahan lightning arrester masih layak karena hasil yang didapatkan sebesar 0,30 Ω sedangkan standar SPLN T5.012:2020 yaitu <3 Ω . Oleh karena itu tahanan pertanahan lightning arrester pada trafo unit 2 di PT. XYZ POMU tidak menyebabkan arus bocor, karena masih aman di bawah standar SPLN T5.012:2020 yaitu <3 Ω .
2. Selain tahanan pertanahan atau grounding salah satu faktor arus bocor adalah tahanan isolasi. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai tahanan isolasi sebesar 12,01 M Ω untuk sistem 155kV. Oleh karena itu tahanan isolasi lightning arrester masih layak digunakan karena berdasarkan standar yang digunakan yaitu PUIL 2011 yaitu > 1 M Ω .
3. Dari pengukuran arus bocor yang telah lakukan dilapangan, lightning arrester pada fasa RST trafo unit 2 utama PT. XYZ POMU mendapatkan arus bocor yang sama pada setiap fasa nya yaitu sebesar 2,71 μ A baik pada fasa R, S, maupun T. Sedangkan nilai maksimum arus bocor pada lightning arrester trafo unit 2 sebesar 200 μ A. Sehingga dari pengujian dilapangan dan dibandingkan dengan limit atau batasan pada lightning arrester untuk nilai arus bocor masih jauh dari limitnya.
4. Untuk metode pemeliharaan lightning arrester pada trafo unit 2 di PT. XYZ POMU, terdapat dua metode yaitu secara visual dan elektriknya. Untuk secara visual lightning arrester di cek fisik secara keseluruhan dari segi keutuhan dan kelengkapannya. Metode yang kedua yaitu pemeliharaan elektriknya yaitu dengan melakukan pengujian arus bocor pada lightning arrester.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterimakasih kepada PT. XYZ POMU yang telah membantu menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, P. (1999). Power System Protection. USA: IEEE Press Power Engineering Series, John Wiley & Sons, Inc.
- F.T, Rizki. (2020). Evaluasi Penentuan Jarak Aman Lightning Arester-Trafo Daya 60 Mva Gardu Induk 150 Kv Sunyaragi Cirebon Final Project Evaluation Safe Distance Lightning Arester- Power Transformator 60 Mva For Protection Gardu Induk 150 Kv Sunyaragi Cirebon.
- Hidayatulloh, N. (2009). Kemampuan Arrester Untuk Pengaman Transformator Pada Gardu Induk Sron dol 150 KV.
- Naibaho, N. (2017). Analisa Sistem Pentanahan Elektroda Rod. vol. 67
- Rahman, I. H. (2017). Kajian pemasangan lightning Arrester pada sisi HV Transformator daya unit satu gardu induk teluk betung. vol. 8
- Ramadhan, I. (2019). Kinerja Lightning Arrester Yang Berusia Lebih Dari 30 Tahun Di Gardu Induk 150 Kv Sron dol PT.PLN (Persero) Upt Semarang. vol 4
- Rusdjaja, T. (2013). Buku Pedoman Pemeliharaan Lightning Arrester. Vol 7, No. 2, 2013