

## Kemampuan Arrester Sebagai Pengaman Transformator Di PT. PLN (Persero) Gardu Induk Keramasan

Habib Yogi Wirawan<sup>1</sup>, M. Saleh Al - Amin<sup>2</sup>, Emidiana<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Fakultas Teknik Elektro, Universitas PGRI, Palembang, Indonesia  
Email: [lh4bibyogiw@gmail.com](mailto:lh4bibyogiw@gmail.com), [salehamin@univpgri-palembang.ac.id](mailto:salehamin@univpgri-palembang.ac.id), [emidiana@univpgri-palembang.ac.id](mailto:emidiana@univpgri-palembang.ac.id)

### Abstract

The substation was an important place because it supplied the electrical energy to consumers who need to be protected from lightning interference. Some types of interferences in the power line were not completely avoidable but could be minimized or minimized by preventing interference electrical device failure. Lightning arrester was a means of protection for electrical equipment against lightning surges. For good protection the arrester should be located as close to the transformer as possible. The maximum distance for the installation of the arrester had to determine so that it could become a barrier for the installation of the arrester to protected the equipment. This research focused only on one arrester 3 bay trafo and one 60 MVA power transformer, and this study aimed to calculate the maximum distance of the arrester and the ability of the arrester to protected the transformer. Based on the calculation of the maximum distance between the placement of the arrester and the transformer at the keramasan substation, the maximum distance was 28 meters. And lightning arresters were able to protect the trafo because the maximum voltage that occurred was only 646 kV where this voltage value was still below the TID of the equipment.

**Keywords :** Lightning Arrester, Power Transformer, Placement Distance.

### 1. PENDAHULUAN

Komponen yang sangat penting pada gardu induk adalah transformator daya, sehingga sistem proteksinya menjadi sangat penting. Salah satu gangguan yang mungkin dialami transformator daya adalah gangguan dari sambaran petir. Pemilihan alat proteksi petir pada transformator menjadi sangat penting, agar transformator dapat berfungsi sesuai tugasnya.[1]

Sambaran petir yang terjadi dapat menyebabkan tegangan lebih dan serta gelombang berjalan yang berbahaya. Gelombang surja petir adalah gelombang eksponensial ganda yang menurut IEC merupakan gelombang tegangan lebih tipe 1,2/50  $\mu$ s [2]

Berdasarkan SPLN-7 : 1978 untuk sirkit ganda sistem tegangan 150 kV, jarak maksimum antara arester dan transformator adalah 80 m, sedangkan untuk sirkit tunggal setengah dari jarak tersebut. Arestor harus ditempatkan sedekat mungkin dengan alat yang diproteksi, tujuannya adalah : untuk mengurangi kemungkinan

memambatnya tegangan impuls pada kawat penghubung arester – alat yang diproteksi. [1]

Lighting 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 [3].

## 2. METODE PENELITIAN

Gelombang berjalan biasa muncul karena adanya tegangan lebih, hal ini disebabkan oleh switching surge atau pembukaan dan penutupan sakelar daya, ataupun adanya gangguan dari alam berupa sambaran petir yang menjalar ke kawat. Petir merupakan salah satu contoh dari gelombang berjalan, petir kemungkinan akan menyambar kawat tanah, kawat fasa, dan tiang transmisi.

Perlindungan gardu induk terhadap gelombang berjalan dilakukan dengan cara memasang tanduk api pada isolator peralatan dan pemasangan *lightning arrester* di depan gardu induk dan transformator daya. Jika perlindungan kawat tanah tidak cukup ataupun tidak menggunakan kawat tanah maka perlindungan tambahan sambaran langsung terhadap kawat fasa didekat gardu induk yang masuk ke GI dapat digunakan tabung pelindung (*protector tube*) pada setiap menara [4].

### 2.1. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

#### 2.1.1 Metode observasi

Metode ini adalah metode yang digunakan dengan cara pengamatan langsung ke lokasi penelitian.

#### 2.1.2 Metode dokumentasi

Metode ini adalah metode yang diperoleh dari buku, dokumen, majalah, dan lainnya, yang berkaitan dengan data-data penelitian.

### 2.2. Langkah Penelitian

Adapun langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan adalah :

1. Menentukan nilai Tegangan Nominal Lightning Arrester :

$$U_c = U_m \times \alpha \times 110\%$$

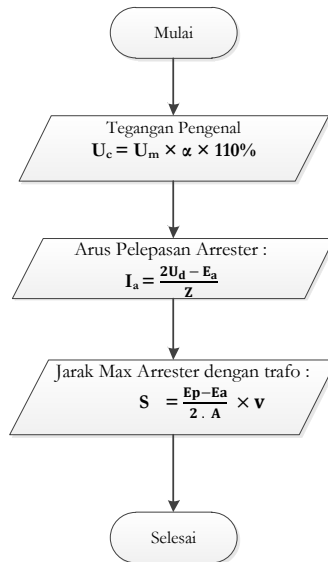
2. Menentukan Arus Pelepasan Lightning Arrester :

$$I_a = \frac{2U_d - E_a}{Z}$$

3. Menentukan Jarak Max Penempatan Lightning Arrester dengan Transformator :

$$S = \frac{E_p - E_a}{Z \cdot A} \times v$$

### 2.3 Flowchart



Perhitungan penentuan jarak arrester dimulai dengan :

1. Penentuan tegangan pengenalan Lightning Arrester ( $U_c$ ), yang merupakan hasil kali antara tegangan sistem x 110% x koefisien pentanahan
2. Penentuan arus pelepasan nominal arrester ( $I_a$ ), dengan sebelumnya terlebih dulu menghitung tegangan puncak surja dan impedansi surja.
3. Penentuan jarak maksimum antara arrester dan transformator

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Lightning Arrester (LA) adalah alat pelindung yang berfungsi untuk melindungi peralatan listrik dari tegangan lebih yang disebabkan oleh petir (*Lightning Surge*) atau surja hubung (*Switching Surge*). Lightning Arrester harus berada di depan transformator dan harus terletak sedekat mungkin dengan trafo. Hal ini perlu karena pada petir yang merupakan gelombang berjalan menuju ke transformator akan melihat trafo sebagai suatu ujung terbuka (karena trafo mempunyai isolasi terhadap bumi/tanah) sehingga gelombang pantulannya akan saling memperkuat dengan gelombang datang yang berarti trafo dapat mengalami tegangan surja dua kali besarnya tegangan gelombang surja yang datang [5].

#### a. Data Lightning Arrester (LA)



**Gambar 3.1** Lightning Arrester

Merk : ABB  
 Type : PEXLIM Q 150 - H170  
 Tegangan Nominal : 150 kV  
 Arus Nominal : 10 kA  
 Frekuensi : 50 Hz  
 Buatan : SWEDEN  
 Tahun Buat : 2008

**b. Data Transformator**



**Gambar 3.2** Transformator Daya 60 MVA

Serial Number : 3011070009  
 Year Of Manufacture : 2008  
 Standard : IEC 60076  
 Rated Power : 42/60 MVA  
 Cooling : ONAN/ONAF – 70/100%  
 Frequency : 50 Hz  
 Phases : 3  
 Connection Symbol : Yyn0(d1)  
 Tap Changer : MR MS III 300Y-72.5kV + ED100S  
 Max. Altitude : 1000 m  
 Type Of Oil : NYNAS NITRO LIBRA  
 Tingkat Isolasi Dasar : 650 kV

**Tabel 1.** Name Plate Arrester

No	Merk/Type	Terpasang	Nilai Arus	Tegangan
----	-----------	-----------	------------	----------

1.	ASEA XAF 72B	Trafo 1	10 kA	70 kV
2.	TRIDELTA SB 84/10.3-0	Trafo 2	10 kA	150 kV
3.	ABB PEXLIM Q 150-H170	Trafo 3	10 kA	150 kV

**Tabel 2.** Karakteristik Arrester

Rating Arrester (kV)	Kecuraman FOW (kV/ $\mu$ det)	10 kA dan 5 kA	
		STD (kV)	FOW (kV)
54	450	195	224
60	500	216	250
75	625	270	310
84	700	302	347
96	790	324	371
102	830	343	394
108	870	363	418
120	940	400	463
126	980	420	483
138	1030	460	530
150	1080	500	577
174	1160	570	660
186	1180	610	702
198	1200	649	746

Keterangan :

Untuk rating arrester 138 kV :

- Kecuraman surja sebesar (1030 kV/ $\mu$  detik). Maka kecepatan naik surja,  $\frac{1030 \text{ kV}/\mu \text{ detik}}{138} = 7,4 \text{ kV}/\mu \text{ detik}$ .
- FOW = adalah tegangan percik impuls maksimum (530 kV)
- STD = adalah tegangan kerja arrester (460 kV)

### c. Perhitungan

- **Tegangan Nominal**  
 Tegangan Max sistem  

$$U_m = \text{Tegangan sistem} \times 110\%$$

$$= 150 \text{ kV} \times 1,1$$

$$= 165 \text{ kV}$$

Maka Tegangan Nominalnya :

$$U_c = U_m \times \alpha$$

$$= 165 \text{ kV} \times 0,8$$

$$= 132 \text{ kV}$$

Didapatkan tegangan pengenalan arrester adalah 132 kV dimana pada tabel 2. tegangan pengenalan standar untuk sistem 150 kV adalah 138 kV dan dengan tegangan kerjanya 460 kV.

- **Arus Pelepasan**

$$\begin{aligned} I_a &= \frac{2U_d - E_a}{Z} \\ &= \frac{2 \times 780 - 460}{498} \\ &= \frac{600}{498} \\ &= 1,20 \text{ kA} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas, arus yang akan melalui arrester adalah 1,20 kA maka pemilihan kelas arus sebesar 10 kA cukup baik.

- **Faktor Perlindungan**

$$\begin{aligned} F_p &= \frac{\text{TID Peralatan} - \text{TP}}{\text{TID}} \times 100\% \\ &= \frac{650 - 506}{650} \times 100\% \\ &= \frac{144}{650} \times 100\% \\ &= 0,2 \times 100\% \\ &= 20\% \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan untuk faktor perlindungannya (FP) adalah 20% lebih rendah dari TID peralatan yang dilindungi. Sehingga pemilihan lightning arrester ini sudah bisa memberikan faktor perlindungan yang baik dan memenuhi syarat.

- **Jarak Maksimal Penempatan Arrester**

Dari penelitian dan data yang didapatkan, dapat diketahui tegangan sistem adalah 150 kV dengan BIL (Ep) 650 kV. Transformator ini dilindungi *lightning arrester* dengan tegangan kerja (Ea) 460 kV. Jika sebuah surja (A) 1000 kV/μs merambat menuju peralatan yang dilindungi dengan kecepatan (v) 300 m/μs. Jarak maksimal arrester (S) dengan trafo dapat ditentukan sehingga trafo tersebut terlindungi. Maka jarak maksimum tersebut dapat dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned} S &= \frac{E_p - E_a}{2 \cdot A} \times v \\ S &= \frac{650 \text{ kV} - 460 \text{ kV}}{2 \times 1000 \text{ kV}/\mu\text{s}} \times 300 \text{ m}/\mu\text{s} \\ S &= \frac{190 \text{ kV}}{2000 \text{ kV}/\mu\text{s}} \times 300 \text{ m}/\mu\text{s} \\ S &= 0,095 \mu\text{s} \times 300 \text{ m}/\mu\text{s} \\ S &= 28 \text{ m} \end{aligned}$$

Jarak lindung maksimum lightning arrester adalah sejauh 28 meter, dan lightning arrester yang terpasang di Gardu Induk Keramasan pada bay trafo 3 terpasang dengan jarak 2 meter, sehingga pemasangannya ada dibawah harga maksimum.

- **Tegangan Max yang tiba pada trafo**

$$\begin{aligned} E_p &= E_a + \frac{2 \times A \times S}{v} \\ 650 &= 460 + \frac{2 \times 1000 \times 28}{300} \\ &= 460 + \frac{56000}{300} \\ &= 460 + 186 \\ &= 646 \text{ kV} \end{aligned}$$

Arrester mampu melindungi trafo karena nilai tegangan maxnya 646 kV dan nilai itu masih dibawah TID dari trafo yaitu 650 kV.

#### 4. KESIMPULAN

1. Dari perhitungan didapatkan tegangan pengenalan arrester yaitu 132 kV
2. Dari hasil perhitungan, arus yang akan melalui arrester sebesar 1,20 kA pemilihan kelas arus sebesar 10 kA cukup baik.
3. Dari perhitungan didapatkan jarak maksimum penempatan lightning arrester dengan transformator yaitu sejauh 28 meter.
4. Hasil dari perhitungan didapatkan faktor perlindungan dari lightning arrester adalah 20% lebih rendah dari TID yang berarti memenuhi syarat untuk bisa memberikan faktor perlindungan yang baik.

#### REFERENSI

- [1] Ibnu Hajar dan Eko Rahman, "Kajian pemasangan lightning arrester pada sisi HV transformator daya unit satu gardu induk teluk betung," Jurnal Energi & Kelistrikan, vol 9 no. 2, 2017, 168-179
- [2] Hery Purnomo dan Mahfudz Shidiq, "Analisa Perambatan Gelombnag Surja Berjalan Pada Belitan Trafo Distribusi" G Jurnal EECCIS, Vol. IV No. 2, 2010, 22-29
- [3] Hidayatulloh, N.. *Kemampuan Arrester Untuk Pengaman Transformator Pada Gardu Induk Sron dol 150 KV, 2009*
- [4] Zoro, Reynaldo. *Proteksi Sistem Tenaga : Proteksi Terhadap Tegangan Lebih Pada Sistem Tenaga Listrik*, Diklat Program Studi Teknik Elektro, ITB, Bandung, 2018
- [5] Arif, R . *Lightning Arrester dan Gejala Petir*. Paper, 2011