

**ANALISIS KINERJA *LIGHTNING ARRESTER* PADA GARDU INDUK AMPENAN 150 kV  
MENGUNAKAN SOFTWARE PSCAD  
ANALYSIS OF LIGHTNING ARRESTER PERFORMANCE OF THE AMPENAN 150 kV  
SUBSTATION USING PSCAD SOFTWARE**

**I Gede Tubagus Wiranata<sup>1</sup>, Ir. Ni Made Seniari, ST., MT.<sup>2</sup>, Supriyatna, ST., MT.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro Universitas Mataram

Jl.Majapahit no. 62, Mataram, Lombok, NTB, Indonesia

<sup>1</sup>igedetubaguswiranata@gmail.com, <sup>2</sup>seniari-nimade@unram.ac.id, <sup>3</sup>supriyatna@unram.ac.id

---

**ABSTRAK**

Gangguan listrik pada gardu induk sering terjadi ketika terjadi sambaran petir. Proteksi pada gardu induk khususnya *lightning arrester (LA)* digunakan untuk melindungi *transformator*. *LA* mampu melindungi *transformator* dengan cara memotong arus saat terjadi sambaran petir, apabila *transformator* dengan *LA* ditempatkan pada jarak optimum. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jarak optimum *LA* dengan *transformator*, kemampuan *LA* ketika memotong arus petir dan memantau suhu serta arus bocor *LA*. Metode yang digunakan adalah membandingkan hasil perhitungan kemampuan *LA* dengan *spesifikasinya*. Perhitungan menggunakan simulasi arus puncak petir 5 – 35 kA dan diolah menggunakan *software PSCAD*. Arus hasil simulasi yang mengalir dan arus yang dipotong *LA* masing-masing 4,45 - 31,12 kA, dan 4,39 - 30,77 kA tidak melebihi 10 kA ketika terjadi sambaran petir. Tegangan maksimum hasil simulasi pada *transformator* 223,25 - 304,57 kV tidak melebihi *basic insulation level (BIL) transformator* yaitu 650 kV. Arus bocor *LA* terpantau dibawah 1,5 mA yaitu dalam kondisi baik. Selisih suhu terpantau pada kawat *ground LA* 1 °C dimungkinkan adanya ketidaknormalan antar *phase* dan perlu pengukuran 1 minggu lagi. Jarak antara *LA* dengan *transformator* yang terpasang pada gardu induk Ampenan 150 kV adalah 5 meter, sehingga tidak melebihi jarak maksimum.

**Kata Kunci:** *Lightning Arrester, Arus Petir, Software PSCAD*

---

**ABSTRACT**

*Electrical disturbances at substations often occur when lightning strikes occur. Protection at substations, especially lightning arresters (LA), is used to protect transformers. LA is able to protect the transformer by cutting the current during a lightning strike, if the transformer with LA is placed at the optimum distance. This study aims to determine the optimum distance between LA and transformers, the ability of LA when cutting lightning currents and monitor the temperature and leakage current of LA. The method used is to compare the results of the calculation of the ability of LA with its specifications. The calculation uses a simulation of lightning peak current of 5 – 35 kA and is processed using PSCAD software. The simulated current flowing and the current cut by LA are 4.45 - 31.12 kA, and 4.39 - 30.77 kA respectively not exceeding 10 kA when a lightning strike occurs. The maximum voltage simulated on transformers 223.25 - 304.57 kV does not exceed the basic insulation level (BIL) of the transformer, which is 650 kV. LA leakage current was observed below 1.5 mA which is in good condition. The temperature difference monitored on the LA 1 °C ground wire is possible for abnormalities between phases and needs another 1 week of measurement. The distance between LA and the transformer installed at the 150 kV Ampenan substation is 5 meters, so it does not exceed the maximum distance.*

**Keywords:** *Lightning Arrester, Lightning Current, PSCAD Software*

---

**I. PENDAHULUAN**

Energi listrik disalurkan dari gardu induk ke konsumen sering kali terjadi gangguan. Gangguan listrik pada gardu induk disebabkan oleh dua faktor yaitu faktor internal seperti peralatan gardu induk mengalami kerusakan dan faktor eksternal seperti *human error* dan juga bisa

gangguan alam seperti petir, gempa, banjir, angin dan lain-lain.

*Transformator* daya pada gardu induk Ampenan ada tiga masing masing sebesar 60 MVA untuk *transformator* I dan 30 MVA untuk *transformator* II dan III yang harus dilindungi dari gangguan. Ketiga *transformator* dipasang arrester dengan

jarak 5 meter dan memiliki *Basic Insulation Level (BIL)* sebesar 650 kV. *Transformer I* merupakan beban tertinggi, sehingga lebih fokus membahas *transformator I*.

*Lightning Arrester* merupakan peralatan untuk melindungi gardu induk dari tegangan tinggi. *Lightning Arrester* pada gardu induk harus di pasang pada bagian paling depan *transformator*, agar dapat melindungi *Transformer* secara maksimal (Hidayatulloh, dkk: 2016).

*Arrester* ditempatkan untuk tegangan tinggi gardu induk dapat ditentukan dengan beberapa evaluasi dan proses merancang gardu induk. Kegagalan *arrester* selama *over Voltage* dapat menyebabkan gardu induk berada dalam resiko kerusakan. Sistem tenaga listrik perlu dilindungi dari lonjakan petir, untuk mencegah kerusakan sistem tenaga listrik, dengan perancangan yang baik dan benar (Kurniawan: 2018).

Prinsip kerja *arrester* yaitu dalam keadaan normal *arrester* berlaku sebagai isolator, dan saat timbul tegangan surja alat ini berubah menjadi konduktor yang tahanannya relatif rendah, sehingga dapat menyalurkan arus yang tinggi ke tanah, setelah surja hilang, *arrester* harus dengan cepat kembali menjadi isolasi. *Arrester* pada umumnya dipasang pada setiap ujung saluran udara tegangan tinggi yang memasuki gardu induk. Mengoptimalkan lokasi *arrester* di jaringan distribusi dapat meningkatkan kinerja dari jaringan distirbusi tersebut dalam melindungi peralatan terhadap induksi petir (Wiwin, dkk: 2018).

Gardu induk Ampenan dalam sistem kelistrikan Lombok merupakan gardu induk yang mempunyai beban tertinggi yang terletak di kota Mataram. Kota Mataram merupakan daerah yang memiliki beban paling tinggi jika dibandingkan dengan daerah lain dalam sistem kelistrikan Lombok. Tegangan lebih perlu dilakukan analisis akibat sambaran petir pada saluran transmisi untuk perlindungan peralatan pada gardu induk Ampenan, untuk mengetahui seberapa besar kemampuan *arrester* melindungi *transformator* tersebut. Keandalan dan keamanan dari gardu induk tersebut dapat tetap terjaga, sehingga penyaluran sistem

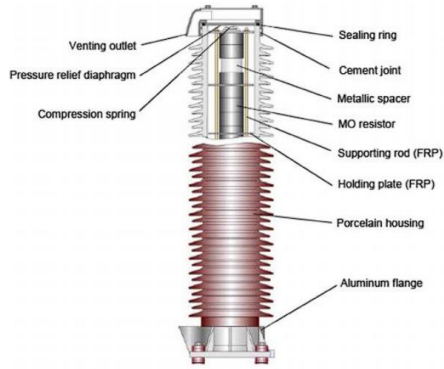
tenaga listrik di kota Mataram dan sekitarnya tidak mengalami gangguan.

## 1. Lightning Arrester

*Lightning Arrester* merupakan peralatan yang didesain untuk melindungi peralatan lain dari tegangan surja (baik surja hubung maupun surja petir) dan pengaruh *follow current*. *Arrester* harus mampu bertindak sebagai isolator, mengalirkan beberapa miliampere arus bocor ke tanah pada tegangan sistem dan berubah menjadi konduktor yang sangat baik, mengalirkan ribuan ampere arus surja ke tanah, memiliki tegangan yang lebih rendah dari pada tegangan withstand dari peralatan ketika terjadi tegangan lebih, dan menghilangkan arus susulan mengalir dari sistem melalui *arrester* (*power follow current*) setelah surja petir atau surja hubung berhasil didisipasikan. (Sapari: 2016).

*Lightning Arrester* memiliki peranan penting di dalam koordinasi isolasi peralatan di gardu induk. *Lightning Arrester* berfungsi untuk melakukan pembatasan nilai tegangan pada peralatan gardu induk yang dilindunginya. Panjang *lead* yang menghubungkan *arrester* pun perlu diperhitungkan, karena *inductive Voltage* pada *lead* ini ketika terjadi *surge* akan mempengaruhi nilai tegangan total paralel terhadap peralatan yang dilindungi.

Tujuan dari proteksi petir pada serandang adalah untuk mengamankan peralatan dan instalasi dari sambaran langsung surja petir. Tegangan jaringan dalam keadaan normal, tegangan nominal pelindung berperan sebagai isolasi atau idealnya tidak mengalirkan arus dari jaringan tanah. Tegangan lebih impuls tiba pada terminal alat pelindung, maka alat pelindung segera berubah menjadi penghantar dan mengalirkan arus impuls ke tanah sehingga amplitude tegangan lebih yang merambat menuju peralatan yang dilindungi berkurang menjadi dibawah ketahanan tegangan impuls peralatan yang dilindungi. Berikut bagian-Bagian dari *Arrester*:



**Gambar 1.** Lightning Arrester (PT PLN (Persero): 2009)

- a. **Penghubung ke Penghantar**  
Elektroda pada arrester ada dua, yaitu elektroda atas yang dihubungkan dengan bagian yang bertegangan dan elektroda bawah yang dihubungkan ke tanah.
- b. **Sambungan Kedap Air dan Penutup**  
Sambungan kedap air berfungsi untuk mengalirkan listrik yang di Grounding dan menghalangi air masuk. Sedangkan penutup atau pelindung berfungsi agar debu tidak dapat masuk ke alat tersebut sehingga kinerja Lightning Arrester dapat bekerja dengan baik.
- c. **Spark Gap**  
Spark Gap berupa celah-celah udara yang berfungsi apabila terjadi tegangan lebih oleh surja petir atau surja hubung pada arrester yang terpasang, maka pada spark gap atau sela percik akan terjadi busur api.
- d. **Tahanan katub**  
Tahanan yang digunakan dalam arrester ini adalah suatu jenis material yang sifat tahanannya dapat berubah bila mendapatkan perubahan tegangan.
- e. **Titik Pentanahan**  
Titik Pentanahan merupakan bagian yang dihubungkan oleh kawat penghantar ke tanah yang berfungsi untuk mengalirkan tegangan lebih ke tanah. (Tasbir, M: 2020).

## 2. Menghitung Rating *Lighting Arrester*

- a. Menghitung tegangan sistem maksimum ( $V_{maks}$ ) dan Tegangan

Pengenal ( $E_a$ )

$$V_{maks} = V_{nom} + 10\% V_{nom} \quad (1)$$

$$E_a = V_{maks} \times \text{Koef Pembumian} \quad (2)$$

- b. Menentukan impedansi saluran penghantar

$$Z = 60 \ln \frac{2h}{d} \quad (3)$$

Keterangan:

$Z$  = Impedansi saluran penghantar (Ohm)

$h$  = Tinggi kawat transmisi dari atas permukaan tanah (m)

$d$  = Diameter kawat transmisi (m)

Persamaan tegangan tembus isolator dapat ditentukan dengan data dan persamaan berikut:

$$K_1 = 0.4 \times W$$

$$K_2 = 0.7 \times W$$

$$U_d = \left( K_1 + \frac{K_2}{t^{0.75}} \right) \times 10^3 \quad (4)$$

Keterangan:

$K_1$  = Konstanta energi listrik pertama

$K_2$  = Konstanta energi listrik kedua

$W$  = Panjang Rentangan Isolator

Tegangan 150 kV Adalah 1.5 Meter

$t$  = tegangan yang dihitung berdasarkan waktu muka gelombang (1,2  $\mu\text{det}$ )

- c. Menentukan Arus Pelepasan/Arus Kerja *Arrester*

Arus pelepasan/kerja *Arrester* dapat diketahui dengan persamaan berikut:

$$I_a = \frac{2(U_d - U_A)}{Z} \quad (5)$$

Keterangan:

$I_a$  = Arus Pelepasan (kA)

$U_d$  = Tegangan Tembus Isolasi Udara (kV)

$U_A$  = Tegangan Kerja/Pelepasan *Arrester* (kV)

$Z$  = Merupakan Impedansi Saluran Penghantar ( $\Omega$ )

- d. Menghitung Jarak LA

$$E_p = E_a + \frac{2A \times S}{v} \quad (6)$$

- Nilai Tegangan Percikan *Impuls Transformator* ( $E_a$ )
- Menentukan *Basik Insulation Level (BIL) Transformator* ( $E_p$ ) Pada *nameplate LA Transformator* Daya Gardu Induk
- Kecuraman gelombang datang ( $A$ ) yakni 1000  $\text{dv/dt}$

- Konstanta kecepatan rambat gelombang ( $v$ )  $300 \text{ m } \mu/\text{detik}$
- e. Menghitung selisih suhu LA  
Selisih Suhu pada Beban Maksimum dapat dilakukan dengan rumus berikut:

$$\Delta T = \left( \frac{I_{Max}}{I} \right)^2 \times (C - K) \quad (7)$$

Dimana:

$\Delta T$  = Selisih Suhu pada Beban Maksimum

$I_{Max}$  = Arus Maksimum yang pernah dicapai

$I$  = Arus saat *Thermovisi*

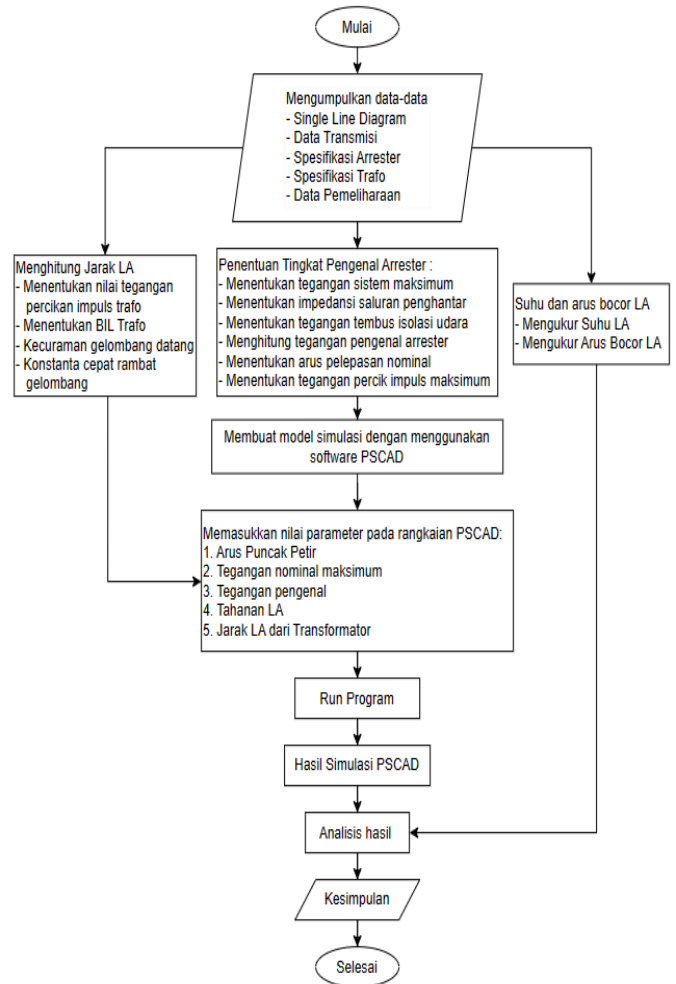
$C$  = Hasil *Thermovisi Clamp*

$K$  = Hasil *Thermovisi Konduktor*

## II. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan Metode membandingkan hasil perhitungan kemampuan LA dengan *spesifikasinya*. Perhitungan menggunakan simulasi arus puncak petir 5 – 35 kA dan diolah menggunakan *software PSCAD*. Teori yang dikaji berhubungan langsung dalam penelitian Tugas Akhir ini, serta mengkaji teori-teori yang mendukung dalam penyelesaian masalah dalam penelitian Tugas Akhir ini. Teori tersebut didapat dari sumber bacaan seperti jurnal ilmiah, buku cetak, ebook dan beberapa penelitian terdahulu. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui apakah peralatan *lightning Arrester* yang terpasang pada gardu induk telah sesuai dengan kebutuhan sistem, dan untuk mengetahui jarak optimum penempatan *Arrester* terhadap peralatan yang dilindungi, serta untuk mengetahui suhu dan arus bocor peralatan *Lightning Arrester* di Gardu Induk Ampenan 150 kV. Data yang digunakan yaitu:

- Single line diagram Gardu Induk Ampenan 150 kV
- Data Spesifikasi Lightning Arrester (Nameplate)
- Data Spesifikasi Transformator (Nameplate)
- Data Spesifikasi Kawat *Transmisi*
- Tinggi kawat transmisi dari permukaan tanah
- Data *Checklist* harian Arus Bocor *Lightning Arrester*
- Data *Termovisi Lightning Arrester* dan *Transformator*



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Spesifikasi Transformator dan LA di Gardu Induk Ampenan 150 kV

Tabel 1. Data Teknis transformator Gardu Induk Ampenan 150 kV

Data Teknis	
Merk	: UNINDO
Tipe	: VVIII 400Y / 76 kV
No. Trafo	: P060LEC857 – 13
Rated Power	: 36/60 MVA
Phase	: 3
Tegangan HV/LV	: 150/20 kV
Frekuensi	: 50 Hz
Arus HV/LV	: 40/25 kA
BIL	: 650 kV
Cooling	: ONAN/ONAF

**Tabel 2.** Data Teknis LA Gardu Induk Ampenan 150 kV

Data Teknis	
Merk	: ABB
Tipe	: PEXLIM Q132-YV170
No. seri	: Fasa : R 75267794
	: S 75267795
	: T 75267796
Tegangan pengenalan	: 132 kV
Frekuensi	: 50 Hz
Arus discharge	: 10 kA
Short Circuit	: 65 kA
Tinggi LA	: 1.7 m

## 2. Menentukan Rating Lightning Arrester Yang Terpasang Pada Saluran Penghantar

Tegangan Maksimum sistem dapat diketahui dengan persamaan:

$$\begin{aligned}
 V_m &= V_{\text{nominal}} + (V_{\text{nominal}} \times 10\%) \\
 &= 150 + (150 \times 0,1) \\
 &= 150 + 15 \\
 &= 165 \text{ kV}
 \end{aligned}$$

Tegangan maksimum sistem adalah 165 kV sedangkan pada *nameplate Arrester* dengan nomor seri PEXLIM Q132-YV170, angka 170 merupakan nilai tegangan maksimum *Lightning Arrester* yaitu 170 kV, sehingga *Lightning Arrester* yang terpasang mampu bekerja di atas standar tegangan maksimum.

Menentukan tegangan pengenalan LA dapat dilakukan dengan persamaan:

$$\begin{aligned}
 E_a &= V_m \times \text{Koefisien Pembumihan} \\
 &= 165 \times 0,8 \\
 &= 132 \text{ kV}
 \end{aligned}$$

Tegangan pengenalan *Lightning Arrester* adalah 132 kV, pada *nameplate Arrester* dengan nomor seri PEXLIM Q132-YV170, angka 132 merupakan nilai tegangan pengenalan *Lightning Arrester* yaitu 132 kV, sehingga *Lightning Arrester* yang terpasang mampu bekerja di standar tegangan pengenalan.

Kawat transmisi 150 kV pada saluran transmisi Gardu Induk Ampenan menggunakan penghantar jenis ACSR

HAWK dengan 240 mm<sup>2</sup> hasil wawancara dengan karyawan PT. PLN (Persero) Unit Induk Wilayah NTB Ampenan bahwa tinggi rata-rata penghantar dari tanah adalah 20 m, diperoleh nilai jari-jari (*r*) adalah:

$$L_{\text{lingkaran}} = \pi r^2$$

$$r = \sqrt{\frac{L_{\text{lingkaran}}}{\pi}}$$

$$r = \sqrt{\frac{240}{\pi}}$$

$$r = 8,74 \text{ mm} = 0,00874 \text{ m}$$

Maka impedansi saluran adalah:

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

$$Z = 60 \ln \frac{2 \times 20}{0,00874}$$

$$Z = 505,723 \Omega$$

Persamaan tegangan tembus isolator dapat ditentukan dengan data dan persamaan (4)

W = Panjang rentangan isolator tegangan 150 kV adalah 1,5 meter

$$K_1 = 0,4 \quad W = 0,4 \times 1,5 = 0,6$$

$$K_2 = 0,7 \quad W = 0,7 \times 1,5 = 1,05$$

t = tegangan yang dihitung berdasarkan waktu muka gelombang, 1,2  $\mu$ det

$$U_d = \left( K_1 + \frac{K_2}{t^{0,75}} \right) \times 10^3$$

$$U_d = \left( 0,6 + \frac{1,05}{1,2^{0,75}} \right) \times 10^3$$

$$U_d = 1515,8 \text{ kV}$$

Menentukan Arus Pelepasan/Arus Kerja Arrester

Diketahui:

$U_d = 1515,8 \text{ kV}$  (Tegangan tembus isolasi udara)

$U_a = 500 \text{ kV}$  (Tegangan kerja/pelepasan arrester)

Z = Merupakan impedansi saluran penghantar ( $\Omega$ )

maka arus pelepasan/kerja arrester dihitung dengan persamaan (5)

$$I_a = \frac{2(U_d - U_a)}{Z}$$

$$I_a = \frac{2(1515,8 - 500)}{505,723}$$

$$I_a = 4,02 \text{ kA}$$

Arus pelepasan ( $I_a$ ) setelah dihitung adalah 4,02 kA dibawah dari nilai yang tertera pada *nameplate Arrester* yakni 10 kA, Sehingga pemilihan Class 10 kA sudah sesuai dengan kebutuhannya.

Jarak optimum antara *lightning arrester* dengan *transformator* diperlukan data sebagai berikut:

- Nilai Tegangan Percikan *Impuls Transformator (Ea)*  
Dengan menggunakan Tabel 2.2 maka diperoleh tegangan percikan *impuls* maksimum sebesar 577 kV.
- Menentukan *Basic Insulation Level (BIL) Transformator (Ep)*  
Pada *nameplate LA Transformator Daya Gardu Induk Ampenan* diketahui  $Ep = 650 \text{ kV}$ .
- Kecuraman gelombang datang (A) yakni  $1000 \text{ dv/dt}$
- Konstanta kecepatan rambat gelombang (V)  $300 \text{ m } \mu\text{/detik}$   
Jarak optimum dihitung antara *lightning arrester* dan *transformator* maka kita dapat menggunakan persamaan (6):

$$Ep = Ea + \frac{2A \times S}{V}$$

$$S = (Ep - Ea) \times \frac{V}{2A}$$

$$S = (650 - 577) \times \frac{300}{2 \times 1000}$$

$$S = 10,95 \text{ meter}$$

Jarak maksimum antara *lightning arrester* dan *transformator* diperoleh 10,95 meter, sedangkan jarak (S) antara *lightning arrester* dan *transformator* yang terpasang pada gardu induk Ampenan 150 kV 10,95 meter, dengan demikian penempatan *lightning arrester* terhadap *transformator* atau peralatan lain yang dilindungi berada di bawah nilai maksimum, sebab jarak terpasang kurang dari jarak hitung.

### 3. Pemeliharaan Gardu Induk

- a) Inspeksi Lightning Arrester Level I

**Tabel 1.** Hasil Inspeksi Level I Lightning Arrester GI Ampenan

Phase	Nilai Arus Bocor LA (mA)	Kondisi
R	0,6	Baik
S	0,5	Baik
T	0,6	Baik

Inspeksi level 1 *Lightning Arrester* Gardu Induk Ampenan 150 kV dapat disimpulkan bahwa kondisi arus bocor dalam keadaan baik. Nilai arus bocor yang baik adalah dibawah 1,5 mA (Sumber: Indra M.R, 2020).

Sehingga *Lightning Arrester* di Gardu Induk Ampenan bekerja dengan baik. Jika arus bocor pada LA melebihi 1,5 mA, maka ada indikasi LA tersebut kinerjanya semakin menurun, lama kelamaan akan menyebabkan hubung singkat (*Short Circuit*).

- b) Inspeksi Lightning Arrester Level II

Hasil Pengukuran *Thermovisi Clamp* dan Konduktor *Lightning Arrester Transformator 1* di Gardu Induk Ampenan 150 kV menunjukkan bahwa *clamp* dan konduktor pada *Lightning Arrester Transformator 1* Gardu Induk Ampenan 150 kV dalam kondisi baik karena selisih suhu pada beban maksimum pada rentang  $.0 \text{ } ^\circ\text{C} - 10 \text{ } ^\circ\text{C}$  yaitu kondisi baik.

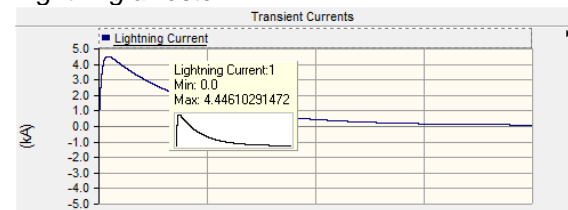
Hasil Pengukuran *Thermovisi MTU (Material Utama) Lightning Arrester Transformator 1* di Gardu Induk Ampenan 150 kV menunjukkan bahwa suhu pada Isolator LA atas, Isolator LA tengah dan Isolator LA bawah pada *phase R, S dan T* dalam keadaan normal. Selanjutnya pada kawat *ground LA*, selisih *phase S* dengan *T* dalam keadaan normal, sedangkan pada *phase R* dengan *S* dan *phase T* dengan *R* dalam kondisi I, dimana dimungkinkan ada ketidaknormalan dan perlu investigasi lanjut.

### 4. Simulasi Besar Arus yang Dipotong Lightning Arrester Saat Arus Puncak Petir Divariasikan

Simulasi ini dilakukan antara lightning arrester dengan transformator dengan arus petir yang divariasikan sebesar 5 kA, 10 kA, 15 kA, 20 kA, 25 kA, 30 kA dan 35 kA.

#### a) Arus Puncak Petir 5 kA

Hasil simulasi arus yang petir yang mengalir ke *Lightning arrester*



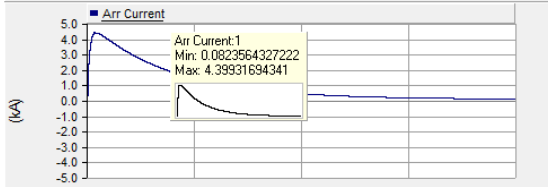
**Gambar 1.** Hasil simulasi arus yang petir yang mengalir ke Lightning arrester

Gambar 3 menunjukkan bahwa nilai *maximum* arus yang puncak yang mengalir adalah 4,45 kA. Arus puncak petir yang diatur



adalah 5 kA, sehingga arus yang mengalir turun sebelum mencapai lightning arrester.

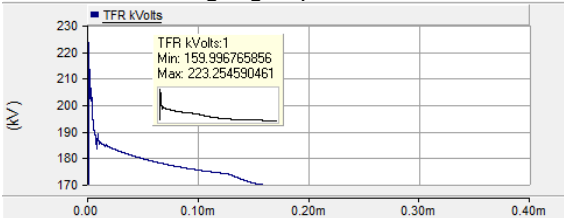
Hasil simulasi arus petir yang dipotong Lightning arrester



**Gambar 4.** Hasil simulasi arus petir yang dipotong Lightning arrester

Gambar 4 menunjukkan bahwa nilai maximum arus yang dipotong oleh lightning arrester adalah 4,39 kA. Arus yang dipotong oleh lightning arrester menyisakan arus yang lewat ke transformer yang tidak melebihi 10 kA, sehingga tidak melebihi spesifikasi dari lightning arrester.

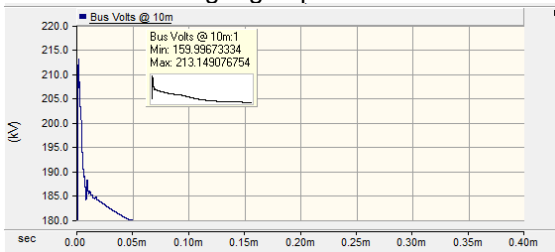
Hasil simulasi Tegangan pada Transformator



**Gambar 5.** Hasil simulasi Tegangan pada Transformator

Gambar 5 menunjukkan bahwa nilai minimum Tegangan pada Transformator adalah 159,99 kV sedangkan tegangan maksimum pada sistem yaitu 165 kV sehingga tegangan kembali normal setelah terjadi petir. nilai maximum Tegangan pada Transformator adalah 223,25 kV sedangkan BIL Transformator adalah 650 kV sehingga tidak melebihi spesifikasi dari Transformator.

Hasil simulasi Tegangan pada Bus



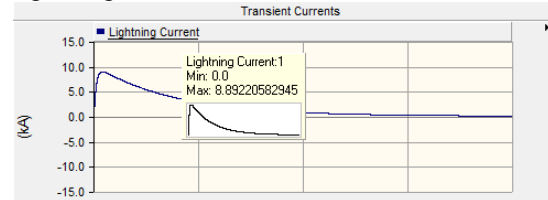
**Gambar 2.** Hasil simulasi Tegangan pada Bus

Gambar 6 menunjukkan bahwa nilai minimum Tegangan pada Bus adalah 159,99

kV sedangkan tegangan maksimum pada sistem yaitu 165 kV sehingga tegangan kembali normal setelah terjadi petir. Nilai maximum Tegangan pada Bus adalah 213,15 kV.

**b) Arus Puncak Petir 10 kA**

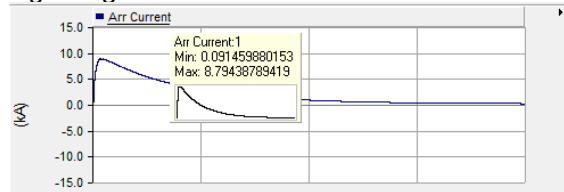
Hasil simulasi arus yang petir yang mengalir ke Lightning arrester



**Gambar 3.** Hasil simulasi arus petir yang mengalir ke Lightning arrester

Gambar 7 menunjukkan bahwa nilai maximum arus yang puncak yang mengalir adalah 8,89 kA. Arus puncak petir yang diatur adalah 10 kA, sehingga arus yang mengalir turun sebelum mencapai lightning arrester.

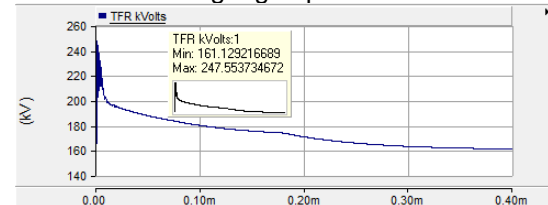
Hasil simulasi arus petir yang dipotong Lightning arrester



**Gambar 4.** Hasil simulasi arus petir yang dipotong Lightning arrester

Gambar 8 menunjukkan bahwa nilai maximum arus yang dipotong oleh lightning arrester adalah 8,79 kA. Arus yang dipotong oleh lightning arrester menyisakan arus yang lewat ke transformer yang tidak melebihi 10 kA, sehingga tidak melebihi spesifikasi dari lightning arrester.

Hasil simulasi Tegangan pada Transformator

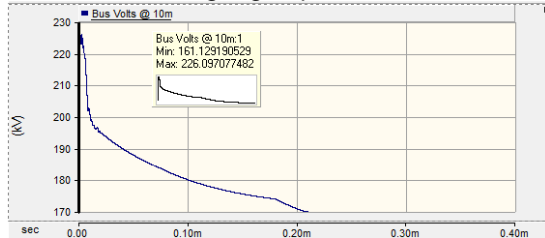


**Gambar 5.** Hasil simulasi Tegangan pada Transformator

Gambar 9 menunjukkan bahwa nilai minimum Tegangan pada Transformator

adalah 161,13 kV sedangkan tegangan maksimum pada sistem yaitu 165 kV sehingga tegangan kembali normal setelah terjadi petir. nilai *maximum* Tegangan pada *Transformator* adalah 247,55 kV sedangkan *BIL Transformator* adalah 650 kV sehingga tidak melebihi spesifikasi dari *Transformator*.

Hasil simulasi Tegangan pada Bus



**Gambar 6.** Hasil simulasi Tegangan pada Bus Gambar 10 menunjukkan bahwa nilai minimum Tegangan pada Bus adalah 161,13 kV sedangkan tegangan maksimum pada sistem yaitu 165 kV sehingga tegangan kembali normal setelah terjadi petir. Nilai *maximum* Tegangan pada Bus adalah 226,1 kV.

**Tabel 4.** Hasil Simulasi Arus Puncak Petir yang Dipotong oleh *Lightning Arrester*

Arus puncak petir (kA)	Arus yang mengalir (kA)	Arus yang Dipotong (kA)	Tegangan max. pada <i>Transformator</i> (kV)	Tegangan max. pada Bus (kV)
5	4,45	4,39	223,54	213,15
10	8,89	8,79	247,55	226,1
15	13,34	13,21	262,65	236,21
20	17,78	17,61	274,38	245,48
25	22,23	22	285,65	255,01
30	26,67	26,39	295,56	263,52
35	31,12	30,77	304,57	272,02

Tabel 4 menunjukkan bahwa arus puncak petir diatur semakin meningkat 5 – 35 kA kemudian menghasilkan nilai arus yang mengalir, arus yang dipotong, tegangan pada *transformator* dan tegangan pada bus semakin meningkat sehingga nilai arus puncak petir berbanding lurus dengan nilai arus yang mengalir, arus yang dipotong, tegangan pada *transformator* dan tegangan pada bus.

Arus yang mengalir ke LA 4,45 – 31,12 kA sedangkan arus yang dipotong LA adalah 4,39 – 30,77 kA, sehingga arus yang dipotong LA

yaitu 98% atau arus yang mengalir ke *transformator* masih dibawah 10 kA.

Tegangan pada *transformator* 223,25 - 304,57 kV dan tegangan pada bus 213,15 - 272,02 kV, sehingga tidak melebihi *basic insulation level (BIL)* pada *transformator* yaitu 650 kV.

**Tabel 5.** Hasil Simulasi Tegangan Minimum pada *Transformator* dan Tegangan minimum pada Bus

Arus puncak petir (kA)	Tegangan min. pada <i>Transformator</i> (kV)	Tegangan min. pada Bus (kV)
5	159,99	159,99
10	161,13	161,13
15	161,51	161,51
20	161,9	161,9
25	162,29	162,29
30	162,68	162,68
35	163,06	163,06

Tabel 5 menunjukkan bahwa tegangan minimum pada *transformator* dan tegangan minimum pada bus sama yaitu 159,99 - 163,06 kV. Tegangan kerja maksimum pada Gardu Induk adalah 165 kV, sehingga tegangan pada *transformator* dan tegangan pada bus tidak melebihi tegangan kerja maksimum setelah tersambar petir.

## 5. Perbandingan Hasil Simulasi dan Analisis dengan Spesifikasi *Lightning Arrester* dan Spesifikasi *Transformator*

**Tabel 6.** perbandingan hasil simulasi dan analisis dengan spesifikasi *lightning arrester*

	Hasil Simulasi dan Analisis	Spesifikasi LA
Tegangan kerja <i>maximum</i> analisis	165 kV	170 kV
Tegangan pengenalan	132 kV	132 kV
Tegangan kerja <i>maximum</i> simulasi	159,99 - 163,06 kV	165 kV
Arus pelepasan	4,02 kA	10 kA
Arus bocor	0,5 - 0,6 mA	1,5 mA



Tabel 6 menunjukkan bahwa hasil analisis tegangan kerja lightning arrester adalah 165 kV, sehingga tidak melebihi spesifikasi dari lightning arrester yaitu 170 kV. Tegangan pengenal hasil analisis lightning arrester adalah 132 kV sehingga tidak melebihi kebutuhan sistem yaitu 132 kV. Tegangan kerja hasil simulasi setelah arus petir adalah 159,99 – 163,06 kV sehingga tidak melebihi kebutuhan sistem lightning arrester yaitu 165 kV. Arus pelepasan hasil analisis lightning arrester yaitu 4,02 kA, sehingga tidak melebihi spesifikasi yaitu 10 kA. Arus bocor lightning arrester adalah 0,5 -0,6 mA, sehingga tidak melebihi 1,5 mA.

**Tabel 7.** perbandingan hasil analisis dengan spesifikasi transformator

	Hasil Analisis	Spesifikasi Transformator
Tegangan maximum trafo saat tersambar petir	223,25 - 304,57 kV	650 kV

Tabel 7 dapat dianalisa bahwa Tegangan maksimum saat tersambar petir yaitu 223,25 - 304,57 kV sehingga tidak melebihi BIL transformator yaitu 650 kV.

#### IV. KESIMPULAN

1. Arus puncak petir yang mampu di potong oleh LA adalah diatas 98%. Arus puncak petir pada simulasi PSCAD diatur 5 - 35 kA, menghasilkan nilai arus yang mengalir ke lightning arrester adalah 4,45 - 31,12 kA, arus yang dipotong lightning arrester adalah 4,39 - 30,77 kA, sehingga arus yang mengalir ke transformator tidak melebihi 10 kA. Tegangan pada transformator 223,25 - 304,57 kV dan tegangan pada bus 213,15 - 272,02 kV, sehingga tidak melebihi basic insulation level (BIL) pada transformator yaitu 650 kV.
2. Jarak maksimum hasil perhitungan antara lightning arrester dan transformator adalah 10,95 meter, sedangkan jarak antara lightning arrester dan transformator yang terpasang pada gardu induk Ampenan 150 kV yaitu 5 meter, dengan demikian penempatan lightning arrester terhadap transformator yang dilindungi berada di

bawah nilai maksimum, sebab jarak terpasang kurang dari jarak hitung.

3. Arus bocor lightning arrester berada dalam kondisi baik yaitu 0,5 – 0,6 mA, sehingga masih dibawah 1,5 mA, sedangkan selisih temperatur pada kawat ground LA adalah 1 °C sehingga dimungkinkan adanya ketidaknormalan antar phase dan perlu investigasi lanjut pada phase R dengan S dan phase T dengan R dalam kondisi I.

#### V. REFERENSI

- [1] Arismunandar Artono, 2001, Teknik Tegangan Tinggi, Penerbit Pradnya Paramita. Jakarta
- [2] Hidayatulloh, R., Juning tyas tutu dan Kartono. 2016. Analisa Gangguan Hubung Singkat Pada Jaringan Sutt 150 kV Jalur Kebasen – Balapulang – Bumiayu Menggunakan Program Etap. Teknik Elektro Universitas Diponegoro.
- [3] Indra, M. R. 2020. Analisis Arus Bocor pada Lightning Arrester di Gardu Induk Padang Luar. Jakarta: Institut Teknologi PLN.
- [4] Kurniawan, D. 2018. Analisa Optimal Penentuan Letak Optimum Lightning Arrester Pada Gardu Induk Wonogiri 150 kV (Skripsi). Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [5] Naiborhu, G. R. (2014). Pengujian Dalam Penggunaan dan Diagnosis Arrester Metal Oxide Tanpa Celah. JETri, Volume 11, Nomor 12, 79-94.
- [6] Palaha, dkk. (2022). "Analisa Karakteristik Arrester Pada Gardu Distribusi 20 KV ST 350 Penyulang Merpati". Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru. Riau.
- [7] PT PLN (Persero), "Buku Pedoman Pemeliharaan Transformator Arus (No Dokumen: PDM/PGI/02:2014)", SK DIR PLN PUSAT No.05202.K/DIR/2014, Jakarta, 2014.
- [8] PT PLN (Persero), "Buku Pedoman Pemeliharaan Lightning Arrester (No Dokumen: PDM/PGI/12:2014)", SK DIR PLN PUSAT No.05202.K/DIR/2014, Jakarta, 2014.
- [9] PT PLN (Persero), "Buku Pedoman Pemeliharaan Transformator Tegangan (No Dokumen: PDM/PGI/03:2014)", SK

DIR PLN PUSAT No.05202.K/DIR/2014,  
Jakarta, 2014.

- [10]PT PLN (Persero), "*Buku Pengoprasian Peralatan Gardu Induk*". Pusdiklat. Jakarta, 2009
- [11]Sapari, dkk. "*Evaluasi Arrester untuk Proteksi GI 150 KV Jajar dari Surja Petir Menggunakan Software PSCAD*". Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta. Jurnal Emitor, 2016.
- [12]Tasbir, M. "*Analisa Peralatan Lightning Arrester Pada Gardu Induk Bolangi 150 KV*". Makassar: Universitas Muhammadiyah Makassar. 2020.
- [13]Wiwin, Dkk. 2018. "*Evaluasi Penentuan Jarak Arrester Dan Transformator 30 MVA dengan Metode Diagram Tangga (Lattice Diagram)*". Jurnal Surya Energy 2(1). 185-192.