

# Analisa Pemasangan Arrester Pada Gardu Distribusi Penyulang Meureubo ULP Meulaboh Kota

Nurlaila Amna, Teuku Murisal Asyadi\*, T. Mahmuda Rahmat R.

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Iskandar Muda  
Jl. Kampus Unida – Surien No. 15, Kec. Meuraxa, Kota Banda Aceh, Aceh  
E-mail: [teukumurisal@gmail.com](mailto:teukumurisal@gmail.com)\*

Naskah Masuk: 20 Juli 2025; Diterima: 27 Februari 2026; Terbit: 31 Maret 2026

## ABSTRAK

**Abstrak** - Pada sistem pembangkit tenaga listrik PT. PLN (Persero) area Meulaboh memiliki elemen penting dalam menyuplai tenaga listrik, yaitu sistem jaringan distribusi. Komponen yang paling rentan terkena gangguan petir pada jaringan distribusi adalah trafo, maka diperlukan penangkal petir, yaitu *arrester*. *Arrester* pada trafo distribusi PT. PLN (Persero) ULP Meulaboh Kota berfungsi untuk menangkap dan mengamankan trafo dari gangguan surja petir dan memberikan perlindungan pada trafo dari tegangan lebih. Permasalahan yang diangkat pada penelitian ini adalah berapa jarak pemasangan *arrester* dengan peralatan dan bagaimana karakteristik kerja *arrester* dalam memproteksi trafo pada gardu distribusi penyulang Meureubo ULP Meulaboh Kota. Yang menjadi tujuan utama dari penelitian ini adalah, untuk mendapatkan jarak pemasangan *arrester* dengan peralatan dan mengetahui karakteristik kerja *arrester* dalam memproteksi trafo pada gardu distribusi penyulang Meureubo ULP Meulaboh Kota. Metode yang digunakan yaitu dengan melakukan observasi lansung kelapangan dan pengumpulan data, serta melakukan perhitungan dengan formula sistematis. Hasilnya jarak maksimum *lightning arrester (LA)* terhadap transformator sesuai dengan karakteristik kerja *arrester* pada tegangan trafo 20 kV maka jarak pemasangan *arrester* yang harus dilakukan sebesar 0,66 meter, dengan kapasitas trafo daya sebesar 50 kVA, 160 kVA dan 250 kVA maka jarak perlindungan *arrester* terhadap peralatan yang dilindungi tersebut sebesar 4,86 m, 21,36 m, dan 34,86 m. Sedangkan pada tegangan trafo 30 kV maka jarak pemasangan *arrester* yang harus dilakukan sebesar 0,99 meter, dengan kapasitas trafo daya sebesar 50 kVA, 160 kVA dan 250 kVA maka jarak perlindungan *arrester* terhadap peralatan yang dilindungi tersebut sebesar 3,54 m, 20,04 m, dan 33,54 m, sehingga penempatan dan penyambungan *arrester* masih dalam kondisi yang baik. Faktor perlindungan *arrester* juga dipengaruhi oleh besar kecilnya tegangan trafo karena faktor perlindungan *arrester* yang baik terhadap trafo minimal adalah 20 % dari TID.

**Kata kunci:** Jaringan Distribusi, Faktor Perlindungan, Trafo Distribusi, Surja Petir, *Arrester*

## ABSTRACT

**Abstract** - In the power generation system of PT. PLN (Persero) Meulaboh area has an important element in supplying electric power, namely the distribution network system. The most vulnerable component to lightning disturbances in the distribution network is the transformer, so a lightning rod is needed, namely an *arrester*. The *arrester* on the distribution transformer of PT. PLN (Persero) ULP Meulaboh Kota functions to capture and secure the transformer from lightning surge disturbances and provide protection to the transformer from overvoltage. The problem raised in this study is how far the installation of the *arrester* is from the equipment and how the characteristics of the *arrester* work in protecting the transformer at the Meureubo ULP Meulaboh Kota feeder distribution substation. The main objective of this study is to obtain the installation distance of the *arrester* from the equipment and to know the characteristics of the *arrester* work in protecting the transformer at the Meureubo ULP Meulaboh Kota feeder distribution substation. The method used is by conducting direct field observations and data collection, as well as performing calculations with systematic formulas. The result is the maximum distance of the *lightning arrester (LA)* to the transformer according to the characteristics of the *arrester* work at a transformer voltage of 20 kV, the distance of the *arrester* installation that must be done is 0.66 meters, with a power transformer capacity of 50 kVA, 160 kVA and 250 kVA, the distance of the *arrester* protection to the protected equipment is 4.86 m, 21.36 m, dan 34.86 m. While at a transformer voltage of 30 kV, the distance of the *arrester* installation that must be done is 0.99 meters, with a power transformer capacity of 50 kVA, 160 kVA and 250 kVA, the distance of the *arrester* protection to the protected equipment is 3.54 m, 20.04 m, dan 33.54 m, so that the placement and connection of the *arrester* are still in good condition. The *arrester* protection factor is also influenced by the size of the transformer voltage because a good *arrester* protection factor to the transformer is at least 20 % of the TID.

**Keywords:** Distribution Network, Protection Factor, Distribution Transformer, Lightning Surge, *Arrester*

Copyright © 2026 Jurnal Teknik Elektro dan Komputasi (ELKOM)

## 1. PENDAHULUAN

Kehidupan modern membutuhkan listrik untuk memenuhi berbagai kebutuhan rumah tangga, perkantoran, perhotelan, dan industri. Karena itu, suplai listrik yang baik dan memenuhi kebutuhan pelanggan atau konsumen listrik [1]. Penyaluran listrik oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN) memerlukan pembangkit sebagai penghasil energi, serta jaringan transmisi dan distribusi sebagai penyuplai energi untuk memenuhi kebutuhan pelanggan atau konsumen. Selain itu, penyaluran energi listrik juga memerlukan beberapa komponen pendukung lainnya, seperti alat proteksi, transformator, dan lain-lain [2].

Transformator adalah perangkat yang dapat menaikkan dan menurunkan tegangan. Meskipun transformator sangat rentan terhadap kerusakan, ini adalah alat yang sangat penting untuk memastikan pasokan energi listrik ke pelanggan listrik. Salah satu faktor utama yang menyebabkan gangguan pada proses penyaluran energi listrik, yaitu surya petir, adalah gangguan hubung singkat, kegagalan isolasi, kurangnya pemeliharaan, kegagalan proteksi, dan dampak sambaran petir [3] [4] [5].

Surja petir adalah fenomena yang terjadi akibat sambaran petir pada suatu objek di bumi, yang dapat menghasilkan arus dan tegangan tinggi, sehingga berpotensi merusak benda atau peralatan listrik [6]. Oleh karena itu, untuk mencegah gangguan pada trafo yang disebabkan oleh surja petir, diperlukan alat pengaman yang dapat melindungi trafo, yaitu *Lightning Arrester* (LA) atau yang lebih dikenal dengan sebutan *Arrester* [7] [8]. *Arrester* berfungsi sebagai media untuk tegangan surja petir agar dapat mengalirkan arus surja petir ke tanah, serta berfungsi sebagai jalur pintas (by-pass) yang berada di sekitar isolasi [9][10]. Media ini harus dirancang sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu aliran arus pada frekuensi 50 Hz, seperti yang dilakukan oleh PT. PLN (Persero) ULP Meulaboh Kota.

Berdasarkan hasil observasi di lapangan, permasalahan yang sering terjadi pada penyulang Meureubo ULP Meulaboh Kota yaitu sering mengalami gangguan yang disebabkan oleh alam, salah satunya gangguan petir. Agar dapat meminimalisir gangguan akibat petir maka perlu adanya pemasangan *arrester* dengan jarak yang sesuai terhadap peralatan yang terdapat pada gardu distribusi. Oleh sebab itu perlu meningkatkan pengamanan dan mengatur jarak *arrester* yang sesuai agar kinerja *arrester* menjadi lebih baik dan dapat meminimalisir gangguan ketika terjadi sambaran petir. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan jarak pemasangan *arrester* dengan peralatan dan untuk mengetahui karakteristik kerja *arrester* dalam memproteksi trafo pada gardu distribusi penyulang Meureubo ULP Meulaboh Kota.

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah agar kinerja *arrester* menjadi lebih baik dan handal dalam memproteksi trafo untuk mencegah kerusakan pada peralatan gardu distribusi penyulang Meureubo ULP Meulaboh Kota akibat sambaran petir.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

Pada sistem distribusi energi listrik terdapat dua jenis sistem yaitu sistem distribusi primer dan sistem distribusi sekunder. Sistem distribusi primer atau dikenal dengan Jaringan Tegangan Menengah (JTM) adalah yang menyalurkan energi listrik dari Gardu Induk (GI) menuju Gardu Distribusi (GD) dan memiliki tegangan operasi sebesar 20 kV [6]. Sistem distribusi sekunder merupakan JTM yang menyalurkan energi listrik dari GD ke pelanggan dan beroperasi pada tegangan 220/380 V [7] [8].

### 2.1. Lightning Arrester Pada Saluran Distribusi

Saluran udara yang keluar dari pusat pembangkit listrik merupakan bagian instalasi pusat pembangkit listrik yang paling rawan sambaran petir dan karenanya harus diberi *lighting arrester*. Selain itu, *lighting arrester* harus berada di depan setiap transformator dan harus terletak sedekat mungkin dengan transformator. Hal ini perlu karena pada petir yang merupakan gelombang berjalan menuju ke transformator akan melihat transformator sebagai suatu ujung terbuka (karena transformator mempunyai isolasi terhadap bumi/tanah) sehingga gelombang pantulannya akan saling memperkuat dengan gelombang yang datang [9].

Berarti transformator dapat mengalami tegangan surja dua kali besarnya tegangan gelombang surja yang datang. Sistem pentanahan pada gardu distribusi dianggap sebagai sistem pentanahan ini dianggap efektif [9], maka persamaan yang adalah sebagai berikut [10] ;

$$U_a = \text{Tegangan Fasa ke fasa} \times 110 \% \times 0,8 \quad (1)$$

Dimana:

$U_a$  = Tegangan pelepasan arrester (kV)

## 2.2. Nilai Kecuraman Arus Petir

Dalam menentukan jarak maksimal proteksi *lighting arrester* (L), maka terlebih dahulu harus mengetahui nilai  $\frac{du}{dt}$ , untuk mendapatkan nilai  $\frac{du}{dt}$  maka harus diketahui nilai  $\frac{di}{dt}$  berikut ini adalah proses perhitungan sehingga mendapatkan nilai  $\frac{di}{dt}$ .

Perhitungan nilai kepadatan petir ke tanah per  $\text{km}^2$  per tahun. Perhitungan resiko sambaran petir pada saluran udara tegangan menengah pada koordinat  $95^\circ 86' 30''$  dengan ketinggian awan terendah (A) 600 meter, jumlah hari guruh rata-rata (IKL) 506,00 hari/tahun, dan curah hujan rata-rata (P) adalah 209,80 mm/tahun.

Sehingga untuk menghitung nilai kepadatan petir ke tanah per  $\text{km}^2$  pertahun dapat digunakan persamaan berikut [11] ;

$$F_G = 123.10^{-4} x (p)^{0,563} x (\text{jumlah hari guruh})^{0,33} \text{ sambaran/km}^2 \text{ tahun} \quad (2)$$

Dimana :

$p$  = Curah hujan rata-rata

### 1. Arus Puncak Petir

Untuk menghitung nilai arus puncak petir ( $i$ ) dapat menggunakan persamaan berikut ;

$$\hat{i} = 29,5143 x F_G^{0,332737} x e^{((-4,44107x10^{-3}x L_i) : (-2,40752x10^{-4}x A))} kA \quad (3)$$

Dimana:

$F_G$  = Kepadatan sambaran petir ke tanah

$A$  = Ketinggian awan terendah

### 2. Kecuraman Maksimum Arus Petir

Untuk menghitung kecuraman maksimum arus petir dapat menggunakan persamaan berikut;

$$\left(\frac{di}{dt}\right) = 1,2358 x \hat{i}^{0,7042} \quad (4)$$

Dimana:

$\hat{i}$  = Arus puncak petir

## 2.3. Nilai Kecuraman Muka Gelombang

Setelah mendapatkan nilai  $\frac{di}{dt}$ , maka selanjutnya dapat dihitung nilai dari  $\frac{du}{dt}$ .

### 1. Nilai Andogan (D)

Untuk menghitung nilai andogan (D) dapat menggunakan persamaan berikut:

$$D = \frac{W x S^2}{8 x T} \quad (5)$$

Dimana:

$W$  = Berat penghantar perstauan panjang (daN/m)

$S$  = Jarak Gawang (m)

$T$  = Komponne horizontal dari tegangan penghantar (daN)

### 2. Tinggi rata-rata kawat konduktor diatas tanah ( $h$ )

Untuk menghitung nilai Tinggi rata-rata kawat konduktor diatas tanah ( $h$ ) dapat menggunakan persamaan berikut:

$$h = ht - \frac{2}{3} D \quad (6)$$

Dimana:

$h$  = Tinggi rata-rata kawat konduktor diatas tanah (m)

$r$  = jari-jari kawat konduktor (m)

### 3. Nilai Induktansi (L)

Untuk menghitung nilai induktansi (L) dapat menggunakan persamaan berikut:

$$L = 2 x 10^{-7} \ln \frac{2h}{r} \quad (7)$$

### 4. Nilai Kapasitansi (C)

Untuk menghitung nilai kapasitansi (C) dapat menggunakan persamaan berikut:

$$C = \frac{10^{-9}}{18 \ln \frac{2h}{r}} \quad (8)$$

Dimana:

- $h$  = Tinggi rata-rata kawat konduktor diatas tanah (m)
- $r$  = jari-jari kawat konduktor (m)

5. Impedansi surja saluran ( $Z$ )

Untuk menghitung nilai impedansi surja saluran ( $Z$ ) dapat menggunakan persamaan berikut:

$$Z_c = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (9)$$

Dimana:

- $L$  = Induktansi
- $C$  = Kapasitansi

6. Perhitungan kecuraman muka gelombang ( $\frac{du}{dt}$ )

Untuk menghitung nilai kecuraman muka gelombang ( $\frac{du}{dt}$ ) dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\left(\frac{du}{dt}\right) = \frac{1}{2} \times Z \times Z \times \frac{di}{dt} \quad (10)$$

Dimana:

- $Z$  = Impedansi surja saluran (ohm)
- $\frac{du}{dt}$  = Nilai Kecuraman arus petir (kA/ $\mu$ s)

### 3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan yaitu dengan cara menganalisis data menggunakan formula matematis sesuai dengan hasil kajian pustaka. Adapun data yang diperoleh yaitu berupa data primer maupun data sekunder dan selanjutnya diolah dengan metode perhitungan matematis sesuai dengan rumus yang diperoleh dari berbagai referensi. Untuk memperoleh informasi dan data sistem pemasangan arrester serta tipe/spesifikasi dan jenis Arrester yang relevan dengan permasalahan penelitian, maka penulis memilih lokasi penelitian langsung ke PT. PLN (Persero) dengan masa penelitian dua bulan, dimulai dari tanggal 10 Desember 2024 sampai dengan 10 Januari 2025. Berikut ini adalah data spesifikasi *Lightning Arrester* yang menjadi objek penelitian, selengkapnya ditunjukkan pada Tabel 1 dan tabel 2.

Tabel 1. Data spesifikasi *lightning arrester*

Data Spesifikasi <i>Lightning Arrester</i>	
Nama Merek	: Yong De
Nomor Model	: YH10W5-33
Type	: <i>High voltage and medium voltage</i>
Application	: <i>Power Distribution System</i>
Rated Voltage	: 33 kV
Rated Current	: 10 kA
MCOV	: 27.5 kV
1mA D.C Reference Voltage	: 46.7 kV
Creepage distance	: 1082mm
Line Discharge Level	: 1
Product Name	: 33 kV <i>Polymer Housed Lightning Arrester</i>

Tabel 2. Data spesifikasi *lightning arrester*

Data Spesifikasi <i>Lightning Arrester</i>	
Nama Merek	: Yong De
Nomor Model	: Y20W5-444
Type	: <i>High voltage</i>
Application	: <i>Substation</i>
Material	: Porcelain
Jacket	: Porcelain
Conductor Material	: Aluminum
Nominal Current In	: 20 kA
Color	: White
Product Name	: <i>Lightning Arrester</i>

Selanjutnya, juga ditampilkan data karakteristik arrester, selengkapnya ditunjukkan pada Tabel 3 dan data standar penempatan tingkat isolasi dan penangkap petir, selengkapnya ditunjukkan pada Tabel 4 yang didapatkan dari data sheet PT. PLN (Persero) ULP Meulaboh Kota.

Tabel 3. Data karakteristik *arrester*

Pengenal Arrester (kV)	Kecuraman Gelombang (kV/ $\mu$ s)	10 kA dan 5 kA		5 kA	
		STD (kV)	FOW (kV)	STD (kV)	FOW (kV)
3	25	13	15	13	15
4,5	37	17,5	20	17,5	20
6	50	22,6	26	22,6	26
7,5	62	28	31	28	31
9	76	32,5	38	32,5	38
12	100	43	50	43	50
15	125	54	62	54	62
18	150	65	75	65	75
21	250	76	88	76	88
24	500	87	100	87	100
27	750	97	112	97	112
30	1000	108	125	108	125
33	1250	119	137	119	137
36	1500	130	150	130	150

Tabel 4. Standar Penempatan tingkat isolasi transformator dan penangkap petir

No	Spesifikasi Tegangan Nominal Sistem	150 kV	66 kV	20 kV
1	Tegangan tertinggi untuk peralatan Pentanahan Netral	170 kV Efektif	72.5 kV Tahanan	24 kV Tahanan
2	Transformator Tegangan pengenal (sisi tegangan tinggi) Tingkat Isolasi Dasar (TID)	150 kV 650 kV	66 kV 325 kV	20 kV 125 kV
3	Penangkap Petir Tegangan pengenal Arus pelepasan nominal	138 kV <sup>1)</sup> 150 kV <sup>1)</sup> 10 kA	75 kV <sup>1)</sup> 10 kA 5 kA	21 kV <sup>1)</sup> 24 kV <sup>1)</sup> 5 kA <sup>2)</sup>
4	Tegangan pelepasan Tegangan percikan denyut muka gelombang (MG)	460 kV <sup>1)</sup> 500 kV <sup>1)</sup> 530 kV 577 kV	270 kV <sup>1)</sup> 310 kV	70 kV <sup>1)</sup> 87 kV <sup>1)</sup> 88 kV 100 kV
5	Tegangan percikan denyut standar	460 kV 500 kV	270 kV	76 kV 87 kV
6	Kelas	10 kA tugas berat 10 kA tugas berat	10 kA tugas ringan 5 kA seri A	5 kA seri A

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan *arrester* dengan menghitung nilai tegangan, menentukan faktor perlindungan, serta menentukan jarak pemasangan dari peralatan yang dilindungi, yaitu dengan:

##### 4.1. Perhitungan Nilai Tegangan *Lightning Arrester*

Nilai tegangan pengenal arrester dengan sistem pentanahan yang digunakan di gardu MRB 056-00 adalah sistem pentanahan langsung, sehingga koefisien pentanahannya 0,8.

$$U_a = \text{Tegangan fasa ke fasa} \times 110\% \times 0,8$$

$$U_a = 20 \times 110\% \times 0,8$$

$$U_a = 20 \times 1,1 \times 0,8 = 17,6$$

Jadi didapatkan besar tegangan pengenal pada arrester di gardu MRB 056- 00 adalah 17,6 kV

#### 4.2. Perhitungan Nilai Kecuraman Arus Petir

nilai kepadatan petir ke tanah per km<sup>2</sup> per tahun. Perhitungan resiko sambaran petir pada saluran udara tegangan menengah pada koordinat 95° 86' 30" dengan ketinggian awan terendah (A) 600 meter, jumlah hari guruh rata-rata (IKL) 506,00 hari/tahun, dan curah hujan rata-rata (P) adalah 209,80 mm/tahun.

$$F_G = 123. 10^{-4} \times (p)^{0,563} \times (\text{jumlah hari guruh})^{0,33} \text{ sambaran/km}^2\text{tahun}$$

Didapat nilai curah hujan rata-rata (p) = 209,80 mm/tahun

$$F_G = 123. 10^{-4} \times (209,80)^{0,563} \times (506,00)^{0,33} \text{ sambaran/km}^2\text{tahun}$$

$$F_G = 123. 10^{-4} \times 20,285 \times 7,804 \text{ sambaran/km}^2\text{tahun}$$

$$F_G = 123. 10^{-4} \times 158,304 \text{ sambaran/km}^2\text{tahun}$$

$$F_G = 19.471,392 \times 10^{-4} \text{ sambaran/km}^2\text{tahun} = 1,947 \text{ sambaran/km}^2\text{tahun}$$

##### 1. Perhitungan arus puncak petir

$$L = 95^{\circ}86'30''LS$$

$$L = 95 \text{ jam} + \left(\frac{86}{60}\right) \text{ jam} + \left(\frac{30}{360}\right) \text{ jam} = 96,438 \text{ jam}$$

Sehingga besar nilai arus puncak petir yang didiapatkan adalah,

$$\hat{I} = 29,5143 \times 1,947^{0,332737} \times e^{((-4,44107 \times 10^{-3} \times 96,438) : (-2,40752 \times 10^{-4} \times 600))} \text{ kA}$$

$$\hat{I} = 29,5143 \times 1,248 \times 0,057 = 2,099 \text{ kA}$$

##### 2. Perhitungan nilai kecuraman arus petir maksimum

$$\left(\frac{di}{dt}\right) = 1,2358 \times \hat{I}^{0,7042}$$

$$\left(\frac{di}{dt}\right) = 1,2358 \times 2,099^{0,7042} = 2,083 \text{ kA}/\mu\text{s}$$

#### 4.3. Perhitungan Nilai Kecuraman Muka Gelombang

Pada tahapan ini, untuk mendapatkan nilai kecuraman muka gelombang, maka dilakukan:

##### 1. Perhitungan nilai andongan (D)

Diketahui berat penghantar 0,640 daN/m, jarak gawang 50 m, dan komponen horizontal 313,11 daN dari tegangan penghantar, sehingga nilai andongan (D) dapat dihitung sebagai berikut,

$$D = \frac{W \times S^2}{8 \times T}$$

$$D = \frac{0,640 \times 50^2}{8 \times 313,11}$$

$$D = \frac{1.600}{2.504,88} = 0,638 \text{ m}$$

##### 2. Perhitungan tinggi rata-rata kawat konduktor tanpa kawat tanah di atas tanah (h)

Setelah mendapatkan nilai andongan (D), selanjutnya nilai ht = 11 meter dan jari-jari kawat konduktor r = 11 m, sehingga nilai (h) dapat dihitung sebagai berikut,

$$h = ht - \frac{2}{3} D$$

$$h = 11 - \frac{2}{3} 0,638 = 10,574 \text{ m}$$

##### 3. Perhitungan nilai induktansi (L)

Untuk mendapatkan nilai induktansi (L) dapat dihitung sebagai berikut,

$$L = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{2h}{r}$$

$$L = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{2 \times 10,574}{11} = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{21,148}{11}$$

$$L = 2 \times 10^{-7} \times 1,922 = 1,306 \times 10^{-7} \text{ H/m}$$

##### 4. Nilai kapasitansi (C)

Sehingga nilai kapasitansi (C) dapat dihitung sebagai berikut,

$$C = \frac{10^{-9}}{18 \ln \frac{2h}{r}}$$

$$C = \frac{10^{-9}}{18 \ln \frac{2 \times 10,574}{11}} = \frac{10^{-9}}{18 \ln \frac{21,148}{11}} = 8,499 \times 10^{-11} \text{ F/m}$$

##### 5. Perhitungan impedansi surja hubung

Sesuai hasil pengamatan di lapangan, penghantar yang digunakan adalah penghantar saluran udara. Sehingga persamaan untuk impedansi surja hubung sebagai berikut:

$$Z_c = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

$$Z_c = \sqrt{\frac{1,307 \times 10^{-7}}{8,499 \times 10^{-11}}} = 39,215 \text{ ohm}$$

6. Perhitungan kecuraman muka gelombang

Kecuraman arus petir  $\left(\frac{di}{dt}\right)$  maka nilai dari kecuraman muka gelombang, yaitu:

$$\left(\frac{di}{dt}\right) = \frac{1}{2} \times Z \times Z \frac{di}{dt}$$

$$\left(\frac{di}{dt}\right) = \frac{1}{2} \times 39,215 \times 2,083 = 40,842 \text{ kV}/\mu\text{s}$$

#### 4.4. Perhitungan Jarak Proteksi Maksimal Arrester Dengan Trafo

Perhitungan jarak proteksi maksimal arrester dengan transformator dilakukan bertujuan untuk mengetahui pada jarak berapa *Lightning Arrester* mampu memproteksi peralatan yang dilindunginya dalam hal ini transformator, maka:

$$l = \frac{U_t - U_a}{2 \frac{du}{dt}} \times V$$

$$l = \frac{160 - 17,6}{2 \times 40,842} \times 300 \text{ m}/\mu\text{s} = 522,991 \text{ m}$$

1. Menentukan jarak penempatan arrester dengan trafo, dengan tegangan 20 kV, rambat gelombang pada kawat sebesar 300 m/s, dan kecuraman gelombang  $\frac{du}{dt}$  1000 kV/ $\mu$ s, maka dapat dihitung dengan:

Tegangan pengenalan arrester

$$U_a = \text{Tegangan Fasa ke fasa} \times 110 \% \times \text{Koefisien pentanahan}$$

$$U_a = 20 \times 110 \% \times 0,8 = 17,6 \text{ kV}$$

Tegangan pengenalan arrester

$$V_{max} = V_{nom} \times 1,1$$

$$V_{max} = 20 \times 1,1 = 22 \text{ kV}$$

Menentukan jarak penempatan arrester

$$l = \frac{U_t - U_a}{2 \frac{du}{dt}} \times V$$

$$l = \frac{22 - 17,6}{2 \times 1000} \times 300 \text{ m}/\mu\text{s} = 0,66 \text{ m}$$

Kemudian menentukan jarak perlindungan arrester dengan peralatan yang dilindungi berdasarkan asumsi penggunaan kapasitas trafo daya 50 kVA, 160 kVA, dan 250 kVA, maka diketahui kecuraman gelombang sebesar 1000 kV/ $\mu$ s, rambat gelombang pada kawat sebesar 300 m/s, maka didapatkan sebagai berikut:

- a. Trafo daya 50 kVA

$$l = \frac{U_t - U_a}{2 \frac{du}{dt}} \times V$$

$$l = \frac{50 - 17,6}{2 \times 1000} \times 300 \text{ m}/\mu\text{s} = 4,86 \text{ m}$$

- b. Trafo daya 160 kVA

$$l = \frac{U_t - U_a}{2 \frac{du}{dt}} \times V$$

$$l = \frac{160 - 17,6}{2 \times 1000} \times 300 \text{ m}/\mu\text{s} = 21,36 \text{ m}$$

- c. Trafo Daya 250 KVA

$$l = \frac{U_t - U_a}{2 \frac{du}{dt}} \times V$$

$$l = \frac{250 - 17,6}{2 \times 1000} \times 300 \text{ m}/\mu\text{s} = 34,86 \text{ m}$$

2. Menentukan jarak penempatan arrester dengan trafo, dengan tegangan 30 kV, rambat gelombang pada kawat sebesar 300 m/s, dan kecuraman gelombang  $\frac{du}{dt}$  1000 kV/ $\mu$ s, maka dapat dihitung dengan ;

Tegangan pengenalan arrester

$$U_a = \text{Tegangan Fasa ke fasa} \times 110 \% \times \text{Koefisien pentanahan}$$

$$U_a = 30 \times 110 \% \times 0,8 = 26,4 \text{ kV}$$

Tegangan pengenalan arrester

$$V_{max} = V_{nom} \times 1,1$$

$$V_{max} = 30 \times 1,1 = 33 \text{ kV}$$

Menentukan jarak penempatan arrester

$$l = \frac{U_t - U_a}{2 \frac{du}{dt}} \times V$$

$$l = \frac{33 - 26,4}{2 \times 1000} \times 300 \text{ m}/\mu\text{s} = 0,99 \text{ m}$$

Kemudian menentukan jarak perlindungan arrester dengan peralatan yang dilindungi berdasarkan asumsi penggunaan kapasitas trafo daya 50 kVA, 160 kVA, dan 250 kVA, maka diketahui kecuraman gelombang sebesar 1000 kV/ $\mu$ s, rambat gelombang pada kawat sebesar 300 m/s, maka didapatkan sebagai berikut:

- a. Trafo daya 50 kVA

$$l = \frac{U_t - U_a}{2 \frac{du}{dt}} \times V$$

$$l = \frac{50 - 26,4}{2 \times 1000} \times 300 \text{ m}/\mu\text{s} = 3,54 \text{ m}$$

- b. Trafo daya 160 kVA

$$l = \frac{U_t - U_a}{2 \frac{du}{dt}} \times V$$

$$l = \frac{160 - 26,4}{2 \times 1000} \times 300 \text{ m}/\mu\text{s} = 20,04 \text{ m}$$

- c. Trafo Daya 250 KVA

$$l = \frac{U_t - U_a}{2 \frac{du}{dt}} \times V = \frac{250 - 26,4}{2 \times 1000} \times 300 \text{ m}/\mu\text{s} = 33,54 \text{ m}$$

$$l = \frac{250 - 26,4}{2 \times 1000} \times 300 \text{ m}/\mu\text{s} = 33,54 \text{ m}$$

Tabel 5. Perhitungan Jarak Perlindungan Arrester

Tegangan Trafo(kV)	Tegangan Pengenal Arrester (kV)	TID Trafo (kV)	Jarak Pemasangan Arrester (m)	Kapasitas Trafo (kVA)		
				50 kVA	160 kVA	250 kVA
				Jarak Perlindungan Arrester (m)		
2	1,76	2,2	0,066	7,236 m	23,736 m	37,236 m
4	3,52	4,4	0,132	6,972 m	23,472 m	36,972 m
6	5,28	6,6	0,198	6,708 m	23,208 m	36,708 m
8	7,04	8,8	0,264	6,444 m	22,944 m	36,444 m
10	8,8	11	0,33	6,18 m	22,68 m	36,18 m
12	10,56	13,2	0,396	5,916 m	22,416 m	35,916 m
14	12,32	15,4	0,462	5,652 m	22,152 m	35,652 m
16	14,08	17,6	0,528	5,388 m	21,888 m	35,388 m
18	15,84	19,8	0,594	5,124 m	21,624 m	35,124 m
20	17,6	22	0,66	4,86 m	21,36 m	34,86 m
30	26,4	33	0,99	3,54 m	20,04 m	33,54 m

Dari tabel 5 menunjukkan bahwa nilai dari jarak pemasangan *arrester* dan jarak perlindungan *arrester* terhadap peralatan yang di lindunginya dengan menggunakan tegangan trafo 20 kV, tegangan pengenalnya sebesar 17,6 kV, TID trafo sebesar 22 kV maka didapatkan jarak pemasangan *arrester*

sebesar 0,66 meter, dengan kapasitas trafo daya sebesar 50 kVA, 160 kVA dan 250 kVA maka jarak perlindungan *arrester* terhadap peralatan yang dilindungi tersebut sebesar 4,86 m, 21,36 m, dan 34,86 m. Jadi, dari 3 buah kapasitas trafo daya yang diasumsikan maka didapatkan bahwa semakin kecil kapasitas trafo yang digunakan, semakin dekat jarak perlindungan *arrester* yang diperoleh.

Berdasarkan karakteristik, kerja *arrester* tidak boleh melebihi 2,745 m. Jarak maksimum *arrester* terhadap trafo distribusi yang baik terdapat pada trafo 50 kVA, sampai dengan 250 kVA, dengan tegangan kerja trafo 2 kV sampai dengan 16 kV. Sedangkan pada tegangan kerja 18 kV sampai dengan 30 kV jarak maksimum perlindungan *arrester* terhadap trafo distribusi yang tidak sesuai dengan karakteristik kerja *arrester* terdapat pada trafo dengan kapasitas 160 kVA sampai dengan 250 kVA. Penyebab tidak sesuainya kerja *arrester* dikarenakan oleh asumsi dari tegangan impuls yang terjadi pada jaringan distribusi 1000 kV/ $\mu$ s, seharusnya tegangan impuls yang sesuai dengan kapasitas trafo 160 kV sampai dengan 250 lebih besar dari 1000 kV/ $\mu$ s.

#### 4.5. Perhitungan Faktor Perlindungan Arrester

Perhitungan faktor perlindungan arrester dilakukan dengan variasi tegangan trafo dari 2 kV sampai dengan 30 kV. Sebagai contoh tingkat perlindungan (TP) pada tegangan 20 kV, tegangan percikan impuls yang ditetapkan sebesar 87 kV dengan kawat penghubung toleransi sebesar 110%. Sehingga dapat dihitung sebagai berikut:

$$TP \text{ (Tingkat Perlindungan)} = V_a \times 110 \%$$

$$TP \text{ (Tingkat Perlindungan)} = 87 \times 1,1 = 95,7 \text{ kV}$$

Setelah didapatkan nilai tingkat perlindungan (TP) dan tingkat isolasi dasar (TID) trafo sebesar 125 kV, maka faktor perlindungan (FP) dapat dihitung sebagai berikut:

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

$$FP = \frac{125-95,7}{95,7} \times 100 = 30,61 \%$$

Tabel 6. Faktor Perlindungan Arrester

Tegangan Tafo (kV)	Pengenal Arrester (kV)	STD (kV)	Tingkat Perlindungan (kV)	Faktor Perlindungan (%)
2	3	23	14,3	774,1
4	4,5	17,5	19,25	549,3
6	7,5	28	30,8	305,8
8	9	32,5	35,75	249,6
10	12	43	47,3	164,2
12	15	54	59,4	110,4
14	18	65	71,5	74,8
16	18	65	71,5	74,8
18	21	76	83,6	49,52
20	24	87	95,7	30,61
30	33	119	130,9	29,87

Dari Tabel 6 menunjukkan bahwa semakin tinggi tegangan kerja trafo maka semakin kecil faktor perlindungannya, namun tingkat perlindungannya semakin besar. Hal ini di pengaruhi oleh faktor tingkat isolasi dasar (TID) dan tegangan percik impuls maksimum (STD). Faktor perlindungan arrester terhadap peralatan yang dilindungi lebih besar 20% dari tingkat isolasi dasar (TID) peralatan, sehingga arrester ini sudah baik dalam memberikan perlindungan terhadap peralatan yang dilindunginya, maka dari itu faktor perlindungan tidak boleh kurang dari 20 %.

## 5. KESIMPULAN

Dari hasil analisa yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa jarak maksimum *lightning arrester* (LA) terhadap transformator sesuai dengan karakteristik kerja arrester dengan menggunakan tegangan trafo 20 kV maka jarak pemasangan *arrester* yang harus dilakukan sebesar 0,66 meter, dengan kapasitas trafo daya sebesar 50 kVA, 160 kVA dan 250 kVA maka jarak perlindungan *arrester* terhadap peralatan yang dilindungi tersebut sebesar 4,86 m, 21,36 m, dan 34,86 m. Sedangkan pada tegangan trafo 30 kV maka jarak pemasangan *arrester* yang harus dilakukan sebesar 0,99 meter, dengan kapasitas trafo daya sebesar 50 kVA, 160 kVA dan 250 kVA maka jarak perlindungan *arrester* terhadap peralatan yang

dilindungi tersebut sebesar 3,54 m, 20,04 m, dan 33,54 m, sehingga semakin kecil kapasitas trafo yang digunakan, semakin dekat jarak perlindungan *arrester* yang diperoleh. Pemasangan *lightning arrester (LA)* dengan jarak 0,34 m dan 3,75 m dari peralatan masih dapat bekerja untuk melindungi peralatan dari pengaruh surja petir. Faktor perlindungan *arrester* juga dipengaruhi oleh besar kecilnya tegangan trafo karena faktor perlindungan *arrester* yang baik terhadap trafo minimal adalah 20 % dari TID.

## REFERENSI

- [1] H. Fitriani, S B, Muliadi, Muhammad Raudhi Azmi, Syukri, “Analisis Sistem Penerangan Pada Puskesmas Berdasarkan Standart Nasional Indonesia (SNI),” *AJEETECH (Aceh Journal of Electrical Engineering and Technology)*, vol. 1, no. 1, pp. 12–17, 2021.
- [2] A. Srinaldi, Muliadi, syukri, M. R. Azmi, and Husaini, “Proteksi Jaringan Transmisi Saluran Udara dengan Menggunakan Relay Jarak,” *AJEETECH (Aceh Journal of Electrical Engineering and Technology)*, vol. 1, no. 1, pp. 6–11, 2021.
- [3] E. S. Nasution, F. I. Pasaribu, and M. H. Hidayat, “Studi Proteksi Sistem Tenaga Listrik Pada Trafo 1600 kVA Menggunakan Current Relay IWU 2-3,” *Jurnal MESIL (Mesin Elektro Sipil)*, vol. 2, no. 2, pp. 28–39, 2021, doi: 10.53695/jm.v2i2.562.
- [4] T. M. Asyadi, M Muliadi. (2023). “The Maximum Power Point Tracking (MPPT) On Changes In Radiation And Temperature Of Solar Modules Based On Fuzzy Logic Controller (FLC),” *The 6th Engineering Science and Technology International Conference (AIP Conference Proceedings) 2691*. pp. 060004-1–060004-9. <https://doi.org/10.1063/5.0115030>
- [5] Junaidi, Syukri, M. R. Azmi, Muliadi, and T. Multazam, “Analisis Tahanan Pentanahan pada Peralatan Gardu Induk PT. PLN (Persero) Banda Aceh,” *AJEETECH (Aceh Journal of Electrical Engineering and Technology)*, vol. 1, no. 1, pp. 18–22, 2021.
- [6] I. Kurnia Yulianto, I. W. Rinas, and I. M. Suartika, “Analisa Penempatan Lightning Arrester Sesudah Cut Out Untuk Mengurangi Gangguan Tegangan Lebih Pada Trafo KL 0074 Di PT. PLN (Persero) ULP Klungkung,” *Jurnal SPEKTRUM*, Vol. 8, No. 2, pp. 55, 2021, doi:10.24843/spektrum.2021.v08.i02.p7.
- [7] Husni, Farid., Syukri, Muliadi, Asyadi, Teuku Murisal., (2022). “Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Di Gedung Pasca Sarjana Universitas Iskandar Muda.” *AJEETECH (Aceh Journal of Electrical Engineering and Technology)*, Vol. 2, No. 1, pp. 19–24.
- [8] Syukri, Asyadi, Teuku Murisal, Muliadi, & Moesnadi, F., “Analisa Pembebanan Transformator Distribusi 20 kV Pada Penyulang LS5 Gardu LSA 249.” *JJEE (Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering)*, Vol.4, No. 2, pp. 202–206, 2022.
- [9] A. Wardoyo, M. T. Taman, and D. N. K. Hardani, “Analisis Perbandingan Pola Pemasangan Arrester pada Jaringan Distribusi 20 kV PT . PLN Area Cilacap,” *Sainteks*, Vol. 15, No. 2, pp. 145–15, 2018.
- [10] A. Relikson Saragih, Yusniati, Ramayulis Nasution, “Studi Peralatan Proteksi Sambaran Petir Lightning Arrester Pada Jaringan Distribusi 20 KV,” vol. 5, no. 1, pp. 32–37, 2020.
- [11] Muliadi, Syukri, Asyadi, Teuku Murisal, & Salim, A., (2022). Analisa Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Pada Trafo Distribusi Penyulang Mibo Rayon Merduati,” *AJEETECH (Aceh Journal of Electrical Engineering and Technology)*, Vol. 2, No. 2, 7–12.
- [12] I. K. A. Yodha Bhaskara, I. G. Dyana Arjana, and I. M. Suartika, “Analisa Kegagalan Lightning Arrester Pada Penyulang Sulahan Bangli,” *Jurnal SPEKTRUM*, vol. 6, no. 3, p. 94, 2019, doi: 10.24843/spektrum.2019.v06.i03.p13.
- [13] I. M. S. Made Asna, I Wayan Suriana, I Wayan Sugara Yasa, I Wayan Utama, “Analisis Konstruksi Posisi Lightning Arrester Di Gardu Distribusi Km 0003 Penyulang Subagan Wilayah Kerja PT PLN (Persero) ULP Karangasem,” *Jurnal Ilmu Telsinas Elektro, Sipil dan Teknik Informasi*, vol. 4, no. 1, pp. 46–55, 2022, doi: 10.38043/telsinas.v4i1.2143.
- [14] R. A. Adam, Analisis Kinerja Lightning Arrester (LA) Berdasarkan Arus Bocor Pada Gardu Induk 150 kV Solobaru PT. PLN (Persero) UPT Salatiga. 2022.
- [15] Subhan, Fauzi, Asyadi, Teuku Murisal, Muliadi, Syukri & Masrurha, Febriza. (2023). “Analisa Perbaikan Tegangan Ujung pada Jaringan Distribusi 20 kV di GH Tangse ULP Beureunuen,” *JIT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, Vol. 11, No. 1, 40-47.