

**STUDI ANALISIS KEMAMPUAN LIGHTNING ARRESTER SEBAGAI  
PROTEKSI TRANSFORMATOR DAYA  
PADA GARDU INDUK PADANG LUAR ULTG BUKITTINGGI**

**SKRIPSI**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk  
Menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S-1) Pada  
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Bung Hatta*

Oleh :

**YUSRIZA PUTRI ADILLA**  
**NPM : 1910017111012**



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS BUNG HATTA  
PADANG  
2023**

**UNIVERSITAS BUNG HATTA**

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI ANALISIS KEMAMPUAN LIGHTNING ARRESTER SEBAGAI  
PROTEKSI TRANSFORMATOR DAYA  
PADA GARDU INDUK PADANG LUAR ULTG BUKITTINGGI

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan  
Pendidikan Strata Satu (S-1) Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Bung Hatta*

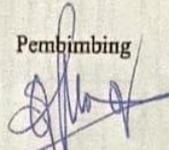
Oleh :

**YUSRIZA PUTRI ADILLA**

NPM : 1910017111012

Disetujui Oleh :

Pembimbing



**Ir. Yani Ridal, M.T**

NIK : 910 300 329

Diketahui Oleh

Fakultas Teknologi Industri

Dekan,



**Prof. Dr. Eng. Reni Desmiarti, S.T., M.T.**

NIK : 990 500 496

Jurusan Teknik Elektro

Ketua,



**Ir. Arzul, M.T.**

NIK : 941 100 396

## **Abstrak**

Gardu induk memiliki peralatan yang sangat penting yaitu transformator, sehingga transformator harus dipasang suatu alat proteksi untuk meminimalisir gangguan. Gangguan tersebut diantaranya ialah gangguan tegangan lebih akibat dari surja petir. Peralatan proteksi yang dipasang ialah lightning arrester yang berfungsi untuk mengalirkan gangguan tegangan lebih yang disebabkan oleh sambaran petir langsung ke tanah, sehingga tidak merusak transformator. Penelitian ini berfokus pada peralatan gardu induk yaitu lightning arrester jenis tabung dengan merk *Siemens* dan memiliki type 3EPG 138-2PF31-2XA1-Z yang terhubung dengan transformator daya 60 MVA merk *Unindo*. Perlindungan yang baik diperoleh bila lightning arrester ditempatkan sedekat mungkin pada terminal transformator daya. Dengan perhitungan secara matematis untuk jarak maksimum panjang kawat saluran antara lightning arrester dan transformator daya yaitu sejauh 103,48 meter, sedangkan pada kenyataan dilapangan jarak panjang kawat saluran antara lightning arrester dengan transformator daya pada garduk induk Padang Luar 150 kV sejauh 51 meter, dan untuk hasil perhitungan jarak maksimum panjang kawat saluran antara lightning arrester dengan pemutus daya diperoleh nilai sejauh 127,45 meter, sedangkan jarak panjang kawat saluran antara lightning arrester dengan pemutus daya yang terpasang pada gardu induk padang luar 150 kV adalah 65 meter.

**Kata Kunci** : Lightning Arrester, Transformator Daya, Surja Petir, Impedansi Surja, Arus Petir.

## **Abstract**

The substation has very important equipment, namely the transformer, so the transformer must be installed a protection device to minimize interference. These disturbances include overvoltage disturbances due to lightning surges. The protection equipment installed is a lightning arrester that functions to drain overvoltage disturbances caused by lightning strikes directly to the ground, so as not to damage the transformer. This research focuses on substation equipment, namely a tube type lightning arrester with the Siemens brand and has type 3EPG 138-2PF31-2XA1-Z which is connected to a 60 MVA Unindo brand power transformer. Good protection is obtained when the lightning arrester is placed as close as possible to the power transformer terminals. With mathematical calculations for the maximum distance of the line wire length between the lightning arrester and the power transformer is as far as 103.48 meters, while in reality in the field the distance of the line wire length between the lightning arrester and the power transformer at the Padang Luar 150 kV substation is as far as 51 meters, and for the results of the calculation of the maximum distance of the line wire length between the lightning arrester and the power breaker a value of 127.45 meters is obtained, while the distance of the line wire length between the lightning arrester and the power breaker installed at the Padang Luar 150 kV substation is 65 meters.

**Keywords** : Lightning Arrester, Power Transformer, Lightning Surge, Surge Impedance, Lightning Current.

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	
<b>LEMBAR PENGUJI</b>	
<b>LEMBAR PERNYATAAN</b>	
<b>PERSEMBAHAN</b>	
<b>KATA PENGANTAR</b>	
<b>ABSTRAK</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>viii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang Masalah	I-1
1.2. Rumusan Masalah	I-2
1.3. Batasan Masalah	I-2
1.4. Tujuan Penelitian	I-3
1.5. Manfaat Penelitian	I-3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Tinjauan Penelitian	II-4
2.2 Landasan Teori	II-6
2.2.1 Surja Petir	II-6
2.2.1.1 Parameter-Parameter Petir	II-8
2.2.2 Gardu Induk	II-10
2.2.2.1 Fungsi Gardu Induk	II-10
2.2.2.2 Klasifikasi Gardu Induk	II-10
2.2.2.3 Komponen Listrik Gardu Induk	II-13
2.2.3 Penghantar Transmisi Tegangan Tinggi	II-15

2.2.4	Elektroda Pentanahan	II-15
	2.2.4.1 Elektroda Batang	II-16
	2.2.4.2 Elektroda Bentuk Plat	II-16
	2.2.4.3 Elektroda Bentuk Pita	II-17
2.2.5	Gelombang Berjalan	II-18
	2.2.5.1 Sumber-Sumber Gelombang Berjalan	II-19
	2.2.5.2 Bentuk dan Spesifikasi Gelombang Berjalan	II-20
2.2.6	Pantulan pada Gelombang Berjalan	II-20
2.2.7	Pantulan Berulang dan Diagram Tangga	II-21
	2.2.7.1 Kegunaan Teori Pantulan Berulang	II-21
	2.2.7.2 Diagram Tangga	II-22
2.2.8	Lightning Arrester (Penangkal Petir)	II-23
	2.2.8.1 Prinsip Kerja Lightning Arrester	II-25
	2.2.8.2 Lightning Arrester Jenis Ekspulsi atau Tabung Pelindung	II-26
	2.2.8.3 Lightning Arrester Jenis Katup	II-27
	2.2.8.4 Lightning Arrester Katup Jenis Gardu	II-27
	2.2.8.5 Lightning Arrester Katup Jenis Saluran	II-29
	2.2.8.6 Lightning Arrester Katup Jenis Gardu Untuk Mesin - Mesin	II-29
	2.2.8.7 Lightning Arrester Katup Jaenis Distribusi Untuk Mesin- Mesin	II-29
2.2.9	Koordinasi Lokasi Lightning Arrester dengan Tingkat Isolasi Peralatan yang Dilindungi	II-29
	2.2.9.1 Penggunaan Teori Pantulan Berulang untuk Menentukan Jarak Maksimum Lightning Arrester dan Peralatan	II-31
	2.2.9.2 Jarak Maksimum antara Lightning Arrester dan Pemutus Daya dan Transformator Daya menurut Teori Clayton-Powell	II-34
2.2.10	Perhitungan Lightning Arrester yang Dipakai	II-40
2.2.11	Penentuan Pengenal/Rating Lightning Arrester	II-40
2.2.12	Faktor Perlindungan dari Lightning arrester terhadap Transformator Daya	II-42

2.2.13 Perhitungan Interpolasi Linear	II-43
2.3 Hipotesis	II-44

### **BAB III METODE PENELITIAN**

3.1 Alat dan Bahan Penelitian	III-41
3.1.1 Alat Penelitian	III-41
3.1.2 Bahan Penelitian	III-41
3.2 Lokasi Penelitian	III-41
3.3 Alur Penelitian	III-42
3.3.1 Diagram Alir Penelitian	III-43
3.3.2 Langkah-langkah Penelitian	III-44
3.4 Deskripsi Sistem dan Analisis	III-46

### **BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

4.1 Deskripsi Penelitian	IV-47
4.2 Data	IV-48
4.3 Perhitungan Impedansi surja	IV-52
4.4 Perhitungan Arus Puncak Petir	IV-53
4.5 Perhitungan Tegangan Puncak Petir	IV-53
4.6 Perhitungan Faktor Perlindungan dari Lightning Arrester terhadap Transformator Daya	IV-54
4.7 Perhitungan jarak Maksimum antara Lightning arrester dan Transformator Daya dan antara Lightning Arrester dengan Pemutus Daya Menurut Clayton-Powell	IV-54
4.7.1 Menentukan Karakteristik Lightning Arrester	IV-55
4.7.2 Menentukan Harga-harga $E_d$ , $E_s$ , $E_r$	IV-57
4.7.3 Menentukan Jarak Maksimum antara Lightning Arrester dengan Transformator Daya	IV-57
4.7.4 Menentukan Jarak Maksimum antara Lightning Arrester dengan Pemutus Daya	IV-58
4.8 Analisa	IV-58

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan

V-60

5.2 Saran

V-61

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Penyaluran energi listrik dari sistem pembangkit tenaga listrik dapat mengalami berbagai gangguan yang dapat mengakibatkan terhentinya penyaluran energi listrik terhadap konsumen. Selain itu gangguan tersebut dapat mengakibatkan rusaknya peralatan dan juga dapat membahayakan manusia yang ada di sekitarnya. Untuk menghindari gangguan tersebut diperlukan suatu pengaman dan perlindungan bagi peralatan listrik maupun pekerja. Pemasangan peralatan yang dapat menghantar arus lebih ke tanah secara langsung.

Gardu Induk sebagai salah satu tempat terpenting karena sebagai penyalur energi listrik ke konsumen perlu dilindungi atau di proteksi dari gangguan yang disebabkan oleh petir. Dan beberapa jenis gangguan pada saluran tenaga listrik yang memang tidak semuanya bisa dihindarkan. Untuk itu perlu dicari upaya pencegahan agar bisa memperkecil kerusakan pada peralatan listrik, terutama pada manusia akibat adanya gangguan (A. Muh. Arief, dkk, 2018).

Menurut Muh. Tasbir (2020) dalam proses penyaluran energi listrik dari gardu induk ke konsumen sering kali terjadi gangguan, gangguan listrik pada gardu induk disebabkan oleh dua faktor yaitu faktor internal dan eksternal. Faktor internal seperti kurang baiknya peralatan itu sendiri sedangkan faktor eksternal seperti human error dan juga bisa gangguan alam seperti petir, gempa, banjir, angin dan lain -lain. Maka dari itu sistem proteksi gardu induk mempunyai peranan sangat penting sebagai pengaman pada peralatan listrik yang terdapat pada gardu induk. Salah satu sistem proteksi pada gardu induk adalah lightning arrester.

Lightning Arrester merupakan peralatan yang paling penting untuk melindungi gardu induk dari tegangan tinggi, lightning arrester memiliki peran penting dalam gardu induk untuk membatasi switching dan lonjakan petir lalu lonjakan petir dialirkan ke tanah. Dalam sistem tenaga listrik lightning arrester

merupakan kunci isolasi saat surja (*surge*) tiba di gardu induk kemudian lightning arrester akan melepaskan muatan listrik dan tegangan abnormal yang akan mengenai gardu induk dan peralatannya akan berkurang (Sintianingrum, dkk: 2016).

Lightning arrester di tempatkan sedekat mungkin dengan transformator daya. Jarak lightning arrester dengan transformator daya yang dilindungi berpengaruh terhadap besarnya tegangan yang tiba pada transformator daya. Jika jarak lightning arrester terlalu jauh, maka tegangan yang tiba pada transformator daya dapat melebihi tegangan yang dapat dipikulnya. Untuk menentukan jarak maksimum yang diizinkan antara lightning arrester dan transformator daya dikenal beberapa metode (Nurul, 2009). Salah satu metodenya adalah metode Clayton-Powell. Metode ini adalah metode pendekatan yang dapat digunakan untuk menentukan jarak maksimum lightning arrester dan transformator daya. Gardu Induk Padang Luar 150 KV, dimana disitu terdapat peralatan transformator daya dan lightning arrester yang penempatannya mempunyai jarak tertentu.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis mengambil judul **“Studi Analisis Kemampuan Lightning Arrester sebagai Proteksi Transformator Daya pada Gardu Induk Padang Luar ULTG Bukittinggi”**

## **1.2 Rumusan Masalah**

Pada penelitian ini permasalahan yang dirumuskan yaitu :

1. Bagaimana cara menghitung jarak maksimum lightning arrester dengan transformator daya pada gardu induk Padang Luar 150 kV?
2. Bagaimana cara menganalisis kemampuan lightning arrester dalam melindungi peralatan terhadap arus lebih akibat surja petir pada gardu induk Padang Luar 150 kV?

## **1.3 Batasan Masalah**

Dari identifikasi permasalahan yang ada dan untuk memperoleh gambaran yang jelas, maka penelitian ini akan membatasi masalah pada :

1. Menghitung jarak maksimum lightning arrester dengan transformator daya menggunakan metode Clayton-Powell.
2. Menganalisis kemampuan lightning arrester berdasarkan penempatan jarak lightning arrester dengan transformator daya sebagai alat proteksi terhadap gangguan surja petir pada gardu induk Padang Luar 150 kV.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini ialah sebagai berikut ;

1. Untuk mengetahui jarak maksimum lightning arrester dengan transformator daya saat terjadi surja petir pada gardu induk Padang Luar 150 kV.
2. Untuk mengetahui kemampuan lightning arrester dalam melindungi peralatan terhadap arus lebih akibat surja petir pada gardu induk Padang Luar.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Dapat digunakan sebagai referensi perhitungan secara matematis dalam menentukan jarak lightning arrester dengan peralatan yang dilindungi dalam hal ini adalah transformator daya
2. Memberikan kemudahan dalam mempelajari kemampuan lightning arrester sebagai alat proteksi
3. Meningkatkan pengetahuan yang berkaitan dengan analisis kinerja lightning arrester.