

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS KINERJA ARRESTER UNTUK MELINDUNGI PERALATAN  
PADA JARINGAN DISTRIBUSI AKIBAT SAMBARAN PETIR DI  
PLN ULP MEDANKOTA**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun Oleh:**

**SAHABUDIN IQBAL**

**2007220069**



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

**2024**

## LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh :

Nama : Sahabudin Iqbal

NPM : 2007220069

Program Studi : Teknik Elektro

Judul Skripsi : Analisis Kinerja Arrester Untuk Melindungi Peralatan Pada Jaringan Distribusi Akibat Sambaran Petir di PLN ULP Medan Kota

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan 18 Oktober 2024

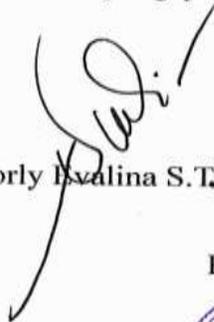
Mengetahui dan menyetujui :

Dosen Pembimbing



Dr. Rohana S.T.,M.T.

Dosen penguji I



Noorly Ivalina S.T.,M.T.

Dosen penguji II



Faisal Irsan Sasaribu S.T.,M.T.

Program Studi Teknik Elektro



Faisal Irsan Sasaribu S.T.,M.T.

## **SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Sahabudin Iqbal

Tempat/Tanggal Lahir : Cupak, 27 Juni 2001

NPM : 2007220069

Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya bahwa laporan tugas akhir saya yang berjudul :

“ Analisis Kinerja Arrester Untuk Melindungi Peralatan Pada Jaringan Distribusi Akibat Sambaran Petir di PLN ULP Medan Kota “

Bukan merupakan hasil plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan nonmaterial, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tugas akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari di duga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh tim fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 18 Oktober 2024



  
Sahabudin Iqbal

## **ABSTRAK**

Sambaran petir menyebabkan bahaya yang signifikan pada jaringan tenaga listrik di mana petir dapat menyebabkan kesalahan dan kerusakan besar. Alat perlindungan terhadap tegangan petir berfungsi melindungi peralatan sistem tenaga listrik dengan cara membatasi surja tegangan lebih yang datang dan mengalirkannya ke tanah. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis kinerja arrester ketika terjadi sambaran petir dan Menganalisis bagaimana pengaruh penempatan arrester terhadap efektivitas kinerja peralatan listrik. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah kualitatif dan kuantitatif. Penelitian ini dilakukan di PLN ULP Medan Kota Jl. Listrik No.8, Petisah Tengah, Kecamatan Medan Petisah, Medan, Sumatera Utara. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer berupa data histori lonjakan tegangan, data histori lonjakan arus, data histori gangguan. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa data histori lonjakan tegangan adalah 19-25 Kv. Data histori lonjakan arus sebesar 5-10 KA. Dan data histori gangguan akibat sambaran petir. Berdasarkan penelitian yang dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa arrester dapat bekerja dengan baik dalam melindungi peralatan distribusi 20 Kv di PLN ULP Medan Kota berdasarkan beberapa parameter seperti tegangan kerja, tegangan clamping, tegangan breakdown dalam batas aman yang ditentukan.

Kata Kunci :Arraster, Tegangan Kerja, dan Tegangan Clamping

## **ABSTRACT**

Lightning strikes cause significant harm to electric power grids where lightning can cause faults and major damage. Lightning protection devices function to protect electrical power system equipment by limiting incoming overvoltage surges and channeling them to the ground. The aim of this research is to analyze the performance of arresters when a lightning strike occurs and to analyze how arrester placement influences the effectiveness of electrical equipment performance. The methods used in this research are qualitative and quantitative. This research was conducted at PLN ULP Medan Kota Jl. Listrik No.8, Petisah Tengah, Kecamatan Medan Petisah, Medan, Sumatera Utara. The data used in this research is primary data in the form of historical voltage surge data, historical surge current data, historical disturbance data. Based on the research that has been carried out, it can be seen that the historical data for voltage spikes is 19-25 Kv. Historical data on current surges of 5-10 trains. And historical data on disturbances due to lightning strikes. Based on the research carried out, it can be concluded that arresters can work well in protecting 20 Kv distribution equipment at PLN ULP Medan Kota based on several parameters such as working voltage, clamping voltage, breakdown voltage within specified safe limits.

Keywords: Arraster, Working Voltage, and Clamping Voltage

## **KATA PENGANTAR**

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wa Barakatuh

Alhamdulillah, puji dan syukur kita panjatkan kepada Allah SWT, zat yang hanya kepada-Nya memohon pertolongan. Alhamdulillah atas segala pertolongan, rahmat, dan kasih sayang-Nya. Salawat beriring salam kepada Nabi besar Muhammad SAW yang telah membawa kita dari alam kebodohan menuju alam yang penuh dengan ilmu pengetahuan. Aamiin ya Rabbal'Alamin.

Adapun tujuan utama penulisan tugas akhir ini untuk memenuhi syarat dalam meraih gelar kesarjanaan pada Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dengan judul **“ANALISIS KINERJA ARRESTER UNTUK MELINDUNGI PERALATAN PADA JARINGAN DISTRIBUSI AKIBAT SAMBARAN PETIR DI PLN ULP MEDAN KOTA”**

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak mungkin terselesaikan tanpa adanya dukungan, bantuan, bimbingan, dan nasehat dari berbagai pihak selama penyusunan skripsi ini. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih setulus-tulusnya kepada pihak-pihak berikut:

1. Bapak Prof. Dr. Agussani, M.A.P, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Dr. Ade Faisal, M.sc, P.hd, selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Affandi, S.T., M.T., selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Faisal Irsan Pasaribu S.T, M.T dan Ibu Elvy Sahnur, S.T., M.Pd, selaku Ketua Prodi dan Sekretaris Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Ibu Rohana S.T, M.T. Selaku Dosen Pembimbing saya dalam proses penyelesaian Tugas Akhir.

7. Segenap Bapak & Ibu dosen di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Bapak/Ibu Staff Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Teman-teman seperjuangan Teknik Elektro Stambuk 2020.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan saran yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa yang akan datang. Akhirnya penulis mengharapkan skripsi ini dapat bermanfaat bagi rekan-rekan mahasiswa dan para pembaca sekalian. Semoga ALLAH SWT. selalu melimpahkan Taufik dan Hidayah kepada kita semua.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Medan, 1 Maret 2024

Sahabudin Iqbal

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR .....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian .....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Metode Penelitian .....	3
1.7 Sistematika penulisan .....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan.....	6
2.2 Landasan Teori .....	9
2.2.1 Proses Terjadinya Petir.....	9
2.2.2 Tahapan Sambaran Petir.....	11
2.2.3 Gelombang Berjalan Pada Saluran Udara .....	13
2.2.4 Gangguan Sambaran Petir Distribusi Tegangan Menengah.....	14
2.3 Peralatan Pada Jaringan Distribusi .....	15
2.4 Proteksi Pada Jaringan Distribusi .....	22
2.5 Lighting Arrester Pada Saluran Distribusi.....	23
2.5.1 Prinsip Kerja Arrester.....	24

2.5.2	Bagian – Bagian Arrester .....	25
2.5.3	Jenis-Jenis Arrester.....	26
2.5.4	Syarat – Syarat Arrester .....	29
2.5.4	Pemilihan Arrester.....	30
2.5.5	Karakteristik Arrester .....	31
2.5.6	Data Pengenal Arrester.....	31
2.6	Analisis Kinerja Arrester .....	35
2.6.1	Tingkat Isolasi Dasar.....	36
2.6.2	Perkiraan Besar Tegangan Pengenal Arrester .....	37
2.6.3	Arus Pelepasan Impuls dari Arrester.....	37
2.6.4	Tegangan Pelepasan Arrester .....	38
2.6.5	Faktor Perlindungan Dari Arrester .....	38
2.6.6	Jarak Lindung Arrester .....	39
<b>BAB 3</b>	<b>METODE PENELITIAN.....</b>	<b>46</b>
3.1	Jenis Penelitian .....	46
3.2	Studi Literatur .....	46
3.3	Pelaksanaan Penelitian.....	46
3.4	Objek Penelitian.....	46
3.5	Data Penelitian Kinerja Arrester.....	47
3.6	Metode Analisis Data .....	47
3.6.1	Tegangan kerja (Operating Voltage).....	47
3.6.2	Tegangan Clamping (Clamping Voltage) .....	47
3.6.3	Tegangan Breakdown (Breakdown Voltage).....	48
3.6.4	Energi dissipasi .....	48

3.6.5 Arus Penetrasi .....	49
3.6.6 kapasitansi arrester .....	49
3.6.6 Jarak Lindung Arrester .....	49
3.4 Diagram Alir Penelitian .....	51
<b>BAB 4 HASIL PENELITIAN .....</b>	<b>52</b>
4.1 Data Penelitian kinerja arrester .....	52
4.1.1 Data history lonjakan tegangan .....	52
4.2.2 Data history lonjakan arus .....	53
4.2.3 Data history gangguan .....	53
4.2 Analisis Lightning arrester .....	55
4.2.1 Tegangan kerja .....	55
4.2.2 Tegangan clamping .....	55
4.2.3 Tegangan Breakdown .....	59
4.2.4 Energi dissipasi .....	63
4.2.5 Arus penetrasi .....	68
4.2.6 Kapasitansi arrester .....	72
4.3 Jarak lindung arrester .....	76
<b>BAB 5 Penutup .....</b>	<b>78</b>
5.1 Kesimpulan .....	78
5.2 Saran .....	78
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Sambaran petir didefinisikan sebagai transfer muatan listrik dari satu awan terdiri dari daerah bermuatan positif dan negatif. Intensitas tinggi dari medan listrik yang dihasilkan dapat menyebabkan gangguan udara dan terjadi fenomena petir. Salah satu masalah utama yang dihadapi jaringan listrik adalah tegangan lebih yang disebabkan oleh petir. Terdapat dua kategori utama sambaran petir yaitu langsung dan tidak langsung. Tegangan lebih yang dihasilkan dari sambaran tidak langsung lebih rendah daripada sambaran langsung, yang lebih besar parah dan menyebabkan kerusakan yang lebih serius untuk isolator. Ketika salah satu komponen seperti konduktor fasa atau kawat pelindung tersambar petir, menghasilkan tegangan induksi yang besar sehingga menyebabkan flashover isolator dan trip-out yang dapat mempengaruhi penyaluran energi listrik pada jaringan distribusi

Sambaran petir menyebabkan bahaya yang signifikan pada jaringan tenaga listrik di mana petir dapat menyebabkan kesalahan dan kerusakan besar. Sambaran petir dapat mengakibatkan gangguan pada layanan sistem distribusi. Banyak kasus atau permasalahan yang sudah terkonfirmasi bahwa tegangan lebih petir adalah salah satu penyebab utama gangguan pada jaringan distribusi. Sangat diperlukan untuk melindungi jaringan listrik terhadap sambaran petir untuk mengurangi kerusakan peralatan listrik pada jaringan distribusi. Sebagai pencegahan terhadap gangguan yang disebabkan oleh petir, maka beberapa sistem proteksi petir seperti arrester, kabel pelindung, yang diterapkan pada peralatan.

Alat perlindungan terhadap tegangan petir berfungsi melindungi peralatan sistem tenaga listrik dengan cara membatasi surja tegangan lebih yang datang dan mengalirkannya ke tanah. Pentingnya jaringan distribusi dalam infrastruktur modern tak dapat disangkal, sementara bahaya sambaran petir terhadap jaringan distribusi

menjadi ancaman serius. Proteksi jaringan distribusi sangat vital untuk menjaga kelancaran operasi dan keamanan sistem secara keseluruhan.

Tujuan proteksi terhadap gangguan petir di jaringan distribusi adalah salah satu bentuk pengamanan terhadap jaringan yang ada dari tegangan lebih petir, untuk mencegah tegangan lebih yang diakibatkan oleh sambaran petir terhadap manusia.

Jaringan distribusi yang baik adalah jaringan yang memiliki perlengkapan dan peralatan yang cukup lengkap, baik itu peralatan guna konstruksi maupun peralatan proteksi. Untuk jaringan distribusi sistem saluran udara, peralatan- peralatan proteksi dipasangkan diatas tiang-tiang listrik berdekatan dekat letak pemasangan trafo, perlengkapan utama pada sistem distribusi tersebut antara lain tiang, penghantar, kapasitor, recloser, fuse, PMT, transformator, dan isolator.

Sistem proteksi yang umum diterapkan untuk mengatasi gangguan sambaran petir, dapat mengalami kegagalan karena tegangan lebih petir yang tinggi. Kilatan petir langsung, dengan intensitasnya yang tinggi, mampu menciptakan tegangan yang melampaui kapasitas ketahanan arrester, sehingga dapat menimbulkan kerusakan pada sistem proteksi tersebut.

PLN ULP Medan Kota merupakan salah satu instansi penyedia jaringan distribusi bagi masyarakat, namun ada permasalahan yang peneliti dapatkan bahwa sambaran petir dapat mengakibatkan kerusakan pada peralatan jaringan distribusi salah satunya transformator.

Selain itu, di PLN ULP Medan Kota juga terdapat arrester yang berfungsi sebagai pelindung peralatan jaringan distribusi listrik dari sambaran petir langsung dan hal ini yang menjadi daya tarik bagi peneliti untuk melakukan penelitian terkait dengan keandalan kinerja arrester ketika terjadi sambaran petir. Atas dasar permasalahan yang sudah diungkapkan sebelumnya maka penulis tertarik untuk mengangkat penelitian dengan judul “Analisis Kinerja Arrester Untuk Melindungi Peralatan Pada Jaringan Distribusi Akibat Sambaran Petir Di PLN ULP Medan Kota.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas, Rumusan masalah tugas akhir ini adalah Bagaimana cara kerja Arrester untuk melindungi perlatan pada jaringan distribusi akibat sambaran petir di PLN ULP Medan Kota.

## **1.3 Ruang Lingkup Penelitian**

Dalam laporan penelitian tugas akhir ini, penulis perlu untuk membatasi ruang lingkup penelitian yang akan dibahas, dikarenakan keterbatasan waktu, tempat, kemampuan, dan pengalaman. Adapun ruang lingkup penelitian yang dilakukan dalam tugas akhir ini adalah hanya analisis kinerja arrester ketika terjadi sambaran petir serta jarak maksimum arresterr dengan peralatan pada jaringan distribusi PLN ULP Medan Kota.

## **1.4 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah diatas maka tujuan penelitain ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis kinerja arrester ketika terjadi sambaran petir
2. Menganalisis bagaimana pengaruh penempatan arrester terhadap efektivitas kinerja peralatan listrik.

## **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan wawasan yang mendalam tentang seberapa baik arrester melindungi peralatan dari kerusakan akibat sambaran petir. Ini dapat membantu dalam meningkatkan keselamatan infrastruktur listrik dan memperpanjang umur operasional peralatan.
2. Penelitian ini juga bertujuan untuk memberikan masukan kepada PLN ULP Medan Kota bagaimana cara meningkatkan perlindungan terhadap sambaran petir melalui perbaikan atau peningkatan arrester. Dengan menganalisis kinerja arrester, mengidentifikasi kelemahan, serta mengevaluasi teknologi terbaru, penelitian ini bertujuan menyusun strategi perbaikan untuk meningkatkan kemampuan arrester dalam melindungi sistem distribusi listrik dari bahaya sambaran petir.

3. Menggali lebih dalam tentang respons arrester terhadap berbagai tingkat sambaran petir. Ini memberikan pemahaman yang lebih baik tentang bagaimana sistem proteksi bekerja di lingkungan operasional yang mungkin dihadapi PLN ULP Medan Kota.

### **1.6 Metode Penelitian**

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penulisan tugas akhir adalah sebagai berikut:

#### 1. Metode Literatur

Metode penelitian ini dilakukan dengan cara Studi Pustaka, Melihat Referensi, dari buku maupun internet keperluan teori-teori.

#### 2. Metode Observasi

Metode ini dilakukan dengan melihat langsung permasalahannya dilapangan dan melakukan konsultasi atau berdiskusi kepada operator, staff dilapangan untuk mengetahui gambaran dan informasi secara lebih jelas terhadap sebagai masalah dalam studi kasus.

#### 3. Metode wawancara

Dalam metode ini penulis memperoleh data melalui wawancara/diskusi dan tanya jawab dengan Pembimbing Lapangan (Mentor) atau Teknisi yang mengetahui banyak tentang masalah yang dibicarakan.

### **1.7 Sistematika Penulisan**

Untuk mempermudah pembahasan dan pemahaman maka sistematik apenulisan tugas akhir ini di uraikan secara singkat sebagai berikut :

#### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Pada bab ini menjelaskan tentang Latar Belakang, Rumusan Masalah, Tujuan Penelitian, Ruang Lingkup Penelitian, Manfaat Penelitian, Metode Penelitian, dan Sistematika Penulisan.

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Menjelaskan secara singkat teori yang digunakan sebagai ilmu penunjang bagi peneliti, berkenaan dengan masalah yang akan diteliti, serta proses penyelidikan dan kajian literatur yang fokus pada pemahaman sebelumnya tentang penggunaan arrester dan sistem pentanahan dalam melindungi peralatan listrik dari dampak sambaran petir. Dalam konteks ini, tinjauan pustaka akan mencakup informasi mengenai teknologi arrester, serta penggunaan perangkat lunak dalam analisis dan perancangan sistem perlindungan pada jaringan distribusi listrik PLN ULP Medan Kota.

## BAB 3 METODE PENELITIAN

Lokasi yang dilaksanakan Penelitian, Jadwal Penelitian, dan jalannya penelitian.

## BAB 4 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Analisa tentang perhitungan kinerja arrester yakni menentukan tingkat isolasi dasar,menentukan besarnya tegangan pengenal arrester,pemilihan arus pelepasan impuls arrester,tegangan pelepasan (tegangan kerja) arrester,faktor perlindungan arrester dan jarak lindung arrester.

## BAB 5 PENUTUP

Hasil penelitian telah dilakukan dibuat kesimpulannya serta pada bagian ini juga peneliti membuat saran-saran yang berhubungan dengan penelitian.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka Relevan**

Pada penelitian pertama yang dilakukan oleh (Satya prawira,Dicky. Wrahatnolo,Tri). Pada jaringan distribusi tenaga listrik sering mengalami gangguan yang dapat menyebabkan kerugian, salah satu penyebab gangguan yang terjadi pada jaringan distribusi tenaga listrik adalah sambaran petir yang mengakibatkan tegangan lebih dan dapat merusak peralatan jaringan distribusi, seperti yang terjadi pada Penyulang Glagah PT. PLN (Persero) Distribusi Lamongan. Komponen yang digunakan pada saluran udara sebagai proteksi transformator dari tegangan lebih akibat sambaran petir adalah lightning arrester. Pada penelitian ini, metode yang digunakan adalah metode kuantitatif dengan mengumpulkan data pengukuran peralatan serta data gangguan.[1]

Pada Penelitian kedua yang dilakukan oleh (Rezky.Rahmad,Teuku mahmuda) 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 Yang menjadi tujuan utama dari penelitian ini adalah, untuk mendapatkan jarak pemasangan arrester dengan peralatan yang terdapat pada gardu distribusi penyulang Johan Pahlawan ULP Meulaboh Kota. Metode yang digunakan yaitu dengan melakukan observasi langsung kelapangan dan pengumpulan data, serta melakukan perhitungan dengan formula sistematis. Faktor perlindungan arrester sampai dipengaruhi oleh besar kesilnya tegangan kerja trafo dimana faktor perlindungan arrester terhadap trafo yang baik minimal 20% dari TID.[2]

Pada penelitian ketiga yang dilakukan oleh (Relikson,Saragih. Nasution, Yusniati) Penggunaan peralatan proteksi pada jaringan distribusi 20 KV bertujuan untuk memperkecil daerah pemutusan akibat gangguan, sehingga kontinuitas

pelayanan dalam penyaluran energi listrik tidak terganggu. Sambaran Petir adalah salah satu gangguan yang sering terjadi pada saluran udara tegangan menengah 20 KV yang mengakibatkan terjadinya kerusakan peralatan tegangan 20 KV, sehingga harus diamankan dengan peralatan Lightning Arester. Ada tiga macam alat pengaman petir yaitu sela batang, arester jenis ekspulsi dan arester jenis katup. Saluran udara sangat dipengaruhi oleh jumlah sambaran petir pada saluran dan jumlah sambaran petir sangat tergantung pada kegiatan (intensitas) petir di daerah tempat saluran udara tersebut. Jika terjadi sambaran langsung semua energi petir dilepaskan ke saluran udara, sedang jika sambarannya tidak langsung hanya sebagian dari energi petir yang dilepaskan ke saluran udara tersebut. Dengan demikian tegangan lebih yang paling besar dan paling berbahaya adalah akibat dari sambaran langsung. Untuk menghindari kerusakan pada peralatan sistem tenaga listrik yang diakibatkan tegangan lebih surja petir dibutuhkan suatu sistem perlindungan yang cukup baik yaitu sistem proteksi Lightning Arester. Sebagai alat pelindung yang baik harus mempunyai perbandingan perlindungan yang tinggi, yaitu perbandingan antara tegangan surja maksimum diperbolehkan pada waktu pelepasan dan tegangan sistem 50 hertz yang dapat ditahan sesudah pelepasan terjadi.[3]

Pada penelitian ke empat yang dilakukan oleh (Bramantyo, Fauzi, Rohana, Hardi, Surya) Sambaran petir merupakan gangguan yang sering terjadi pada saluran transmisi yang mana mengakibatkan tegangan lebih. Pada gardu banyak terdapat peralatan-peralatan sensitif terhadap tegangan lebih transient diantaranya transformator. Untuk mencegah kerusakan akibat tegangan lebih dipasang Arester yang berfungsi untuk memotong gelombang yang masuk ke transformator. Arester dimodelkan sebagai model IEEE. Arus surja petir Standard IEC bervariasi dari 20 kA hingga 100 kA dengan kelipatan 20 kA diinjeksikan ke kawat tanah. Magnitude tegangan puncak pada masing-masing fasa berturut-turut yaitu Fasa A, Fasa B dan Fasa C adalah 3.649 kV, 2.837 kV, dan 3.473 kV. Tegangan minimum saat arus surja petir 20 kA diinjeksikan sesudah terpasang Arester setelah menara. Besarnya tegangan puncak pada Fasa A, Fasa B dan Fasa C berturut-turut yaitu 191 kV, 175 kV dan 175 kV. Dengan demikian pemasangan Arester dapat menurunkan tegangan

lebih pada setiap fasanya. Lokasi pemasangan Arester yang paling efektif adalah setelah menara pada terminal transformator.[4]

Pada penelitian kelima yang dilakukan oleh (Asna, I made. Suriana, I Made) Salah satu komponen sistem distribusi adalah gardu distribusi. Gardu distribusi menghubungkan jaringan ke konsumen. Komponen terpenting dari gardu distribusi adalah transformator. Trafo seringkali mengalami gangguan yang disebabkan oleh sambaran petir karena sering ditempatkan di area yang terbuka, yang membuatnya terpapar langsung oleh udara dan rentan terhadap efek dari sambaran petir. Keberadaannya yang terpapar di luar ruangan membuatnya menjadi sasaran utama serangan petir, yang dapat menyebabkan kerusakan pada sistemnya. Trafo sering mengalami gangguan akibat sambaran petir karena posisinya berada di tempat terbuka udara. Selama kurun waktu 2017 -2019 pada penyulang Subagan mengalami gangguan akibat adanya hembusan petir selama 10 kali. Pada penelitian ini bertujuan untuk membahas bagaimana cara kerja Lightning arrester dalam memproteksi peralatan dengan konstruksi model lama dan setelah dilakukan perubahan posisi, perlindungan jarak penangkal petir yang ideal pada trafo, kinerja Lightning arrester setelah terjadi perubahan posisi pada konstruksi baru, dan dampak perbedaan pembangunan instalasi penangkal petir di ULP Karangasem. Dari analisisnya, melalui kondisi iklim di wilayah Karangasem, jarak petir maksimum arester proteksi dan trafo adalah 6,2245 meter. Jarak kilat dari konstruksi lama yang ada arrester dan trafo 1,5 meter. Jarak itulah yang menjadikan arus puncak petir yang mampu diterima dari penangkal petir sebesar 178,3032 kA, sehingga dapat disimpulkan bahwa jarak petir arester dan trafo dengan konstruksi panjang dapat bekerja dengan maksimal. Konstruksi baru, menurut Untuk SPLN D5.006 2013, jarak penangkal petir dan trafo di KM 0003 adalah 0,6 meter. Itu jarak yang membuat arus puncak petir yang mampu diterima dari penangkal petir menjadi lebih tinggi, yaitu 655.008 kA, dan meningkatkan kinerja Lightning arrester sebesar 267.36 % karena adanya perubahan posisi.[5]

Pada penelitian ke-enam yang dilakukan oleh (Wardoyo, Agus. Taufiq Tamam, M) .Pemasangan Arrester pada tiang beton jaringan distribusi listrik

merupakan hal penting dalam meredam gangguan sambaran petir. Terdapat dua pola pemasangan Arrester yang digunakan untuk proses peredaman ini. Pola pemasangan dengan tiga Arrester pada satu tiang beton dan pola pemasangan satu Arrester pada satu tiang beton. Perbandingan menggunakan beberapa parameter pembandingan sehingga dapat diketahui tingkat efektif dari masing-masing pola dalam meredam gangguan. Parameter yang digunakan mulai dari fakta lapangan hingga dari segi ekonomi pemasangannya. Simulasi menggunakan aplikasi ATPDraw untuk melihat bentuk gelombang dan pengurangan gangguan dari arus saat melewati Arrester. Simulasi dan perbandingan dari parameter yang digunakan menunjukkan keandalan meredam gangguan dari masing-masing pola pemasangan Arrester yang dibandingkan. Indikator keandalan yang digunakan adalah banyaknya trip jaringan dan kinerja Arrester yang dilakukan secara simulasi. Pemasangan satu Arrester pada satu tiang beton lebih efektif dalam meredam gangguan sambaran petir dengan indikasi 9 kali pemadaman untuk pemasangan tiga Arrester pada satu tiang beton dan 1 kali pemadaman untuk pemasangan satu Arrester pada satu tiang beton.[6]

Pada penelitian ke-tujuh yang dilakukan oleh (Aditya Adam, Riegel) PT.PLN (Persero) UPT Salatiga mempunyai asset salah satu Gardu Induk yang sudah beroperasi sangat lama yaitu GI Solobaru. GI Solobaru memiliki penghantar yang terdiri dari bay Solobaru-Wonosari 1 dan 2, bay Solobaru-Palur 1 dan 2, bay trafo 1, trafo 2, trafo 3, trafo 4 dan bay copel. Lightning arrester berfungsi mengalirkan tegangan lebih agar tidak mengganggu dan merusak peralatan. Penelitian ini dilakukan karena belum ada penelitian pada lightning arrester yang berusia lebih dari 10 tahun di Gardu Induk Solobaru. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif. Variable yang dibutuhkan adalah data arus bocor pada Gardu Induk Solobaru tahun 2020-2021. Prosedur penelitian adalah studi literatur, pengumpulan data arus bocor, analisis kinerja arrester, menalisis hasil pengujian, tindak lanjut. kinerja lightning arrester didasarkan pada arus bocor yang terukur menggunakan Leakage Current Monitor dengan membandingkan dengan standart yang ditentukan oleh PLN. Sedangkan batas usia lightning arrester dihitung dengan menggunakan persamaan. Berdasarkan analisis yang dilakukan 100 % kinerja

arrester pada gardu induk solobaru dalam kondisi baik dan layak beroperasi karena masih dibawah standart yang ditentukan PLN yaitu  $100 \mu\text{A}$  dan batas usia panjang bahkan ada yang mencapai 108 tahun.[7]

Pada penelitian ke-delapan yang dilakukan oleh (Mahmudah, Aryatul. Liliana). Sambaran petir pada saluran transmisi 150 kV dapat menimbulkan tegangan lebih yang dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan jika tegangan melebihi tingkat isolasi dasar peralatan (TID). Penelitian ini bertujuan untuk menghitung tinggi parameter tower transmisi, menghitung karakteristik lightning arrester, dan penentuan jarak optimal penempatan arrester dengan transformator daya dengan menggunakan metode Pantulan Berulang. Metode ini digunakan untuk menghitung jarak arrester dengan cara menghitung karakteristik arrester hingga sampai pada akhirnya mendapatkan hasil jarak optimal arrester. Hasil perhitungan parameter tinggi tower transmisi didapatkan hasil sebesar 41,9 meter. Hasil perhitungan karakteristik arrester didapatkan nilai tegangan maksimum ( $V_m$ ) sebesar 165kV, tegangan pengenalan ( $E_a$ ) sebesar 500kV, faktor perlindungan ( $V_p$ ) sebesar 160kV, margin ( $M$ ) sebesar 490kV, faktor perlindungan dari TID peralatan ( $F_p$ ) sebesar 73,3%, faktor perlindungan dari tingkat perlindungan arrester ( $F_p$ ) sebesar 306,2%, arus pelepasan ( $I_a$ ) sebesar 16,5kA dan jarak optimal penempatan arrester ( $S$ ) sebesar 22,5 meter.[8]

Pada penelitian ke-sembilan yang dilakukan oleh (Yolanda Sidmah, Riko) Tenaga listrik merupakan salah satu kebutuhan utama dalam kehidupan masyarakat untuk mendorong pertumbuhan ekonomi dan mendukung kehidupan sehari-hari. PT. PLN merupakan perusahaan yang bertanggung jawab dalam memenuhi kebutuhan energi listrik tersebut, namun dalam proses menjalankan tugasnya, PT. PLN menghadapi banyak tantangan teknis dan operasional. Salah satu tantangan utamanya adalah melindungi infrastruktur kelistrikan seperti trafo, switchgear, dan kabel dari lonjakan tegangan yang dapat merusaknya. Lonjakan tegangan ini dapat disebabkan oleh banyak faktor, antara lain petir, gangguan jaringan listrik, dan pengoperasian alat berat. Oleh karena itu, perlu diketahui secara menyeluruh mengenai kinerja alat proteksi petir pada jaringan distribusi 20 kV di PT. PLN Tarakan. Dalam skripsi ini

akan mengkaji dan menganalisis kerja dari arrester serta jarak maksimum arrester. Metode yang digunakan dalam skripsi ini metode Koordinasi Isolasi. Penempatan lightning arrester dapat mempengaruhi kinerja lightning arrester tersebut dalam memproteksi trafo pada gardu distribusi Tingkat kegagalan proteksi arrester sangat tergantung dari TID peralatan, tegangan kerja lightning arrester dan lokasi penempatan arrester itu sendiri. Dari hasil perhitungan dan analisis data menunjukkan bahwa pada jaringan 20 kV penyulang 5 PT.PLN Tarakan, TID transformator sebesar 5 kA dengan 125 kV, karakteristik kerja arrester dengan tegangan pengenalan 24 kV, tegangan pelepasan 87 kV serta arus pelepasan sebesar 5 kA dengan tingkat perlindungan 95,7 kV. Sedangkan dari hasil perhitungan untuk jarak penempatan arrester terhadap transformator tidak boleh melebihi 2,745 meter. Pada pemantauan langsung di lapangan menggunakan lightning arrester, didapat nilai jarak lightning arrester yang bervariasi yaitu sekitar 1,5 m, 1,6 m, 1,8 m, 2,1 m dan 2,4 m. Perhitungan ini telah memenuhi standar perhitungan  $< 2,745$  meter dari standar SPLN.[9]

Pada penelitian ke-sepuluh yang dilakukan oleh (Dwi Putra, Arya. Tasmono, Hadi. Sarwo Widagdo, Reza) Serangan pada kabel konduktif di jalur transmisi dapat menyebabkan masalah pengiriman energi listrik. Gelombang kilat dapat menyebar ke peralatan di substansi dan mengganggu isolasi peralatan karena ketajaman mereka yang besar. Serangan petir dapat menyebabkan gelombang, yang menyebabkan tegangan yang lebih tinggi. Hal ini terjadi di daerah-daerah yang agak jauh dari Penangkapan. untuk menetapkan jarak terbaik yang diizinkan antara Arrester dan peralatan yang dipelihara. Ini akan memastikan bahwa gagasan perlindungan untuk peralatan sepenuhnya dicapai. Setelah analisis dan perhitungan, hasil dari arus dalam LA yaitu 3,3 kA. Maka kelas pada 10 kA adalah normal. Faktor perlindungan yang diperoleh adalah 20%. Jarak maksimum antara LA dan transformator yang dilindungi adalah 28.5m, sedangkan jarak penempatan di lapangan adalah 21.9m. Jadi masih jauh di bawah jarak maksimum. Dibandingkan dengan SPLN 7: 1978 No 32 Pasal 4 tentang Pemilihan dan Pemasangan Penangkap Petir yaitu untuk penangkap petir kelas 150kV jarak antara penangkal petir dan transformator tidak

melebihi 80 m, dari hasil perhitungan, nilai V max diperbolehkan ialah 650 kV, serta nilainya sesuai dengan nilai TID Transformator dengan 650kV. Maka Lightning Arrester mampu menangkal petir sehingga melindungi transformator dari petir.[10]

Pada penelitian ke-sebelas yang dilakukan oleh (Widharma, Suputra) Keandalan sistem distribusi tenaga listrik sangat diperlukan untuk menjaga kontinuitas penyaluran energi listrik dari gardu induk sampai ke pelanggan melalui gardu distribusi. Ini terjadi karena lightning arrester yang mengalami kegagalan dalam menyalurkan tegangan impuls ke tanah karena resistansi pembumian yang cukup tinggi. Pada bagian ini transformator merupakan komponen terpenting dari gardu distribusi. Oleh sebab itu, transformator harus dilindungi oleh lightning arrester dengan nilai resistansi pembumian yang kecil yaitu  $\leq 3 \Omega$ . Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan hasil perhitungan counterpoise di Gardu Induk. Dalam menentukan efisiensi penyaluran daya listrik dipergunakan simulasi dengan memanfaatkan perangkat lunak ETAP sehingga diperoleh besarnya efisiensi penyaluran daya listrik pada gardu tersebut. Kualitas tegangan yang diamati di sisi beban dari penyulang yang diperoleh dari hasil simulasi menggunakan program ETAP diketahui sebesar 95,65%. Berdasarkan hasil pengujian ketiga konstruksi pembumian counterpoise untuk memperbaiki nilai resistansi pembumian lightning arrester, maka yang paling efektif dan tepat diimplementasikan di lapangan yaitu konstruksi III dengan hasil perhitungan counterpoise didapat hasil 2,5  $\Omega$ , sedangkan pengujian di lapangan diperoleh hasil 2,78  $\Omega$  dengan persentase penurunan yaitu 87,96% dari resistansi awal sebesar 23,1  $\Omega$ . Memperhatikan hasil analisis dan kesimpulan, maka disarankan kepada pihak terkait agar melakukan kajian lebih mendalam untuk mendapatkan nilai yang lebih sesuai (actual). Analisis ini juga bisa menjadi bahan pertimbangan kepada pihak terkait untuk pengembangan jaringan ke depannya.[11]

## **2.2 Landasan Teori**

### **2.2.1 Proses Terjadinya Petir.**

Petir merupakan peristiwa alam yaitu proses pelepasan muatan listrik(electrical

discharge) yang terjadi di atmosfer. Peristiwa pelepasan muatan ini akan terjadi karena terbentuknya konsentrasi muatan-muatan positif dan negative di dalam awan atau pun perbedaan muatan dengan permukaan bumi.[12]

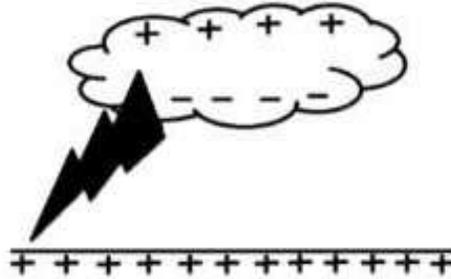
Petir atau kilat adalah kilatan cahaya yang menyambar biasanya diikuti dengan suara gemuruh yang keras. Petir adalah fenomena alam yang biasa terjadi saat musim hujan. Petir dan guruh biasanya datang beriringan. Petir dan guruh bisa datang bersamaan bisa datang dalam waktu yang berbeda. Ini disebabkan karena perbedaan kecepatan cahaya dan kecepatan suara. Kecepatan cahaya jauh lebih cepat dibandingkan kecepatan suara. Oleh sebab itu, petir sering menyambar lebih dulu dibandingkan tibanya suara yang keras atau guruh. Petir merupakan proses pelepasan listrik dan tidak hanya terjadi dari awan ke bumi, tapi juga bisa terjadi dari awan ke awan lainnya. Sebuah kilatan petir suhunya bisa mencapai 30.000 derajat Celcius. Oleh karena pemanasan udara yang luar biasa inilah yang membuat udara bergerak dan seolah meledak sehingga timbul suara menggelegar yang kita sebut guruh.

Pada saat muatan listrik berkumpul di dalam awan dan posisi awan semakin tinggi, muatan awan akan terlibat dalam turbulensi udara. Hal ini menyebabkan muatan listrik awan bergerak secara cepat dan terus-menerus. Pergerakan ini akan membuat muatan positif dan muatan negatif memisahkan diri.

Bagian atas awan akan mengumpulkan muatan positif, sedangkan muatan negatif akan terkumpul di bagian bawah awan. Muatan negatif pada bagian bawah awan memiliki kecenderungan untuk berikatan dengan muatan positif yang ada di bumi. Jika muatan negatif pada dasar awan sudah cukup besar, aliran muatan negatif dari awan akan menuju ke bumi. Ketika petir menyambar, akan terjadi pertukaran muatan negatif dari awan dengan muatan positif dari bumi

Saat pertemuan muatan negatif dan muatan positif inilah kita melihat petir dan suara guruh. Pembuangan muatan negatif ini bertujuan mencapai keseimbangan muatan di dalam awan. Kehadiran air di udara akan mengurangi daya isolasi udara, meningkatkan konduktivitasnya. Oleh karena itu, pada musim hujan, arus listrik akan lebih mudah mengalir melalui udara yang basah, meningkatkan kemungkinan terjadinya sambaran petir secara signifikan.

Jika akumulasi muatan listrik yang saling tarik-menarik antara awan dan bumi sudah cukup besar, maka daya hantar listriknya untuk melalui udara akan semakin besar. Saat ini terjadi, muatan negatif dari awan akan langsung menyambar titik tertinggi dari bumi karena titik tertinggi inilah yang mengandung muatan positif paling dekat dan besar. Tempat terjadinya petir dapat dilihat pada gambar 2.1.[12]



Gambar 2.1 Sambaran petir dari awan ke bumi

### 2.2.2 Tahapan Sambaran Petir

Tahapan sambaran petir adalah serangkaian proses yang terjadi selama terjadinya fenomena sambaran petir. Berikut adalah tahapan-tahapan umum dari sambaran petir:

Tahapan sambaran petir adalah serangkaian proses yang terjadi selama terjadinya fenomena sambaran petir. Berikut adalah tahapan-tahapan umum dari sambaran petir:

1. Pembentukan Awan: Sambaran petir biasanya terjadi dalam awan cumulonimbus yang sangat besar. Proses pembentukan awan ini melibatkan konveksi udara yang naik, menyebabkan pendinginan dan pembekuan uap air.
2. Pemisahan Muatan: Dalam awan cumulonimbus, muatan positif dan negatif terpisah. Biasanya, muatan negatif berada di bagian bawah awan, sedangkan muatan positif di bagian atas.
3. Pembentukan Ion: Gesekan antarpartikel dalam awan menyebabkan terbentuknya ion positif dan negatif. Ini dapat terjadi karena pecahan-patahan partikel air dan kristal es dalam awan.

4. **Pertumbuhan Saluran Ionisasi:** Ketika muatan listrik mencapai tingkat tertentu, mereka mulai menciptakan jalur ionisasi melalui udara. Saluran ionisasi ini dapat terbentuk vertikal atau horizontal dalam awan.
5. **Pencarian Jalur Terpendek ke Bumi:** Saluran ionisasi menciptakan jalur konduktif untuk muatan listrik mencapai tanah. Petir mencari jalur terpendek yang dapat menghubungkan muatan negatif di bagian bawah awan dengan muatan positif di tanah.
6. **Sambaran Utama:** Setelah jalur ionisasi terbentuk, muatan listrik bergerak cepat melalui saluran ini menuju tanah. Proses ini terjadi dengan sangat cepat dan disertai dengan kilatan cahaya yang kita kenal sebagai kilat.
7. **Suhu Tinggi dan Gelombang Kejut:** Pada saat muatan listrik bergerak melalui saluran ionisasi, terjadi peningkatan suhu yang sangat tinggi, menghasilkan cahaya dan panas yang kita kenal sebagai kilat. Gelombang kejut juga dapat terjadi, menciptakan suara guntur.
8. **Pelepasan Energi:** Selama proses ini, energi yang sangat besar dilepaskan ke atmosfer dalam bentuk panas, cahaya, dan suara.

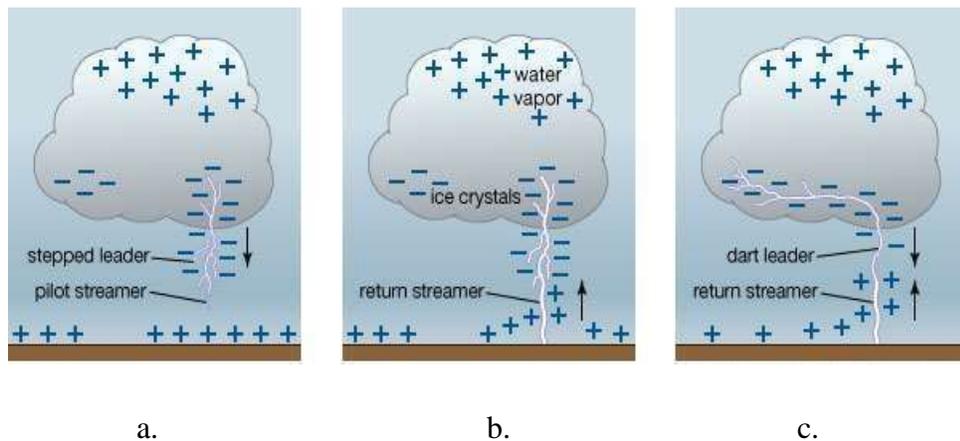
Pada saat gradien tegangan di awan melebihi harga tembus udara yang terionisasi, terjadilah pilot streamer yang menentukan arah perambatan muatan dari awan ke udara yang ionisasinya rendah, hal ini diikuti oleh adanya cahaya.

Kemudian gerakan pilot streamer yang diikuti dengan lompatan-lompatan titik-titik cahaya yang dinamakan stepped leader (diterangkan pada gambar 2.2.a). arah setiap stepped leader berubah-ubah dimana ia mencari udara yang mempunyai kekuatan dielektrik yang paling rendah untuk dilalui sehingga secara keseluruhan jalannya tidak lurus dan patah-patah. Setiap sambaran petir bermula dari suatu lidah petir (stepped leader) yang bergerak turun (down leader) dari awan bermuatan. Panjang stepped leader kurang lebih  $50\mu\text{s}$  ( $30\text{-}125\mu\text{s}$ ), dari waktu ke waktu, dalam perambatannya ini stepped leader mengalami percabangan sehingga terbentuk lidah petir yang bercabang-cabang.

Ketika leader bergerak mendekati bumi, akan terdapat beda potensial yang makin tinggi antara ujung stepped leader dengan bumi sehingga terbentuklah

pelepasan muatan mula yang berasal dari bumi atau obyek pada bumi yang bergerak ke atas menuju ujung stepped leader. Pelepasan muatan mula ini disebut upward streamer. Apabila upward streamer telah masuk dalam zona jarak sambaran (striking distance), terbentuklah petir penghubung (connecting leader) yang menghubungkan ujung stepped leader dengan obyek yang disambar (hal ini diterangkan pada Gambar 2.2). Setelah itu timbulah sambaran balik (return strike) yang bercahaya sangat terang bergerak dari obyek yang menuju awan dan kemudian melepaskan muatan di awan

Jalur yang ditempuh oleh return strike sama dengan jalur turunnya stepped leader, hanya arahnya yang berbeda. Setelah itu terjadi juga sambaran susulan (subsequent strike) dari awan menuju bumi akibat belum pulihnya udara yang menjadi tempat jalannya sambaran yang pertama. Sambaran susulan tidak memiliki percabangan dan bisa disebut lidah panah (dart leader). pergerakan dart leader ini sekitar 10 kali lebih cepat dari leader yang pertama (first strike). Tahapan sambaran petir dapat dilihat pada gambar 2.2 berikut.



Gambar 2.2 Tahapan sambaran petir

- a). Stepped leader
- b). Return strike
- c). Dart leader

### 2.2.3 Gelombang Berjalan Pada Saluran Udara

Sampai saat ini sebab-sebab dari gelombang berjalan yang diketahui adalah:

- a. Sambaran kilat secara langsung pada kawat.
- b. Sambaran kilat tidak langsung pada kawat (induksi)
- c. Operasi pemutusan (switching operation)
- d. Busur tanah (arching grounds).
- e. Gangguan-gangguan pada sistem oleh berbagai kesalahan.
- f. Tegangan mantap sistem.

Dari sudut energi, dapat dikatakan bahwa surja pada kawat disebabkan oleh penyuntikan energi secara tiba-tiba pada kawat. Energi ini merambat pada kawat, yang terdiri dari arus dan tegangan. Kecepatan merambat gelombang berjalan tergantung dari konstanta-konstanta kawat. Pada kawat di udara, kecepatan merambat ini kira-kira  $300 \text{ m}/\mu\text{s}$  jadi sama dengan kecepatan cahaya. Pada kabel tanah kira-kira  $150 \text{ m}/\mu\text{s}$ .

Bila gelombang mencapai titik peralihan diskontinuitas akan terjadi perubahan-perubahan pada gelombang tersebut sehingga terdapat sedikit perbedaan dengan gelombang asal.

#### 1. Kecepatan merambat

Kecepatan rambat gelombang berjalan pada kawat udara sama dengan kecepatan cahaya dalam hampa udara, yakni sebesar  $300 \text{ cm/s}$ . Sedangkan untuk kabel konduktor padat dengan jari-jari  $r$  dan isolasi pembungkus berjari-jari  $R$  serta permitivitas  $E$ , maka cepat rambat gelombang pada kabel Untuk kabel-kabel yang tersedia, umumnya harga  $E=2,5-4$ . Jadi kecepatan merambat dalam kabel kira-kira  $\frac{1}{2}$  sampai  $\frac{2}{3}$  dari kecepatan cahaya.

#### 2. Impedansi surja Untuk hantaran udara

Gelombang surja petir yang merambat pada kawat penghantar akan melewati impedansi kawat penghantar yang dialirinya, yang disebut juga impedansi surja yang diperlihatkan oleh persamaan :[13]

$$z = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (2.1)[14]$$

Dimana pada saluran udara jaringan distribusi, L dan C adalah induktansi dan kapasitansi saluran.

$$Z = 60 \ln \frac{2h}{r} \Omega \quad (2.2)$$

Dengan :

Z : Impedansi surja saluran ( $\Omega$ )

h : Tinggi kawat dari tanah (m)

r : Jari – jari konduktor (m)

#### **2.2.4 Gangguan Sambaran Petir Pada Saluran Distribusi Tegangan Menengah**

Bila petir mengenai langsung ke penghantar SUTM, kemungkinan besar penghantar tersebut akan putus karena gelombang petir yang menimbulkan tegangan impuls melebihi BIL (Basic Insulation Level) dari penghantar. Kalau petir yang mengenai SUTM sambaran langsung tetapi induksi dari petir, gerak dari gelombang petir itu menjalar ke segala arah dengan perkataan lain terjadi gelombang berjalan sepanjang jaringan yang menuju suatu titik lain yang dapat menetralkan arus petir tersebut yaitu menuju ketitik pentanahan.

Kelebihan tegangan yang disebabkan petir disebabkan oleh sambaran langsung atau Sambaran tidak langsung (induksi) dapat di jelaskan sebagai berikut:

##### **a. Sambaran langsung**

Yang dimaksud sambaran langsung adalah apabila kilat menyambar langsung kawat fasa (untuk saluran tanpa kawat tanah) atau pada kawat tanah (untuk saluran kawat tanah). Pada waktu kilat menyambar langsung kawat fasa akan timbul arus besar dan sepasang gelombang berjalan yang merambat pada kawat. Arus yang besar ini membahayakan peralatan-peralatan yang ada pada saluran. Besarnya arus atau tegangan akibat sambaran ini tergantung pada besar arus kilat,

waktu muka dan jenis tiang saluran. Oleh karena saluran tegangan menengah tidak begitu tinggi di atas tanah, maka jumlah sambaran langsung pun rendah, makin tinggi tegangan sistem makin tinggi tiangnya, dan makin besar jumlah sambaran ke saluran itu

b. Sambaran Tidak Langsung Atau Sambaran Induksi

Bila terjadi sambaran kilat ke tanah di dekat saluran maka akan terjadi fenomena transien yang diakibatkan oleh medan elektromagnetis dari kanal kilat. Fenomena kilat ini terjadi pada kawat penghantar. Akibat dari kejadian ini timbul tegangan lebih dan gelombang berjalan yang merambat pada kedua sisi kawat di tempat sambaran langsung. Fenomena transien pada kawat berlangsung hanya di bawah pengaruh gaya yang memaksa muatan-muatan bergerak sepanjang hantaran. Atau dengan perkataan lain transien dapat terjadi di bawah pengaruh komponen vektor kuat medan yang berarah vertikal, dia tidak akan mempengaruhi atau menimbulkan fenomena transien pada penghantar.

**2.2.4.1 gangguan gangguan pada jaringan distribusi selain sambaran petir yang dapat dilindungi oleh lightning arrester**

Gangguan pada jaringan distribusi yang dapat diatasi oleh lightning arrester meliputi.

1. Gangguan Switching: Saat saklar di jaringan distribusi dibuka atau ditutup, terjadi lonjakan tegangan atau arus yang dapat merusak peralatan. Lightning arrester membantu menyalurkan lonjakan tersebut ke tanah, melindungi peralatan dari kerusakan.
2. Gangguan Sistem: Gangguan pada sistem distribusi, seperti hubung singkat atau gangguan lainnya, dapat menyebabkan lonjakan tegangan atau arus yang berpotensi merusak peralatan. Lightning arrester membantu mengalirkan arus berlebih ini ke tanah, melindungi peralatan dari kerusakan.
3. Gangguan Induksi: Gangguan yang disebabkan oleh induksi dari faktor luar, seperti medan elektromagnetik dari sistem tegangan tinggi yang terletak dekat, dapat menyebabkan lonjakan tegangan atau arus yang dapat merusak peralatan.

Lightning arrester membantu menyalurkan arus induksi ini ke tanah, melindungi peralatan.

4. Gangguan Sengatan: Gangguan yang disebabkan oleh sengatan petir atau sengatan lainnya pada saluran listrik dapat menyebabkan lonjakan tegangan atau arus yang merusak. Lightning arrester membantu menyalurkan arus ini ke tanah, melindungi peralatan.

### 2.3 Peralatan Pada Jaringan Distribusi

Jaringan distribusi yang baik adalah jaringan yang memiliki perlengkapan dan peralatan yang cukup lengkap, baik itu peralatan guna konstruksi maupun peralatan proteksi. Untuk jaringan distribusi sistem saluran udara perlengkapan utama pada sistem distribusi tersebut antara lain.[15]

#### 1. Tiang Listrik

Tiang listrik merupakan salah satu komponen utama dari konstruksi jaringan distribusi dengan saluran udara. Pada jaringan distribusi tiang yang biasa digunakan adalah :

##### a) Tiang Listrik Beton (concrete)

Tiang listrik beton adalah sebuah material tiang listrik yang terbuat dari beton atau semen dengan kriteria 12 meter untuk tiang listrik tegangan menengah (TM). Gambar 2.3 Memperlihatkan contoh tiang listrik beton tegangan menengah (TM) yang digunakan oleh pihak PLN. Berikut adalah gambar tiang listrik beton.[15]



Gambar 2.3 Tiang beton

### b) Tiang Listrik Besi

Tiang listrik besi adalah tiang listrik yang terbuat dari material besi yang berbentuk pipa selanjutnya dimodifikasi khusus untuk penyangga listrik.

Tiang listrik harus kuat karena selain digunakan untuk menopang hantaran listrik juga digunakan untuk meletakkan peralatan-peralatan pendukung jaringan distribusi tenaga listrik tegangan menengah. Penggunaan tiang listrik disesuaikan dengan kondisi lapangan. Berikut adalah gambar tiang listrik besi.[15]



Gambar 2.4 Tiang besi

## 2. Isolator

Isolator merupakan alat tempat menopang kawat penghantar jaringan pada tiang-tiang listrik yang digunakan untuk memisahkan secara elektrik dua buah kawat atau lebih agar tidak terjadi kebocoran arus (leakage current) atau loncatan bunga api (flash over) sehingga mengakibatkan terjadinya kerusakan pada sistem jaringan tenaga listrik. Isolator berfungsi sebagai pemisah antar bagian yang bertegangan dengan bagian yang tidak bertegangan. Selain itu, isolator juga berfungsi memikul beban mekanis yang disebabkan oleh berat gaya tarik penghantar serta untuk menjaga agar tidak berubahnya jarak yang ada pada antar penghantar. Isolator merupakan bagian yang sangat penting dalam sistem tenaga

listrik. Oleh karena itu untuk menentukan pilihan tentang isolator yang akan dipakai perlu mempertimbangkan syarat-syarat dari suatu isolator. Adapun syarat-syaratnya adalah sebagai berikut:

- a. Isolator harus memiliki kekuatan mekanik yang tinggi sehingga mampu menahan berat dari kawat penghantar.
- b. Memiliki ketahanan isolasi yang tinggi untuk mencegah arus bocor ke tanah.
- c. Mampu menahan variasi temperatur yang besar, yaitu isolator tidak boleh pecah ketika terkena temperatur yang tinggi selama musim kemarau dan temperatur rendah selama musim hujan.
- d. Mampu mencegah peresapan gas pada tempat-tempat yang terpolusi sertapengaruh air dan udara lembab selama musim hujan. Berikut adalah gambar isolator.[16]



Gambar 2.5 Isolator

### 3. Cross Arm

Travers atau Cross Arm merupakan komponen jaringan tegangan menengah yang berfungsi sebagai tempat terpasangnya isolator. Travers terbuat dari bahan baja digalvanisasi yang berbentuk U dan ada juga berbentuk persegi panjang. Travers berbentuk U memiliki ukuran 10 x 5 x 5 cm dengan ketebalan 5 mm. Sedangkan travers berbentuk persegi panjang memiliki ukuran x 7,5 x 7,5 x 7,5 cm dengan , ketebalan 5 mm. Adapun panjang dari travers disesuaikan dengan sudut kemiringan tarikan kawat penghantar, yaitu sebagai berikut.

- a. Panjang travers 1800 mm untuk sudut tarikan dari 0° s/d 18°

b. Panjang travers 2662 mm untuk sudut tarikan dari  $18^\circ$  s/d  $60^\circ$

c. Panjang travers 2500 mm untuk sudut tarikan dari  $60^\circ$  s/d  $90^\circ$

Travers dipasang langsung pada tiang beton dengan baut. Sedangkan pemasangan travers pada tiang besi harus diikat dengan klem dan mur-baut. Besi penyangga harus dipasang pada travers untuk menjaga agar travers tidak miring setelah dibebani isolator + penghantar. Berikut adalah gambar travers (cross arm).



Gambar 2.6 Travers (cross arm)

#### 4. Kawat Penghantar (Conductor)

Penghantar untuk saluran udara adalah berupa kawat-kawat tanpa isolasi (bare, telanjang) yang padat (solid) berlilit (stranded) atau berongga (hollow) dan terbuat dari logam biasa, logam campuran (alloy) atau logam paduan (komposit). Untuk tiap-tiap penghantarnya dapat berbentuk tunggal maupun sebagai kawat berkas atau (bundled conductors).

Pada awal penyaluran daya listrik, penghantarnya biasa terbuat dari tembaga, tetapi kini penghantar terbuat dari aluminium telah banyak digunakan sebagai pengganti tembaga karena faktor ekonomis dan lebih ringan dari penghantar tembaga dengan resistansi yang sama. Suatu penghantar aluminium juga memiliki diameter yang besar dibanding dengan penghantar tembaga dengan resistansi yang sama, hal ini akan menguntungkan. Berdasarkan diameternya dimana garis-garis fluks listrik yang berasal dari penghantarakan terpisah lebih jauh pada permukaan dari penghantar tersebut dengan tembaga yang sama. Hal itu berarti

gradien tegangannya lebih rendah pada permukaan dari penghantar tersebut, sehingga mengurangi kecenderungan akan terjadinya ionisasi udara sekitar penghantar tersebut. Lambang-lambang yang menunjukkan berbagai jenis penghantar tersebut dengan tembaga yang sama. Hal itu berarti gradien tegangannya lebih rendah pada permukaan dari penghantar tersebut, sehingga mengurangi kecenderungan akan terjadinya ionisasi udara sekitar penghantar tersebut.

Penghantar aluminium paduan mempunyai kuat tarik (tensile strength) yang lebih tinggi dibandingkan dengan penghantar aluminium biasa. ACSR terdiri dari inti pusat yang terbuat dari lilit-lilit baja yang dikelilingi oleh lapisan lilit aluminium. ACAR mempunyai inti pusat yang terbuat dari aluminium dengan kekuatan yang lebih tinggi yang dikelilingi oleh beberapa lapisan penghantar aluminium biasa.

Jenis penghantar yang dikenal adalah ACSR diperbesar (expanded ACSR) menggunakan pengisi seperti kertas yang memisahkan lilit-lilit baja dari lilit-lilit aluminium luarnya. Kertas tersebut memperbesar diameter penghantar sehingga menurunkan ionisasi.

#### 5. Transformator Distribusi

Transformator, yang sering disebut juga sebagai trafo, adalah komponen esensial dalam jaringan tegangan rendah yang memainkan peran krusial dalam mentransformasikan tegangan listrik sesuai dengan kebutuhan spesifik. Dalam praktiknya, energi listrik dengan tegangan menengah, seperti 20 kV, perlu diturunkan menjadi tegangan yang lebih aman dan sesuai untuk penggunaan rumah tangga atau industri, yaitu 380 V atau 220 V. Proses ini dilakukan oleh transformator distribusi, yang memungkinkan distribusi listrik secara efisien dan aman ke berbagai perangkat dan konsumen.

Secara umum, transformator terdiri dari kumparan kawat yang dililitkan pada inti besi, yang berfungsi sebagai medium untuk mentransfer energi listrik dari satu kumparan ke kumparan lainnya. Ada dua jenis kumparan utama dalam transformator: kumparan primer yang menerima energi listrik dari sumber tegangan awal, dan kumparan sekunder yang mengirimkan energi listrik yang

telah diturunkan tegangannya. Kinerja transformator, termasuk tegangan listrik yang dihasilkan, ditentukan oleh desain dan spesifikasi kebutuhan energi listrik yang diinginkan, menjadikannya alat yang sangat penting dalam penyesuaian dan distribusi energi listrik. Transformator bukan hanya memfasilitasi penyediaan energi yang efisien, tetapi juga memastikan bahwa tegangan listrik sesuai dengan standar yang diperlukan untuk berbagai aplikasi dan perangkat.



Gambar 2.7 Transformator distribusi

#### 6. Lightning Arrester (LA)

Lightning Arrester adalah peralatan listrik yang gunanya melindungi peralatan listrik di gardu distribusi dari tegangan lebih akibat petir atau switching. Adapun konstruksinya dapat dilihat pada gambar lampiran 2. Pada gambar tersebut terlihat bahan Lightning Arrester terdiri dari dua unsur yakni:

- a. Celah api (spark gap)
- b. Tahanan tak linear atau tahanan kran (valve resistor).

Kedua unsur ini dihubungkan secara seri. Bila terjadi suatu tegangan lebih akibat ambaran petir yang harganya melebihi kemampuan isolasi peralatan gardu distribusi, maka akan terjadi busur api (hubung singkat pada celah percikan sehingga terjadi hubungan tanah berarti tegangan lebih tidak sampai pada peralatan. Berikut adalah gambar dari Lightning arrester.[17]



Gambar 2.8 Lightning arrester

#### 7. Fuse Cut Out (FCO)

Fuse Cut Out (FCO) adalah komponen penting dalam jaringan distribusi tegangan menengah yang berfungsi sebagai perlindungan terhadap arus hubung singkat (short circuit) dengan cara memutuskan sirkuit secara otomatis. FCO dirancang untuk menjaga keandalan dan keamanan sistem distribusi listrik dengan menyediakan perlindungan lebur yang efektif, yaitu elemen fuse link yang akan meleleh ketika arus yang mengalir melebihi batas nominal yang telah ditentukan. Selain peranannya dalam melindungi sistem dari gangguan arus lebih, FCO juga berfungsi sebagai pemutus tegangan ke transformator distribusi selama proses pemeliharaan, memastikan bahwa area kerja bebas dari aliran listrik dan aman untuk diperbaiki atau diperiksa. Arus nominal dari fuse link dalam FCO disesuaikan dengan arus nominal transformator yang diproteksinya, sehingga memberikan perlindungan yang tepat dan efisien. Gambar berikut ini menunjukkan tampilan dari Fuse Cut Out, menggambarkan desain dan struktur dari komponen yang vital ini dalam sistem distribusi listrik.



Gambar 2.9 Fuse cut out

## 8. Air Break Switch (ABS)

Air Break Switch (ABS) adalah perangkat pemutus sirkuit yang berfungsi dalam sistem distribusi listrik untuk menghubungkan atau memutuskan aliran listrik pada jaringan tegangan menengah hingga tinggi. ABS beroperasi dengan prinsip memutuskan arus listrik di udara terbuka, di mana kontak switch terbuka dan arus mengalir melalui udara, menghasilkan busi (arc) yang kemudian dipadamkan oleh mekanisme khusus. Perangkat ini sangat penting untuk melakukan pemeliharaan, pengaturan, atau perbaikan pada sistem listrik tanpa mempengaruhi keseluruhan jaringan distribusi. Struktur utama dari ABS mencakup beberapa komponen, seperti kontak yang membuka dan menutup sirkuit, sistem untuk mengatasi busi yang dihasilkan selama pemutusan arus, serta isolator yang memisahkan bagian bertegangan tinggi dari bagian yang tidak bertegangan untuk keamanan operasional. Keuntungan dari penggunaan ABS meliputi keandalan dalam pemutusan dan penyambungan sirkuit, keamanan selama pemeliharaan, dan kemudahan dalam proses pemeliharaan tanpa harus mematikan seluruh sistem distribusi. Biasanya dipasang pada tiang distribusi, panel kontrol, atau titik-titik kunci dalam sistem distribusi listrik, ABS menyediakan kontrol manual yang efisien dan aman atas aliran listrik, menjadikannya alat penting dalam pengelolaan dan pengoperasian jaringan distribusi tegangan menengah dan tinggi.



Gambar 2.10 Air break switch

## 2.4 `Proteksi Peralatan Pada Jaringan Distribusi

Proteksi peralatan pada jaringan distribusi adalah serangkaian langkah dan perangkat yang digunakan untuk melindungi peralatan listrik dan jaringan distribusi

dari berbagai gangguan dan kerusakan. Tujuan utamanya adalah untuk memastikan keandalan dan kinerja sistem kelistrikan. Proteksi ini penting karena jaringan distribusi rentan terhadap lonjakan tegangan, arus lebih, gangguan hubung singkat, dan berbagai gangguan lain yang dapat menyebabkan kerusakan atau kegagalan sistem. Tujuan dari suatu sistem proteksi pada saluran udara tegangan menengah (SUTM) adalah mengurangi sejauh mungkin pengaruh gangguan pada penyaluran tenaga listrik serta memberikan perlindungan yang maksimal bagi operator, Lingkungan dan peralatan dalam hal terjadinya gangguan yang menetap (permanen). Sistem proteksi pada SUTM memakai:

- a. Relai hubung tanah dan relai hubung singkat fasa-fasa kemungkinan gangguan penghantar dengan bumi dan antar penghantar.
- b. Pemutus Balik Otomatis PBO (Automatic Recloser), Saklar Seksi Otomatis SSO (Automatic Sectionaizer). PBO dipasang pada saluran utama, sementara SSO di pasang pada saluran pencabangan, sedangkan di Gardu Induk di lengkapi dengan auto reclosing relay.
- c. Lightning Arrester (LA) sebagai pelindung kenaikan tegangan peralatan akibat surja petir. Lightning Arrester di pasang pada tiang awal/tiang akhir, kabel TeeOff (TO) pada jaringan dan gardu transformator serta pada isolator tumbu.
- d. Pembumian bagian konduktif terbuka dan bagian konduktif extra pada tiaptiap 4 tiang atau pertimbangan lain dengan nilai pertanahan tidak melebihi 10 Ohm.
- e. Kawat tanah (shield wire) untuk mengurangi gangguan akibat sambaran petir langsung. Instalasi kawat tanah dapat di pasang pada SUTM di daerah padat petir yang terbuka.
- f. Penggunaan Fused Cut-Out (FCO) pada jaringan pencabangan.
- g. Penggunaan Sela tanduk (Arcing Horn)

## **2.5 Proteksi Lightning Arrester Pada Saluran Distribusi**

Proteksi lightning arrester pada saluran distribusi adalah sistem yang digunakan untuk melindungi peralatan dan jaringan listrik dari kerusakan yang disebabkan oleh sambaran petir. Sambaran petir merupakan salah satu ancaman

serius bagi saluran distribusi listrik karena dapat menyebabkan lonjakan tegangan yang merusak peralatan dan infrastruktur listrik. Lightning arrester, atau biasa disebut penangkal petir, adalah perangkat yang terpasang pada saluran distribusi untuk menangkap dan mengalirkan energi petir ke tanah dengan aman. Ketika petir menyambar, lightning arrester akan bekerja dengan cepat untuk melewatkan arus petir menuju tanah, sehingga mencegah kerusakan pada peralatan dan menjaga keandalan sistem distribusi. Pusat pembangkit listrik umumnya dihubungkan dengan saluran transmisi udara yang menyalurkan tenaga listrik ke pusat-pusat konsumsi tenaga listrik, yaitu gardu –gardu induk (GI). Sedangkan saluran transmisi udara ini rawan terhadap sambaran petir yang menghasilkan gelombang berjalan (Surja tegangan) yang dapat masuk kepusat pembangkit listrik. Oleh karena itu, dalam pusat listrik harus terdapat lightning arrester (penangkal petir) yang berfungsi menangkal gelombang berjalan dari petir yang akan masuk ke instalasi pusat pembangkit listrik. Saluran udara yang keluar dari pusat pembangkit listrik merupakan bagian instalasi pusat pembangkit listrik yang paling rawan sambaran petir dan karenanya harus di beri lightning arrester. Selain itu, lightning arrester harus berada 15 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. Berarti transformator dapat mengalami tegangan surja dua kali besarnya tegangan gelombang surja yang datang.

### **2.5.1 Prinsip Kerja Arrester**

Prinsip kerja Arrester adalah peralatan yang dapat melindungi pada peralatan sistem tenaga listrik dari gangguan sambaran surja petir atau gangguan tegangan lebih hubung surja petir. Arrester ini berfungsi untuk memotong tegangan lebih yang menuju pada peralatan yang dilindunginya. Arrester ini bersifat by pass disektar isolasi yang membentuk jalan dan mudah dilalui arus kilat, maka tidak menimbulkan

tegangan lebih pada peralatan.[17] Lightning arrester bekerja pada tegangan tertentu di atas tegangan operasi untuk membuang muatan listrik dari surja petir dan berhenti beroperasi pada tegangan tertentu di atas tegangan operasi agar tidak terjadi arus pada tegangan operasi. Pada prinsipnya arrester membentuk jalan yang mudah dilalui oleh petir, Sehingga tidak timbul tegangan lebih yang tinggi pada peralatan. Pada kondisi normal arrester berlaku sebagai isolasi tetapi bila timbul surja, arrester berlaku sebagai konduktor yang berfungsi melewatkan aliran arus yang tinggi ke tanah. Setelah surja menghilang arrester harus membuka dengan cepat kembali, sehingga pemutus daya tidak sempat membuka.

Pada dasarnya arrester terdiri dari dua bagian yaitu : sela api (spark gap) dan tahanan kran (valve resistor). Keduanya di hubungkan secara seri. Batas atas dan bawah dari tegangan percikan di tentukan oleh tegangan sistem maksimum dan oleh tingkat isolasi peralatan yang di lindungi. Untuk penggunaan yang lebih khusus arrester mempunyai satu bagian lagi yang di sebut dengan tahanan katup dan sistem pengaturan atau pembagian tegangan (grading sistem). Jika hanya melindungi isolasi terhadap bahaya kerusakan karena gangguan dengan tidak memperdulikan akibatnya terhadap pelayan, maka cukup dipakai sela batang yang memungkinkan terjadinya percikan pada waktu tegangan mencapai keadaan bahaya. Dalam hal ini, tegangan sistem bolak-balik akan tetap mempertahankan busur api sampai pemutus bebannya dibuka. Dengan menyambung sela api ini dengan sebuah tahanan, maka kemungkinan api dapat dipadamkan. Tetapi bila tahanannya mempunyai harga tetap, maka jatuh tegangannya menjadi besar sekali sehingga maksud untuk meniadakan tegangan lebih tidak terlaksana, dengan akibat bahwa maksud melindungi isolasi pun gagal. Oleh sebab itu di sarankan memakai tahanan kran (valve resistor), yang mempunyai sifat khusus, yaitu tahanannya kecil sekali bila tegangannya dan arusnya besar. Proses pengecilan tahanan berlangsung cepat yaitu selama tegangan lebih mencapai harga puncak. Tegangan lebih dalam hal ini mengakibatkan penurunan drastis pada tahanan sehingga jatuh tegangannya di batasi meskipun arusnya besar. Bila tegangan lebih habis dan tinggal tegangan normal, tahanannya naik lagi sehingga arus susulannya dibatasi kira-kira 50 ampere. Arus susulan ini akhirnya di

matikan oleh selah api pada waktu tegangan sistemnya mencapai titik nol yang pertama sehingga alat ini bertindak sebagai sebuah kran yang menutup arus, dari sini di dapatkan nama tahanan kran.

### **2.5.2 Bagian-Bagian Arrester**

Ada beberapa bagian arrester yakni elektroda, spark gap, dan tahanan katup. Berikut adalah masing-masing penjelasannya.

- a. Elektroda Terdapat dua elektroda pada arrester, yaitu elektroda atas yang dihubungkan dengan bagian yang bertegangan dan elektroda bawah yang dihubungkan ke tanah.
- b. Spark gap 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.
- c. Tahanan Katup Tahanan yang digunakan dalam arrester ini adalah suatu jenis material yang sifat tahanannya dapat berubah bila mendapatkan perubahan tegangant secara tiba-tiba. Oleh karena itu nilai tahanannya tidak tetap (non linear)

### **2.5.3 Spesifikasi Arrester [18]**

Spesifikasi arrester pada jaringan distribusi pada jaringan distribusi listrik sangat penting untuk memastikan perlindungan yang efektif terhadap peralatan listrik dari lonjakan tegangan yang bisa merusak. Berikut adalah beberapa spesifikasi utama yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan arrester untuk jaringan distribusi:

#### **1. Tegangan Nominil (Nominal Voltage)**

Tegangan nominal atau tegangan sistem adalah tegangan operasional jaringan distribusi listrik tempat arrester akan diinstal. Arrester harus memiliki tegangan nominal yang sesuai dengan tegangan jaringan distribusi untuk memastikan kinerja yang optimal.

## 2. Basic Insulation Level (BIL)

Basic Insulation Level (BIL) adalah tegangan lonjakan tertinggi yang dapat ditangani oleh arrester tanpa mengalami kerusakan permanen atau kegagalan isolasi. Arrester harus memiliki BIL yang sesuai dengan karakteristik lonjakan tegangan yang mungkin terjadi dalam sistem distribusi.

## 3. Arus Puncak dan Arus Tahan Jangka Pendek

Arrester harus dapat menangani arus puncak yang dihasilkan oleh lonjakan tegangan dengan aman. Spesifikasi arrester mencakup arus tahan jangka pendek atau arus yang dapat dihantarkan dalam waktu singkat (misalnya, 10 kA dalam 10 mikrodetik).

## 4. Kapasitas Discharge Energi

Kapasitas discharge energi menunjukkan kemampuan arrester untuk menangani energi lonjakan yang masuk ke dalam sistem. Hal ini penting untuk melindungi peralatan dari kerusakan akibat lonjakan energi yang besar.

## 5. Karakteristik Pelarutannya

Arrester harus memiliki karakteristik pelarutan yang baik untuk menghilangkan panas yang dihasilkan selama pemadaman, terutama untuk lonjakan yang lebih besar.

## 6. Ketahanan Terhadap Kondisi Lingkungan

Arrester harus tahan terhadap kondisi lingkungan ekstrem seperti kelembaban tinggi, debu, dan suhu ekstrem.

## 7. Ketahanan Terhadap Radiasi UV

Arrester yang dipasang di luar ruangan harus tahan terhadap radiasi ultraviolet (UV) dari sinar matahari untuk mencegah degradasi bahan isolasi.

## 8. Usia Pelayanan dan Maintenance

Arrester harus memiliki umur pelayanan yang panjang dengan sedikit atau tanpa perawatan rutin yang diperlukan.

## 9. Kepatuhan Terhadap Standar

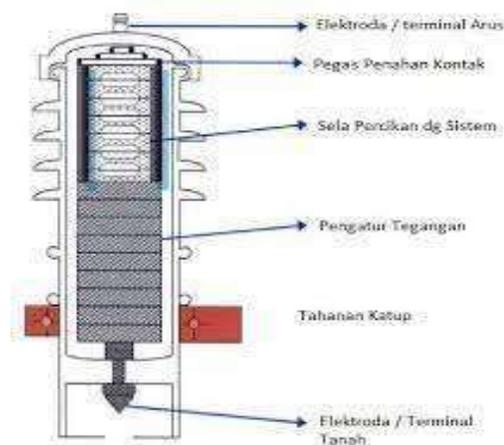
Arrester harus memenuhi standar nasional atau internasional yang berlaku untuk perlindungan lonjakan dan operasi yang aman dalam jaringan distribusi listrik.

### 2.5.3 Jenis-jenis Arrester

Pada dasarnya arrester terdiri dari dua jenis yakni Lightning Arrester (Valve) dan Lightning Arrester jenis Expulsi. Masing-masing penggunaannya disesuaikan dengan area yang dilindungi. Apabila salah, alat ini justru bisa menimbulkan masalah baru. Adapun penjelasan lebih rinci sebagai berikut.

#### a. Lightning Arrester Jenis Katup (Valve)

Lightning arrester jenis katup (valve) adalah jenis arrester yang terdiri dari sebuah celah api (spark gap) yang dihubungkan secara seri dengan tahanan non linear atau tahanan katup (valve resistor). Dimana ujung dari celah api dihubungkan dengan kawat fasa, sedangkan ujung dari tahanan katup dihubungkan ke ground (tanah). Saat terjadi tegangan lebih maka pada celah api akan terjadi percikan yang akan menyebabkan timbulnya bunga api (arc). Api percikan ini timbu terus menerus walaupun tegangan lebihnya sudah tidak ada. Untuk menghentikan percikan bunga api pada celah api tersebut, maka resistor non linear akan memadamkan percikan bunga api tersebut. Nilai tahanan non linear ini akan turun saat tegangan lebih besar. Tegangan lebih akan mengakibatkan penurunan secara drastic nilai tahanan katup, sehingga tegangan jatuhnya dibatasi walaupun arusnya besar. Berikut adalah gambar Arrester jenis katup.[18]



Gambar. 2.11 Arrester katup

Arrester katup berdasarkan sela perciknya, arrester katup terdiri dari :

1. Arrester Katup Sela Pasif

Arrester sela pasif digunakan pada jaringan distribusi hantaran udara. Arrester ini terdiri dari sela percik, resistor nonlinier dan isolator tabung. Sela percik terdiri dari beberapa susunan elektroda plat – plat terhubung seri. Sela percik dan resistor nonlinier keduanya ditempatkan didalam tabung isolasi tertutup, sehingga kerja arrester ini tidak dipengaruhi oleh keadaan udara sekitar. Resistor non-linier terbuat dari beberapa silikon karbida (silicon carbide) yang terhubung seri. Ukuran diameter piring kurang lebih 90 mm, sedangkan tebalnya kurang lebih 25 mm. Nilai resistansi resistor ini sangat besar ketika melewatkan arus lemah, tetapi nilai resistansinya sangat rendah ketika dilewati arus kuat.

2. Arrester Katup Sela Aktif

Arrester sela aktif digunakan pada jaringan tegangan tinggi dan titik pusat jaringan distribusi. Konstruksi arrester katup sela aktif hampir sama dengan arrester katup sela pasif, perbedaannya terletak pada metode pemadaman busur api pada sela percik. Pada arrester katup sela aktif, untuk memadamkan busur api, yaitu memperpanjang dan mendinginkan busur api dengan cara membangkitkan medan magnet pada sela percik.

3. Arrester Katup Tanpa Sela Percik

Arrester tanpa sela digunakan untuk semua tingkat tegangan. Konstruksi arrester jenis tanpa katup diperlihatkan pada gambar 2.7. Arrester ini tidak menggunakan sela percik seperti halnya kedua arrester katup terdahulu, tetapi hanya menggunakan resistor non-linier yang terbuat dari logam oksida (Metal Oxide). Karena bahan utamanya adalah logam oksida, dalam praktik sehari-hari arrester ini dinamai arrester MO.

Berdasarkan penempatannya arrester katup terbagi dalam tiga jenis:

1) Arrester Katup Jenis Gardu

Arrester katup jenis gardu ini adalah jenis yang paling efisien dan juga paling mahal. Perkataan “gardu” di sini berhubungan dengan pemakaiannya secara

umum pada gardu induk besar. Umumnya dipakai untuk melindungi alat-alat yang mahal pada rangkaian-rangkaian mulai dari 2.400 volt sampai 287 kV dan lebih tinggi.

## 2) Arrester katup Jenis Saluran

Arrester jenis saluran ini lebih murah dari arrester jenis gardu. Kata “saluran” disini bukanlah berarti untuk perlindungan saluran transmisi. Seperti arrester jenis gardu, arrester jenis saluran ini juga dipakai pada gardu induk untuk melindungi peralatan yang kurang penting. Arrester jenis saluran ini dipakai pada sistem dengan tegangan 15 kV sampai 69 kV.

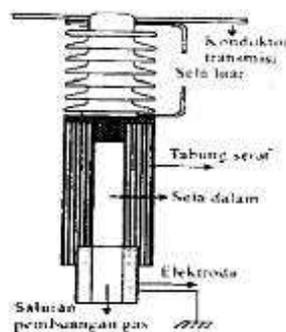
## 3) Arrester Jenis Gardu Untuk Mesin

Arrester jenis gardu ini khusus untuk melindungi mesin-mesin berputar. Pemakaiannya untuk tegangan 2,4 kV sampai 15 kV. - Arrester Katup Jenis Distribusi untuk Mesin-mesin Arrester jenis distribusi ini khusus untuk melindungi mesin-mesin berputar dan juga untuk melindungi transformator dengan pendinginan udara tanpa minyak. Arrester jenis ini dipakai pada peralatan dengan tegangan 120 volt sampai 750 volt.

### b. Lightning Arrester Jenis Explusi

Lightning arrester jenis explusi adalah jenis arrester yang mempunyai dua celah api yang satu berada di luar dan satu lagi berada di dalam. Ketika terjadi tegangan lebih pada jaringan maka pada elektroda batang sebagai celah api akan terjadi loncatan busur api (flashover). Loncatan busur api ini akan turun kedalam tabung fiber (fiber tube) di antara elektroda atas dan bawah yang merupakan celah api. Temperatur pelepasan dari busur api akan menimbulkan tekanan dalam tabung fiber, sehingga tabung fiber akan menghasilkan uap gas. Makin tinggi temperatur busur api makin banyak uap gas yang dihasilkan. Uap gas yang dihasilkan oleh tabung fiber akan bercampur dengan busur api, sehingga akan membinasakan busur api dan mengusir uap gas yang tak berpengantar ke luar tabung gas (vent). Dengan demikian daya busur api akan cenderung mengikuti pelepasan peralihan (transient discharge) ke ground tanpa ada kekuatan selama gelombang tegangan lebih terakhir.

Arrester jenis ekspulsi ini mempunyai karakteristik volt-waktu yang lebih baik dari sela batang dan dapat memutuskan arus susulan tetapi tegangan percik impulsnya lebih tinggi dari arrester jenis katup. Tambahan lagi kemampuan untuk memutuskan arus susulan tergantung dari tingkat arus hubung singkat dari sistem pada titik dimana arrester itu dipasang. Dengan demikian perlindungan dengan arrester jenis ini dipandang tidak memadai untuk perlindungan transformator daya, kecuali untuk sistem distribusi. Arrester jenis ini banyak juga digunakan pada saluran transmisi untuk membatasi besar surja yang memasuki gardu induk. Dalam penggunaan yang terakhir arrester ini disebut sebagai tabung pelindung. Berikut adalah gambar arrester ekspulsi.[19]



Gambar 2.12 Arrester ekspulsi

#### 2.5.4 Syarat–Syarat Arrester

Agar pemakaian arrester dalam koordinasi dapat memberikan hasil yang maksimal maka harus mempergunakan azas berikut;

- a. Mempunyai tegangan dasar (rated) 50 c/s pada arrester, dipilih sedemikian rupa sehingga nilainya tidak dilampaui pada waktu dipakai, baik dalam keadaan normal maupun hubungan singkat.
- b. Arrester ini akan memberikan perlindungan bila ada selisih (margin) yang cukup antara tingkat arrester dan peralatan, daerah perlindungan harus mempunyai jangka (range) cukup untuk melindungi semua peralatan gardu yang mempunyai

BIL yang sama dengan BIL yang harus dilindungi arrester, atau lebih tinggi dari daerah perlindungan.

- c. Arrester harus dipasang sedekat mungkin kepada peralatan utama dan tahanan tanahnya harus rendah. Kapasitas termis arrester harus dapat meneruskan arus besar yang berasal dari simpanan tenaga yang terdapat dalam saluran yang panjang.
- d. Jatuh tegangan maksimum dari arrester dipakai sebagai tingkat perlindungan arrester (bukan jatuh tegangan rata-rata).
- e. Sebuah harga tegangan pelepasan arus petir harus ditetapkan untuk menentukan tingkat perlindungan arrester yang harus dikoordinasikan dengan BIL.
- f. Pengaruh dari sejumlah kawat (multiple-lines) dalam melindungi gangguan petir pada gardu perlu diperhatikan penempatan arrester.
- g. Bila ada keraguan mengenai 50 c/s dari arrester, maka sejumlah persentase ditambahkan pada harga yang dihitung atau ditetapkan untuk arrester. Sekarang masih dipakai tambahan 10% sebagai faktor keamanan, untuk menanggulangi kemungkinan bila arrester bekerja pada sebuah tegangan peralihan mungkin tertumpu pada 50 c/s: tegangan ini harus di interupsi oleh arrester tersebut.

### **2.5.5 Pemilihan Arrester**

Dalam memilih arrester yang sesuai untuk keperluan tertentu, beberapa faktor yang harus diperhatikan, yaitu:

- a. Kebutuhan perlindungan, hal ini berhubungan dengan kekuatan isolasi dari alat yang harus dilindungi dan karakteristik impuls dari arrester.
- b. Tegangan sistem tegangan maksimum yang mungkin timbul pada jepitan arrester.
- c. Arus hubung singkat sistem, hal ini hanya diperlukan untuk arrester jenis aksplusi.
- d. Faktor kondisi luar, apakah normal atau tidak normal (2000 meter atau lebih di atas permukaan laut), temperature dan kelembaban yang tinggi serta pengotoran.

### **2.5.6 Karakteristik Arrester**

Arrester digunakan sebagai pelindung terhadap surja petir, maka karakteristiknya perlu di ketahui sebagai berikut :

- a. Mempunyai tegangan dasar (rated) 50 c/s yang tidak ijinkan untuk dilampaui.
- b. Mempunyai karakteristik yang di batasi oleh tegangan (voltage limiting) bila dilalui oleh berbagai macam arus petir.
- c. Memiliki batas termis.

Karakteristik proteksi dari arrester sudah mengalami banyak perubahan. Yang paling menonjol dalam perubahan ini adalah tegangan gagal sela dan tegangan pelepasan maksimumnya sebanding dengan tegangan dasarnya untuk suatu bentuk surja tertentu. Tegangan gagal sela di sebut juga tegangan percikan, pada frekuensi 50 c/s harus mempunyai harga yang tinggi untuk mengurangi seminimum mungkin pelepasan yang disebabkan oleh adanya hubung singkat ke tanah dan surja hubung.

Tegangan pelepasan disebut juga tegangan sisa atau jatuh tegangan IR, adalah tegangan anantara terminal-terminal arrester bila ia sedang melakukan arus surja. Kegagalan sela di pengaruhi oleh kecuraman tegangan yang datang, menentukan tegangan pelepasan permulaan pada arrester. Jatuh tegangan pada elemen kran, yang tergantung pada kecuraman dan besarnya arus surja, menentukan Tegangan Arrester Pada waktu pelepasan. Besarnya pengaruh arrester terhadap sebuah surja tegangan. Efisiensi dari proteksi ditetapkan terutama oleh tegangan pelepasan. Tegangan percikan buat impuls curam bisa jadi lebih besar dari tegangan sisa. Perihal ini dianggap kurang penting sebab waktunya yang singkat sesaat sebelum kegagalan terjadi.

#### **2.5.7. Data Pengenal Arrester**

Data pengenal arrester adalah informasi yang terkait dengan identifikasi dan karakteristik arrester (penangkal petir). Data pengenal arrester penting untuk memastikan bahwa arrester tersebut berfungsi dengan baik dan dapat memberikan perlindungan yang efektif terhadap lonjakan tegangan yang disebabkan oleh petir atau gangguan listrik lainnya. Dengan mempertahankan catatan yang akurat dan terperinci tentang arrester, pemilik atau pengelola sistem proteksi petir dapat

melakukan pemeliharaan yang tepat waktu dan mengganti arrester jika diperlukan untuk menjaga keandalan sistem proteksi.[20]

a. Tegangan Pengenal (Nominal voltage Arrester)

Tegangan pengenal (Nominal voltage Arrester) adalah tegangan dimana arrester masih dapat bekerja sesuai dengan karakteristiknya. Arrester tidak dapat bekerja pada tegangan maksimum sistem yang direncanakan, tetapi mampu memutuskan arus ikutan dari sistem secara efektif. Tegangan pengenal dari arrester harus lebih tinggi dari tegangan fasa sehat ke tanah, jika tidak demikian maka arrester akan melewatkan arus ikutan sistem terlalu besar yang menyebabkan arrester rusak akibat beban lebih termis (thermal overloading).

b. Arus Pelelahan Nominal

Adalah arus pelepasan dengan harga puncak dan bentuk gelombang tertentu yang digunakan untuk menentukan kelas dari arrester sesuai dengan kemampuannya melewatkan arus dan karakteristik perlindungannya melewatkan arus dan karakteristik perlindungannya.

c. Tegangan percik frekuensi daya

Tegangan percikan frekuensi daya adalah tegangan yang terjadi saat terjadi percikan atau busur listrik di dalam sistem tenaga frekuensi daya. Percikan ini dapat terjadi karena berbagai faktor, seperti kelebihan tegangan, kelebihan arus, atau isolasi yang rusak. Tegangan percikan dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan listrik dan menyebabkan gangguan dalam distribusi daya. Besar tegangan efektif frekuensi daya yang membuat terjadinya di sela arrester tidak terpercik jika terjadi hubung singkat atau fasa ke tanah maupun pada saat terjadi operasi hubung-buka (switching operation) disebut dengan tegangan percik frekuensi daya. Untuk alasan ini maka ditentukan tegangan percikan frekuensi jala-jala minimum.

d. Tegangan percik impuls maksimal

Tegangan percik impuls maksimal adalah tegangan puncak tertinggi yang terjadi selama percikan atau lonjakan impuls dalam sistem tenaga listrik. Ini merupakan ukuran kritis dalam mengevaluasi kebutuhan perlindungan dan keamanan sistem

tenaga, karena lonjakan tegangan yang berlebihan dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan listrik dan gangguan dalam operasi jaringan. Tegangan percik impuls maksimal adalah puncak tegangan surja  $1,2/50 \mu\text{s}$ , yang membuat sela arrester pasti terpercik atau yang membuat arrester pasti bekerja. Misalnya ada suatu arrester mempunyai tegangan percik impuls maksimal 65 kV. Jika arrester ini diberi tegangan  $65 \text{ kV}-1,2/50 \mu\text{s}$ , sebanyak 5 kali maka arrester akan terpercik 5 kali.

e. Tegangan peluahan atau tegangan sisa

Tegangan peluahan, juga dikenal sebagai tegangan sisa, adalah tegangan yang tetap ada di sepanjang atau di sekitar suatu bahan isolasi atau peralatan listrik setelah tegangan beban atau eksternal dihilangkan. Tegangan sisa dan tegangan nominal dari suatu arrester tergantung kepada kecuraman gelombang arus yang datang ( $di/dt$  dalam  $\text{A}/\mu\text{s}$ ) dan amplitudo dari arus pelepasan. Untuk menentukan tegangan sisa ini digunakan impuls arus sebesar  $8 \mu\text{s}/20 \mu\text{s}$  (standar IEC) dengan harga puncak arus pelepasan 5 kA dan 10 kA. Untuk harga arus pelepasan yang lebih tinggi maka tegangan sisa tidak akan naik lebih tinggi lagi. Hal ini disebabkan karena karakteristik tahanan yang tidak linear dari arrester. Umumnya tegangan sisa tidak akan melebihi BIL (basic Insulation Level) dari peralatan yang dilindungi walaupun arus pelepasan maksimum mencapai 65 kA hingga 100 kA.

f. Tegangan dasar (Cut-off Voltage)

Tegangan dasar (Cut-off voltage) Adalah tegangan AC maksimal yang diperbolehkan terjadi di terminal arrester, dimana arus susulan yang diakibatkan tegangan tersebut masih dapat dipadamkan.

g. Tegangan Gagal Sela.

Tegangan gagal sela (sparkover voltage) pada arrester adalah tegangan pada saat arrester mulai menyala atau mengalirkan arus untuk melindungi sistem dari lonjakan tegangan yang tidak diinginkan, seperti sambaran petir atau gangguan lainnya. Ketika tegangan pada sistem melebihi tegangan gagal sela arrester, arrester akan berfungsi dengan cepat untuk mengalirkan arus dari saluran listrik ke tanah, menjaga peralatan dan jaringan dari kerusakan yang disebabkan oleh

lonjakan tegangan yang berlebihan. Tegangan gagal sela arrester ini menjadi salah satu parameter penting yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan dan perancangan sistem perlindungan, karena menentukan kapan arrester akan bertindak untuk melindungi sistem. Tegangan yang membuat sela arrester terpercik saat dikenai tegangan surja yang kecuraman muka gelombangnya  $100 \text{ kV}/\mu\text{s}$ /12 kV tegangan pengenal arrester.

#### h. Karakteristik Volt-Waktu (V-t)

Karakteristik volt-waktu adalah salah satu metode untuk mengevaluasi kinerja dan respons arrester terhadap lonjakan tegangan. Ini menggambarkan hubungan antara tegangan percikan sela arrester dan waktu respons arrester terhadap lonjakan tegangan. Secara umum, karakteristik volt-waktu menunjukkan bagaimana tegangan percikan sela arrester berubah seiring dengan waktu responsnya. Biasanya, arrester yang lebih cepat dalam merespons lonjakan tegangan akan memiliki tegangan percikan sela yang lebih rendah. Karakteristik volt-waktu ini digunakan untuk memilih arrester yang sesuai dengan aplikasi tertentu dan memastikan bahwa arrester dapat memberikan perlindungan yang efektif terhadap lonjakan tegangan yang mungkin terjadi dalam sistem listrik.

#### i. Margin.

Margin pada arrester adalah perbedaan antara tegangan operasi arrester dan tegangan percikan sela arrester. Tegangan operasi adalah tegangan maksimum dalam operasi normal, sedangkan tegangan percikan sela adalah saat arrester mulai melindungi dari lonjakan tegangan. Margin arrester yang besar meningkatkan keandalan perlindungan. Dipertimbangkan saat merancang dan memilih surge arrester untuk memastikan perlindungan yang efektif terhadap lonjakan tegangan. Ketahanan suatu peralatan memikul tegangan surja petir, jika dipasang pada suatu sistem bertegangan tertentu disebut (basic Impuls Level). Untuk tegangan sistem tertentu, telah dipasang pada sistem tersebut. Selisih BIL peralatan yang dilindungi dengan tingkat proteksi arrester yang melindunginya disebut margin. Margin biasanya ditetapkan (20-30)% dari BIL peralatan yang dilindungi.

j. Arus Peluahan Maksimal

Arus peluahan maksimal adalah nilai puncak tertinggi dari arus surja  $5/10 \mu\text{s}$  yang dapat dialirkan arrester tanpa merusak arrester. Dewasa ini, arus peluahan maksimal arrester dirancang 100 kA untuk jenis gardu 65 kA untuk arrester jenis saluran.

## 2.6 Parameter-Parameter untuk Menganalisis Kinerja Arrester

Dalam rangka untuk menganalisis kinerja arrester secara komprehensif, terdapat beberapa parameter kunci yang sangat penting dan harus diperhatikan dengan seksama, agar dapat memastikan efektivitas serta keandalannya dalam melindungi sistem distribusi listrik dari berbagai lonjakan tegangan yang berpotensi merusak peralatan distribusi listrik. Adapun parameter-parameternya adalah sebagai berikut :

1. Tegangan Kerja (Operating Voltage)

Parameter pertama yang perlu diperhatikan adalah tegangan kerja, yaitu tegangan yang dihadapi oleh arrester dalam kondisi normal operasional sistem distribusi. Tegangan ini mencerminkan tingkat tegangan yang secara rutin dialami oleh arrester selama berfungsi, sehingga pemahaman mengenai parameter ini sangat penting untuk memastikan bahwa arrester beroperasi dalam batas yang aman dan tidak mengalami gangguan fungsi.

2. Tegangan Clamping (Clamping Voltage)

Tegangan clamping adalah tegangan yang merupakan tegangan maksimum yang diizinkan di sepanjang arrester selama terjadinya lonjakan tegangan. Parameter ini memainkan peran krusial dalam melindungi peralatan listrik yang terhubung, karena tegangan clamping ini ditetapkan untuk memastikan bahwa peralatan tersebut tidak terkena lonjakan tegangan berbahaya yang dapat menyebabkan kerusakan. Dengan kata lain, nilai tegangan clamping yang rendah dapat memberikan perlindungan yang lebih baik bagi sistem distribusi.

3. Tegangan Terputus (Breakdown Voltage)

Tegangan terputus (Breakdown Voltage) adalah tegangan yang merupakan tegangan pada titik tertentu di mana arrester mulai menghantarkan arus dan mulai mengalihkan lonjakan tegangan. Parameter ini menunjukkan kemampuan arrester untuk berfungsi secara efektif dalam menghadapi situasi di mana lonjakan tegangan melebihi batas normal, sehingga sangat penting untuk menentukan kapan arrester akan mulai beraksi.

#### 4. Energi Disipasi (Energy Dissipation)

Energi disipasi adalah jumlah energi yang dapat diserap oleh arrester tanpa mengalami kerusakan. Energi disipasi ini terkait erat dengan kapasitas arrester untuk menangani lonjakan energi yang terjadi akibat berbagai penyebab, seperti sambaran petir atau gangguan lainnya. Oleh karena itu, kemampuan untuk menyerap energi ini sangat penting dalam mencegah kerusakan pada komponen sistem lainnya.

#### 5. Arus Penetrasi (Impulse Current)

Arus penetrasi adalah merupakan arus yang dihasilkan dari lonjakan tegangan akibat sambaran petir yang harus diserap oleh arrester. Parameter ini mencerminkan kemampuan arrester dalam menangani arus yang ekstrem dan dapat memberikan wawasan mengenai seberapa baik arrester dapat melindungi sistem dari gangguan yang disebabkan oleh fenomena alam.

#### 6. Kapasitansi Arrester (Arrester Capacitance)

Kapasitansi arrester adalah merupakan faktor penting yang harus dianalisis, karena kapasitansi ini mempengaruhi kemampuan arrester untuk menyerap dan mengalihkan lonjakan tegangan. Kapasitansi yang tepat akan membantu dalam mempercepat respon arrester terhadap lonjakan tegangan, sehingga memberikan perlindungan yang lebih efektif bagi peralatan yang terhubung dalam sistem distribusi.

### 2.7 Jarak Lindung Arrester

Jarak lindung arrester adalah jarak maksimum di antara dua arrester berturut-turut yang ditempatkan dalam saluran listrik untuk melindungi jaringan dari lonjakan

tegangan atau sambaran petir. Jarak ini dihitung berdasarkan karakteristik arrester dan tegangan yang ingin dilindungi. Pemilihan jarak lindung arrester yang tepat sangat penting dalam perancangan sistem proteksi untuk memastikan bahwa semua bagian penting dari jaringan listrik mendapatkan perlindungan yang memadai terhadap lonjakan tegangan yang mungkin terjadi.

Arrester ditempatkan sedekat mungkin dengan peralatan yang dilindungi. Tetapi untuk memperoleh kawasan perlindungan yang lebih baik, maka ada kalanya arrester ditempatkan dengan jarak tertentu dari peralatan yang dilindungi. Jarak arrester dengan peralatan yang dilindungi berpengaruh terhadap besarnya tegangan yang tiba pada peralatan jika jarak arrester terlalu jauh, maka tegangan yang tiba pada peralatan dapat melebihi tegangan yang dapat dipikulnya. Dalam prakteknya, tegangan mungkin lebih dari perkiraan karena terjadinya isolasi akibat adanya induktansi penghantar yang menghubungkan arrester dengan transformator dan adanya kapasitansi dari transformator itu sendiri. Di samping itu, saat arrester bekerja mengalirkan arus surja ke bumi, maka terjadi jatuh tegangan pada tahanan penghantar penghubung arrester dengan jaringan dan penghubung arrester dengan elektroda pembumian. Jatuh tegangan ini dipengaruhi oleh kenaikan arus surja dan akan menaikkan kenaikan tegangan antara terminal arrester dengan bumi. Adanya perbedaan potensial pembumian transformator dengan potensial pembumian arrester juga menambah tegangan transformator. Oleh karena itu lebih baik membuat penghantar penghubung sependek mungkin dan menghubungkan elektroda pembumian arrester dengan elektroda pembumian transformator. Tahanan pembumian diusahakan serendah mungkin, akan lebih baik jika dapat dibuat dibawah satu Ohm.

Jika diketahui tegangan maksimum yang dapat dipikul transformator (BIL) dalam kV, maka jarak maksimum arrester dari peralatan dapat ditentukan sebagai berikut: [16]

$$S = \frac{V_t - V_a}{2 \times A} \times v \quad (2.5)$$

dimana :

S : Jarak antara arrester dan transformator (m)

V<sub>a</sub> : Tegangan kerja arrester (kV)

V<sub>t</sub> : Tegangan gelombang datang pada jepitan transformator (kV)

A : Kecuraman gelombang datang (kV/s)

v : Kecepatan merambat gelombang (m/s)

Faktor lain yang menentukan besarnya gelombang datang pada peralatan adalah banyaknya percabangan jaringan, maka gelombang surja tersebut akan terbagi ke masing-masing cabang, sehingga besar tegangan yang dapat diterima pada masing-masing adalah:

$$V_t = V_a \left( \frac{2}{n} \right) \quad (2.6)$$

Dimana n adalah jumlah cabang.

Dari persamaan di atas dapat disimpulkan bahwa semakin banyak percabangan jaringan maka tegangan gelombang datang ke peralatan semakin kecil sehingga kerja arrester melakukan gelombang tidak terlalu besar.

## **BAB 3**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1. jenis penelitian**

penelitian “Analisis Kinerja Arrester Untuk Melindungi Peralatan Pada Jaringan Distribusi Akibat Sambaran Petir di PLN ULP Medan Kota” penulis menggunakan jenis penelitian kuantitatif dan kualitatif. Kuantitatif adalah melakukan pengumpulan data berdasarkan pengukuran yang dilakukan dalam penelitian ini yang hasil dari pengukuran itu diselesaikan dalam bentuk matematis sedangkan jenis penelitian kualitatif adalah melakukan analisis penelitian berdasarkan data pengukuran kuantitatif.

#### **3.2 Studi Literatur**

Studi literatur adalah pengumpulan referensi dari buku-buku, penelitian sebelumnya dan jurnal-jurnal dari internet yang berhubungan atau yang dapat mendukung teori penyelesaian penelitian “Analisis Kinerja Arrester untuk Melindungi Peralatan Pada Jaringan Distribusi Akibat Sambaran Petir di ULP Medan Kota ”

#### **3.3 Pelaksanaan Penelitian**

##### **3.3.1 Lokasi Penelitian**

Penelitian ini akan dilaksanakan di PLN ULP Medan Kota

##### **3.3.2 Waktu Penelitian**

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan April 2024.

#### **3.4 Objek Penelitian**

Objek penelitian yang digunakan merupakan objek yang mendukung proses analisis kinerja arrester pada jaringan distribusi ULP Medan Kota. Berdasarkan hal tersebut maka dipilih beberapa objek khusus antara lain adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis kinerja arrester pada jaringan distribusi di ULP Medan Kota

2. Menganalisis pengaruh penempatan arrester terhadap efektivitas kinerja pada peralatan distribusi.

### **3.5 Data Penelitian Kinerja Arrester**

Untuk membandingkan dan menganalisis sistem distribusi 20 kV di PLN ULP Medan Kota terhadap konsep koordinasi isolasi, maka perlu diketahui data peralatan arrester pada PLN ULP Medan Kota yang ada dan terpasang saat ini. Data lightning arrester dibagi 3 bagan, yaitu :

### **3.6 Metode Analisis Data**

Untuk menganalisis kinerja arrester dalam melindungi peralatan pada jaringan distribusi tegangan menengah (JTM), beberapa parameter kunci harus dianalisis. Berikut adalah rumus-rumus untuk menganalisis kinerja arrester

#### **3.6.1 Tegangan Kerja (Operating Voltage)**

Tegangan Kerja (Operating Voltage) adalah Tegangan rata-rata sistem dimana arrester beroperasi.

$$V_{op} = V_{nominal} \cdot k \quad (3.1)$$

Dimana:

$V_{op}$  : Tegangan kerja (Volt)

$V_{nominal}$  : Tegangan nominal sistem (Volt)

$K$  : faktor keamanan

#### **3.6.2 Tegangan Clamping (Clamping Voltage)**

Tegangan Clamping (Clamping Voltage) adalah Tegangan maksimum yang dapat diteruskan oleh arrester sebelum mengalihkan lonjakan tegangan ke tanah.[16]

$$V_c = V_{max} + (I \cdot R) \quad (3.2)$$

Dimana :

Tegangan clamping (Volt)

$V_{max}$  : Tegangan lonjakan maksimum (Volt)

$I$  : Arus lonjakan (Ampere)

$R$  : Resistansi arrester. (Ohm)

### 3.6.3 Tegangan Breakdown (Breakdown Voltage)

Tegangan Breakdown (Breakdown Voltage) adalah Definisi: Tegangan pada titik dimana arrester mulai menghantarkan arus dan mengalihkan lonjakan tegangan.

$$V_{bd} = V_{clamping} + (I \cdot R_{arrester}) \quad (3.3)$$

Dimana :

$V_{bd}$  : Tegangan breakdown (Volt)

$V_{clamping}$  : Tegangan clamping (Volt)

$I$  : Arus lonjakan (Ampere)

$R_{arrester}$  : Resistansi arrester (Ohm)

### 3.6.4 Energi Disipasi (Energy Dissipation)

Energi Disipasi (Energy Dissipation) adalah Jumlah energi yang dapat diserap oleh arrester tanpa mengalami kerusakan.

$$E = \frac{1}{2} V^2 \quad (3.4)$$

Di mana:

$E$  : Energi disipasi (Joule)

$C$  : kapasitansi arrester (Farad)

$V$  : tegangan lonjakan (Volt)

### 3.6.5 Arus Penetrasi (Impulse Current)

Arus Penetrasi (Impulse Current) adalah Arus lonjakan yang diterima oleh arrester selama kejadian lonjakan tegangan.

$$I_{imp} = \frac{V_{imp}}{R_{arrester}} \quad (3.5)$$

$I_{imp}$  : Arus impuls (Amper)

$V_{imp}$  : tegangan lonjakan (Volt)

$R_{arrester}$  : resistansi ( $\Omega$ )

### 3.6.8 Kapasitansi Arrester (Arrester Capacitance)

Kapasitansi Arrester (Arrester Capacitance) adalah Kapasitansi arrester mempengaruhi kemampuannya untuk menyerap dan mengalihkan lonjakan tegangan. Kapasitansi ini berperan penting dalam menentukan seberapa efektif arrester dapat melindungi peralatan listrik dari kerusakan, karena semakin tinggi kapasitansi, semakin baik kemampuan arrester untuk menyerap energi berlebih.

$$C = \frac{Q}{V} \quad (3.8)$$

$C$  : Kapasitansi (Farad)

$Q$  : Muatan (Coulomb)

$V$  : Tegangan (Volt)

## 3.7 Jarak Lindung Arrester

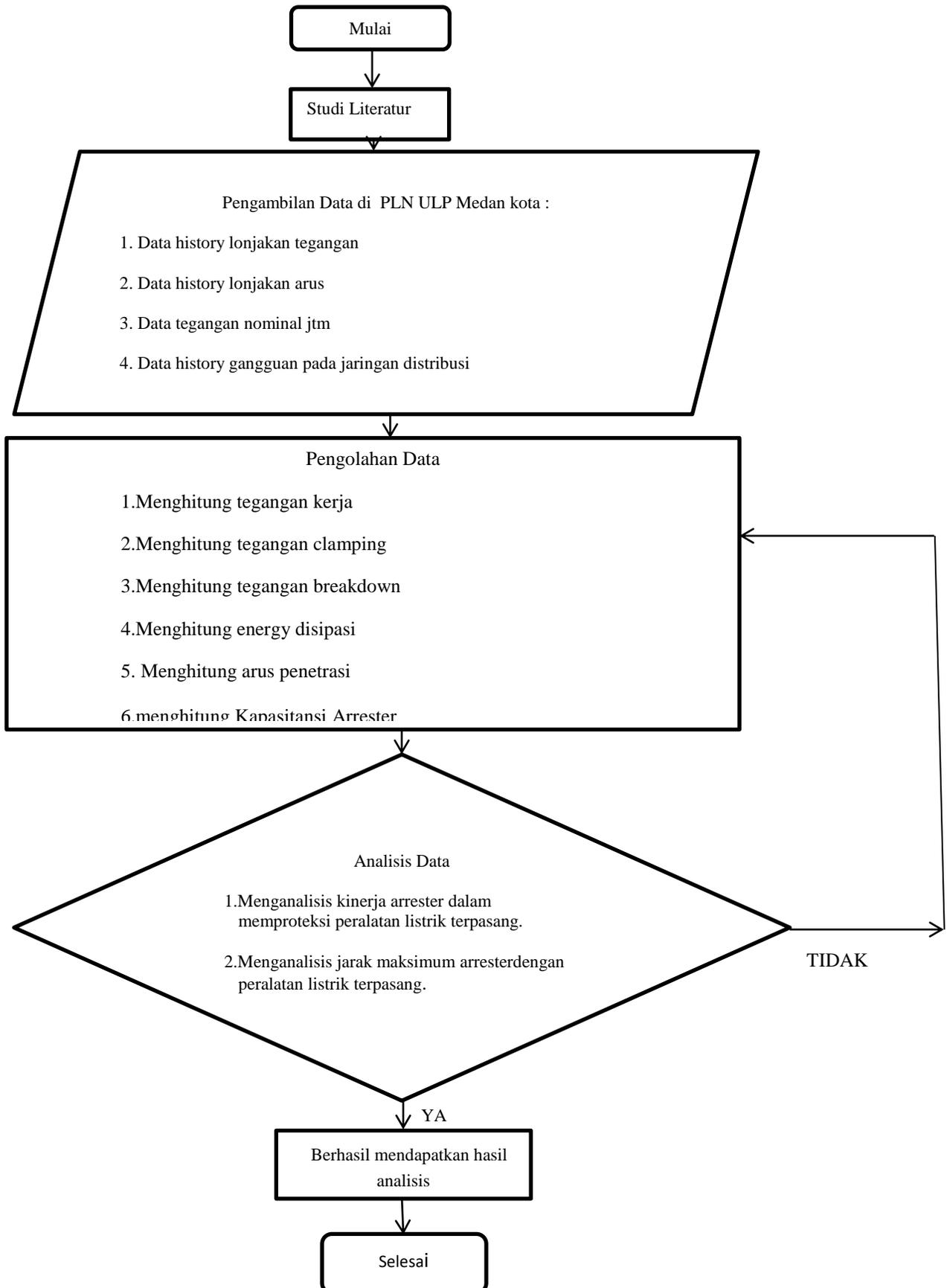
Jarak lindung arrester pada jaringan distribusi 20 kV adalah jarak minimum yang harus diperhatikan antara arrester (alat perlindungan petir) dan objek atau peralatan yang dilindungi dalam sistem distribusi listrik. Jarak ini ditentukan untuk memastikan efektivitas perlindungan dari sambaran petir dan lonjakan tegangan yang dapat merusak peralatan listrik.

$$s = k x V \quad (3.9)$$

dimana :

- S : Jarak antara arrester (m)
- K : Faktor Koefesien Arrester ( m/V )
- V : Tegangan nominal arrester (kV)

### 3.8 Diagram Alir Penelitian



## BAB IV HASIL PENELITIAN

### 4.1 Data Penelitian Kinerja Arrester

Untuk menganalisis kinerja arrester pada sistem distribusi 20 kV di PLN ULP Medan Kota maka diperlukan data history lonjakan tegangan data history lonjakan arus dan data history gangguan pada jaringan distribusi di PLN ULP Medan Kota.

#### 4.1.1 Data History Lonjakan Tegangan

Berikut Adalah Tabel Data History lonjakan tegangan di PLN ULP Medan Kota

Tabel 4.1 Data Histori Lonjakan Tegangan

No	Tanggal	Waktu	TD	PNY	ULP	Keterangan	Lonjakan Tegangan (kV)	Status
1	2/9/2024	15:30	TD 1	LK4	Medan Kota	Murni Baru	25	Normal
2	3/9/2024	18:35	TD 1	LK5	Medan Kota	Murni Baru	22	Normal
3	8/9/2024	19:40	TD 1	LK7	Medan Kota	Murni Kota	23	Normal
4	9/9/2024	14:45	TD 1	LK8	Medan Kota	Murni Kota	24	Normal
5	10/9/2024	15:50	TD 1	LK10	Medan Kota	Murni Kota	21	Normal
6	13/9/2024	17:55	TD 2	LI1	Medan Kota	Murni Kota	22	Normal
7	15/9/2024	16:15	TD 2	LI3	Medan Kota	Murni Kota	25	Normal
8	16/9/2024	18:05	TD 2	LI4	Medan Kota	Murni Kota	20	Normal
9	21/9/2024	15.00	TD 2	LI5	Medan Kota	Murni Kota	19	Normal
10	25/9/2024	19.20	TD 2	LI7	Medan Kota	Murni Kota	22	Normal

#### 4.1.2 Data History Lonjakan Arus

Berikut Adalah Tabel Data History lonjakan arus di PLN ULP Medan Kota

Tabel 4.2 Data Histori Lonjakan Arus

No	Tanggal	Waktu	TD	PNY	ULP	Keterangan	Lonjakan Arus (kA)	Status
1	2/9/2024	15:30	TD 1	LK4	Medan Kota	Murni Kota	10	Normal
2	3/9/2024	18:35	TD 1	LK5	Medan Kota	Murni Kota	8	Normal
3	8/9/2024	19:40	TD 1	LK7	Medan Kota	Murni Kota	9	Normal
4	9/9/2024	14:45	TD 1	LK8	Medan Kota	Murni Kota	9	Normal
5	10/9/2024	15:50	TD 1	LK10	Medan Kota	Murni Kota	7	Normal
6	13/9/2024	17:55	TD 2	LI1	Medan Kota	Murni Kota	7	Normal
7	15/9/2024	16:15	TD 2	LI3	Medan Kota	Murni Kota	10	Normal
8	16/9/2024	18:05	TD 2	LI4	Medan Kota	Murni Kota	6	Normal
9	21/9/2024	15.00	TD 2	LI5	Medan Kota	Murni Kota	5	Normal
10	25/9/2024	19.20	TD 2	LI7	Medan Kota	Murni Kota	8	Normal

#### 4.1.2 Data History gangguan – gangguan pada jaringan distribusi di PLN ULP

##### Medan Kota

Berikut Adalah Tabel Data History gangguan – gangguan di PLN ULP Medan Kota

Tabel 4.3 Data Histori Gangguan

No	Tanggal	Waktu	TD	PNY	ULP	Keterangan	Jenis Gangguan
1	2/9/2024	15:30	TD 1	LK4	Medan Kota	Murni Kota	Gangguan, lonjakan arus dan tegangan akibat petir
2	3/9/2024	18:35	TD 1	LK5	Medan Kota	Murni Kota	Gangguan, lonjakan arus dan tegangan akibat petir
3	8/9/2024	19:40	TD 1	LK7	Medan Kota	Murni Kota	Gangguan, lonjakan arus dan tegangan akibat petir
4	9/9/2024	14:45	TD 1	LK8	Medan Kota	Murni Kota	Gangguan, lonjakan arus dan tegangan akibat petir
5	10/9/2024	15:50	TD 1	LK10	Medan Kota	Murni Kota	Gangguan, lonjakan arus dan tegangan akibat petir
6	13/9/2024	17:55	TD 2	LI1	Medan Kota	Murni Kota	Gangguan, lonjakan arus dan tegangan akibat petir
7	15/9/2024	16:15	TD 2	LI3	Medan Kota	Murni Kota	Gangguan, lonjakan arus dan tegangan akibat petir
8	16/9/2024	18:05	TD 2	LI4	Medan Kota	Murni Kota	Gangguan, lonjakan arus dan tegangan akibat petir
9	21/9/2024	15.00	TD 2	LI5	Medan Kota	Murni Kota	Gangguan, lonjakan arus dan tegangan akibat petir
10	25/9/2024	19.20	TD 2	LI7	Medan Kota	Murni Kota	Gangguan, lonjakan arus dan tegangan akibat petir

## 4.2 Analisis Lighting Arrester

Pada sub bab ini akan dibahas mengenai analisis kinerja arrester berdasarkan parameter – parameter kinerja arrester yaitu menghitung tegangan kerja (operating voltage), tegangan clamping (clamping voltage), tegangan terputus, (Breakdown voltage), energy dissipasi (energy dissipation), arus penetration (impulse current) dan kapasitansi arrester.

### 4.2.1 Tegangan kerja (Operating voltage)

Untuk menentukan tegangan kerja arrester (Operating Voltage) di PLN ULP Medan Kota, peneliti akan menggunakan rumus yang telah ditetapkan, yang berfungsi untuk memastikan bahwa arrester dapat beroperasi secara optimal dalam sistem kelistrikan. Penentuan tegangan kerja ini sangat penting, karena berkaitan langsung dengan kemampuan arrester dalam melindungi peralatan dari lonjakan tegangan yang berpotensi merusak peralatan distribusi. Dengan menggunakan rentang faktor keamanan, tegangan kerja arrester untuk sistem 20 kV maka diperoleh tegangan kerja peralatan sebesar :

$$V_{op} = V_{nominal} \cdot k \quad (4.1)$$

$$V_{op} = 20 \times 0,85$$

$$V_{op} = 17 \text{ kv}$$

Jadi, tegangan kerja arrester dengan faktor keamanan 0,85 dengan tegangan nominal 20 kV adalah 17 kV.

### 4.2.2 Tegangan Clamping (Clamping Voltage)

Pada bagian ini, akan dibahas analisis tegangan clamping yang dihasilkan oleh arrester pada jaringan distribusi PLN ULP Medan Kota. Tegangan clamping adalah nilai maksimum tegangan yang dapat diterima oleh arrester ketika terjadi lonjakan, yang diukur dengan rumus:

$$V_c = V_{max} + (I.R) \quad (4.2)$$

Dari Data table 4.1, diperoleh data lonjakan tegangan (KV) sebagai berikut:

25, 22, 23, 24, 21, 22, 25, 20, 19, 22

Dan data lonjakan arus ( kA) adalah:

10, 8, 9, 9, 7, 7, 10, 6, 5, 8

Resistansi yang digunakan untuk arrester adalah 1 ohm.

Maka nilai tegangan clamping untuk setiap pasangan data lonjakan tegangan dan lonjakan arus.Menggunakan rumus diatas adalah sebagai berikut:

1. Data 1:

$$V_{mak} = 25 \text{ KV}$$

$$I_{mak} = 10 \text{ KA}$$

$$V_{clamping} = V_{mak} + (I.R)$$

$$V_{clamping} = 25 + (10.1)$$

$$V_{clamping} = 35 \text{ KV}$$

2. Data 2:

$$V_{mak} = 22 \text{ KV}$$

$$I_{mak} = 8 \text{ KA}$$

$$V_{clamping} = V_{mak} + (I.R)$$

$$V_{\text{clamping}} = 22 + (8.1)$$

$$V_{\text{clamping}} = 30 \text{ KV}$$

3. Data 3:

$$V_{\text{mak}} = 23 \text{ KV}$$

$$I_{\text{mak}} = 9 \text{ KA}$$

$$V_{\text{clamping}} = V_{\text{mak}} + (I.R)$$

$$V_{\text{clamping}} = 23 + (9.1)$$

$$V_{\text{clamping}} = 32 \text{ KV}$$

4. Data 4:

$$V_{\text{mak}} = 24 \text{ KV}$$

$$I_{\text{mak}} = 9 \text{ KA}$$

$$V_{\text{clamping}} = V_{\text{mak}} + (I.R)$$

$$V_{\text{clamping}} = 24 + (9.1)$$

$$V_{\text{clamping}} = 33 \text{ KV}$$

5. Data 5:

$$V_{\text{mak}} = 21 \text{ KV}$$

$$I_{\text{mak}} = 7 \text{ KA}$$

$$V_{\text{clamping}} = V_{\text{mak}} + (I.R)$$

$$V_{\text{clamping}} = 21 + (7)$$

$$V_{\text{clamping}} = 28 \text{ KV}$$

6. Data 6:

$$V_{\text{mak}} = 22 \text{ KV}$$

$$I_{\text{mak}} = 7 \text{ KA}$$

$$V_{\text{clamping}} = V_{\text{mak}} + (I.R)$$

$$V_{\text{clamping}} = 22 + (7.1)$$

$$V_{\text{clamping}} = 29 \text{ KV}$$

## 7. Data 7:

$$V_{\text{mak}} = 25 \text{ KV}$$

$$I_{\text{mak}} = 10 \text{ KA}$$

$$V_{\text{clamping}} = V_{\text{mak}} + (I.R)$$

$$V_{\text{clamping}} = 25 + (10.1)$$

$$V_{\text{clamping}} = 35 \text{ KV}$$

## 8. Data 8:

$$V_{\text{mak}} = 20 \text{ KV}$$

$$I_{\text{mak}} = 6 \text{ KA}$$

$$V_{\text{clamping}} = V_{\text{mak}} + (I.R)$$

$$V_{\text{clamping}} = 20 + (6.1)$$

$$V_{\text{clamping}} = 26 \text{ KV}$$

## 9. Data 9:

$$V_{\text{mak}} = 25 \text{ KV}$$

$$I_{\text{mak}} = 10 \text{ KA}$$

$$V_{\text{clamping}} = V_{\text{mak}} + (I.R)$$

$$V_{\text{clamping}} = 19 + (5.1)$$

$$V_{\text{clamping}} = 24 \text{ KV}$$

## 10. Data 10:

$$V_{\text{mak}} = 22 \text{ KV}$$

$$I_{\text{mak}} = 8 \text{ KA}$$

$$V_{\text{clamping}} = V_{\text{mak}} + (I.R)$$

$$V_{\text{clamping}} = 22 + (8.1)$$

$$V_{\text{clamping}} = 30 \text{ KV}$$

Setelah menghitung nilai tegangan clamping untuk setiap pasangan data lonjakan tegangan dan lonjakan arus. Maka diperoleh nilai tegangan tegangan clamping sebagai berikut:

#### 4.4 hasil tegangan clamping

No	V mak(kV)	Imak(kA)	Vclamping (kV)
1	25	10	35
2	22	8	30
3	23	9	32
4	24	9	33
5	21	7	28
6	22	7	29
7	25	10	35
8	20	6	26
9	19	5	24
10	22	8	30

#### 4.2.3 Tegangan Breakdown (Breakdown Voltage)

Tegangan breakdown adalah parameter penting dalam evaluasi kinerja arrester, menunjukkan tegangan maksimum yang dapat diterima oleh arrester sebelum terjadi kerusakan. Tegangan breakdown dihitung dengan menggunakan rumus:

$$V_{bd} = V_{clamping} + (I \cdot R_{arrester}) \quad (4.3)$$

Dari Data table 4.3 diperoleh data Tegangan Clamping (KV) sebagai berikut:

35, 30, 32, 33, 28, 29, 35, 26, 24, 30

Dan data lonjakan arus ( kA) adalah:

10 , 8, 9, 9, 7, 7, 10, 6, 5, 8

Resistansi yang digunakan untuk arrester adalah 1 ohm.

Maka nilai tegangan breakdown untuk setiap pasangan data tegangan clamping dan lonjakan arus. Menggunakan rumus diatas adalah sebagai berikut :

## 1. Data 1:

$$V_{\text{breakdown}} = 35 \text{ KV}$$

$$I_{\text{mak}} = 10 \text{ KA}$$

$$V_{\text{breakdown}} = V_{\text{mak}} + (I.R)$$

$$V_{\text{breakdown}} = 35 + (10.1)$$

$$V_{\text{breakdown}} = 45 \text{ KV}$$

## 2. Data 2 :

$$V_{\text{breakdown}} = 30 \text{ KV}$$

$$I_{\text{mak}} = 8 \text{ KA}$$

$$V_{\text{breakdown}} = V_{\text{mak}} + (I.R)$$

$$V_{\text{breakdown}} = 30 + (8.1)$$

$$V_{\text{breakdown}} = 38 \text{ KV}$$

## 3. Data 3 :

$$V_{\text{breakdown}} = 32 \text{ KV}$$

$$I_{\text{mak}} = 9 \text{ KA}$$

$$V_{\text{breakdown}} = V_{\text{mak}} + (I.R)$$

$$V_{\text{breakdown}} = 32 + (9.1)$$

$$V_{\text{breakdown}} = 41 \text{ KV}$$

## 4. Data 4 :

$$V_{\text{breakdown}} = 33 \text{ KV}$$

$$I_{\text{mak}} = 9 \text{ KA}$$

$$V_{\text{breakdown}} = V_{\text{mak}} + (I.R)$$

$$V_{\text{breakdown}} = 33 + (9.1)$$

$$V_{\text{breakdown}} = 42 \text{ KV}$$

## 5. Data 5 :

$$V_{\text{breakdown}} = 28 \text{ KV}$$

$$I_{\text{mak}} = 7 \text{ KA}$$

$$V_{\text{breakdown}} = V_{\text{mak}} + (I.R)$$

$$V_{\text{breakdown}} = 28 + (7.1)$$

$$V_{\text{breakdown}} = 35 \text{ KV}$$

## 6. Data 6 :

$$V_{\text{breakdown}} = 29 \text{ KV}$$

$$I_{\text{mak}} = 7 \text{ KA}$$

$$V_{\text{breakdown}} = V_{\text{mak}} + (I.R)$$

$$V_{\text{breakdown}} = 29 + (7.1)$$

$$V_{\text{breakdown}} = 36 \text{ KV}$$

## 7. Data 7 :

$$V_{\text{breakdown}} = 35 \text{ KV}$$

$$I_{\text{mak}} = 10 \text{ KA}$$

$$V_{\text{breakdown}} = V_{\text{mak}} + (I.R)$$

$$V_{\text{breakdown}} = 35 + (10.1)$$

$$V_{\text{breakdown}} = 45 \text{ KV}$$

## 8. Data 8 :

$$V_{\text{breakdown}} = 26 \text{ KV}$$

$$I_{\text{mak}} = 6 \text{ KA}$$

$$V_{\text{breakdown}} = V_{\text{mak}} + (I.R)$$

$$V_{\text{breakdown}} = 26 + (6.1)$$

$$V_{\text{breakdown}} = 32 \text{ KV}$$

## 9. Data 9 :

$$V_{\text{breakdown}} = 24 \text{ KV}$$

$$I_{\text{mak}} = 5 \text{ KA}$$

$$V_{\text{breakdown}} = V_{\text{mak}} + (I.R)$$

$$V_{\text{breakdown}} = 24 + (5.1)$$

$$V_{\text{breakdown}} = 29 \text{ KV}$$

10. Data 10 :

$$V_{\text{breakdown}} = 30 \text{ KV}$$

$$I_{\text{mak}} = 8 \text{ KA}$$

$$V_{\text{breakdown}} = V_{\text{mak}} + (I.R)$$

$$V_{\text{breakdown}} = 30 + (8.1)$$

$$V_{\text{breakdown}} = 38 \text{ KV}$$

Setelah menghitung nilai Tegangan Breakdown untuk setiap pasangan data lonjakan tegangan clamping dan lonjakan arus. Maka diperoleh nilai Tegangan Breakdown sebagai berikut:

Table 4.5 Tegangan Breakdown

No	V clamping(kV)	Imak(kA)	Vbreakdown (kV)
1	35	10	45
2	30	8	38
3	32	9	41
4	33	9	42
5	28	7	35
6	29	7	36
7	35	10	45
8	26	6	32
9	24	5	29
10	30	8	38

#### 4.2.4 Energi dissipasi arrester (Energy Dissipation)

Energi dissipasi adalah jumlah total energi yang dapat diserap oleh arrester tanpa mengalami kerusakan atau kegagalan sehingga berfungsi untuk melindungi sistem dari lonjakan tegangan yang berpotensi merusak peralatan. Saat terjadi

lonjakan tegangan, energi dissipasi pada arrester dihitung dengan menggunakan rumus:

$$E = \frac{1}{2} C \cdot V^2 \quad (4.4)$$

Dari Data table 4.1, diperoleh data lonjakan tegangan (KV) sebagai berikut:

25, 22, 23, 24 , 21, 22, 25, 20, 19, 22

Kapasitansi arrester yang digunakan adalah 0,1 ohm.

Maka nilai energy dissipasi nya adalah sebagai berikut :

1. Data 1 :

$$C = 0,1 \mu\text{F}$$

$$V = 25000 \text{ V}$$

$$E = \frac{1}{2} C \cdot V^2$$

$$E = \frac{1}{2} (0,1)(10^{-6})(25000^2)$$

$$E = (0,5)(0,1)(10^{-6})(625000000)$$

$$E = 31,25 \text{ joule}$$

2. Data2 :

$$C = 0,1 \mu\text{F}$$

$$V = 22 \text{ KV}$$

$$E = \frac{1}{2} C \cdot V^2$$

$$E = \frac{1}{2} (0,1)(10^{-6})(22000^2)$$

$$E = (0,5)(0,1)(10^{-6})(484000000)$$

$$E = 24,2 \text{ joule}$$

3. Data3 :

$$C = 0,1 \mu\text{F}$$

$$V = 23 \text{ KV}$$

$$E = \frac{1}{2} C \cdot V^2$$

$$E = \frac{1}{2} (0,1)(10^{-6})(23000^2)$$

$$E = (0,5)(0,1)(10^{-6})(592000000)$$

$$E = 26,45 \text{ joule}$$

4. Data4 :

$$C = 0,1 \mu\text{F}$$

$$V = 24 \text{ KV}$$

$$E = \frac{1}{2} C \cdot V^2$$

$$E = \frac{1}{2} (0,1)(10^{-6})(24000^2)$$

$$E = (0,5)(0,1)(10^{-6})(576000000)$$

$$E = 28,8 \text{ joule}$$

5. Data5 :

$$C = 0,1 \mu\text{F}$$

$$V = 21 \text{ KV}$$

$$E = \frac{1}{2} C \cdot V^2$$

$$E = \frac{1}{2}(0,1)(10^{-6})(21000^2)$$

$$E = (0,5)(0,1)(10^{-6})(441000000)$$

$$E = 22,05 \text{ joule}$$

6. Data6 :

$$C = 0,1 \mu\text{F}$$

$$V = 22 \text{ KV}$$

$$E = \frac{1}{2}C \cdot V^2$$

$$E = \frac{1}{2}(0,1)(10^{-6})(22000^2)$$

$$E = (0,5)(0,1)(10^{-6})(484000000)$$

$$E = 24,2 \text{ joule}$$

7. Data7 :

$$C = 0,1 \mu\text{F}$$

$$V = 25 \text{ KV}$$

$$E = \frac{1}{2}C \cdot V^2$$

$$E = \frac{1}{2}(0,1)(10^{-6})(25000^2)$$

$$E = (0,5)(0,1)(10^{-6})(625000000)$$

$$E = 31,25 \text{ joule}$$

8. Data8 :

$$C = 0,1 \mu\text{F}$$

$$V = 20 \text{ KV}$$

$$E = \frac{1}{2} C \cdot V^2$$

$$E = \frac{1}{2} (0,1)(10^{-6})(20000^2)$$

$$E = (0,5)(0,1)(10^{-6})(400000000)$$

$$E = 20 \text{ joule}$$

9. Data9 :

$$C = 0,1 \mu\text{F}$$

$$V = 19 \text{ KV}$$

$$E = \frac{1}{2} C \cdot V^2$$

$$E = \frac{1}{2} (0,1)(10^{-6})(19000^2)$$

$$E = (0,5)(0,1)(10^{-6})(361000000)$$

$$E = 18,05 \text{ joule}$$

10. Data10 :

$$C = 0,1 \mu\text{F}$$

$$V = 22 \text{ KV}$$

$$E = \frac{1}{2} C \cdot V^2$$

$$E = \frac{1}{2} (0,1)(10^{-6})(22000^2)$$

$$E = (0,5)(0,1)(10^{-6})(484000000)$$

$$E = 24,2 \text{ joule}$$

Setelah menghitung nilai energy dissipasi untuk setiap data lonjakan tegangan. Maka diperoleh nilai energy dissipasi arrester sebagai berikut:

Table 4.6 Energi Dissipasi

No	V maks(kV)	C(μF)	E(joule)
1	25	0,1	31,25
2	22	0,1	24,2
3	23	0,1	26,45
4	24	0,1	28,8
5	21	0,1	22,05
6	22	0,1	24,2
7	25	0,1	31,25
8	20	0,1	20
9	19	0,1	18,05
10	22	0,1	24,2

#### 4.2.5 Arus penetrasi (Impulse Current)

Arus penetrasi adalah parameter dalam analisis kinerja arrester dalam melindungi peralatan pada jaringan distribusi dari sambaran petir. Arus ini menggambarkan besarnya arus lonjakan yang dapat melewati arrester sebelum mencapai peralatan yang dilindungi. Arus penetrasi dihitung dengan menggunakan rumus:

$$I_{imp} = \frac{V_{imp}}{R_{arrester}} \quad (4.5)$$

Dari Data table 4.1, diperoleh data lonjakan tegangan (KV) sebagai berikut:

25, 22, 23, 24 , 21, 22, 25, 20, 19, 22

Resistansi yang digunakan untuk arrester adalah 1 ohm.

Maka nilai arus penetrasi untuk setiap data lonjakan Menggunakan rumus diatas adalah sebagai berikut :

1. Data 1 :

$$V1 = 25 \text{ Kv}$$

$$I_{imp} = \frac{V_{imp}}{R_{arrester}}$$

$$I_{imp} = \frac{25000}{1}$$

$$I_{imp} = 25000 \text{ A}$$

2. Data 2 :

$$V2 = 22 \text{ Kv}$$

$$I_{imp} = \frac{V_{imp}}{R_{arrester}}$$

$$I_{imp} = \frac{22000}{1}$$

$$I_{imp} = 22000 \text{ A}$$

3. Data 3 :

$$V3 = 23 \text{ Kv}$$

$$I_{imp} = \frac{V_{imp}}{R_{arrester}}$$

$$I_{imp} = \frac{23000}{1}$$

$$I_{imp} = 23000 \text{ A}$$

4. Data 4 :

$$V1 = 24 \text{ Kv}$$

$$I_{imp} = \frac{V_{imp}}{R_{arrester}}$$

$$I_{imp} = \frac{24000}{1}$$

$$I_{imp} = 24000 \text{ A}$$

5. Data 5 :

$$V5 = 21 \text{ Kv}$$

$$I_{imp} = \frac{V_{imp}}{R_{arrester}}$$

$$I_{imp} = \frac{21000}{1}$$

$$I_{imp} = 21000 \text{ A}$$

6. Data 6 :

$$V1 = 21 \text{ Kv}$$

$$I_{imp} = \frac{V_{imp}}{R_{arrester}}$$

$$I_{imp} = \frac{22000}{1}$$

$$I_{imp} = 22000 \text{ A}$$

7. Data 7 :

$$V7 = 25 \text{ Kv}$$

$$I_{imp} = \frac{V_{imp}}{R_{arrester}}$$

$$I_{imp} = \frac{25000}{1}$$

$$I_{imp} = 25000 \text{ A}$$

8. Data 8 :

$$V8 = 20 \text{ Kv}$$

$$I_{imp} = \frac{V_{imp}}{R_{arrester}}$$

$$I_{imp} = \frac{20000}{1}$$

$$I_{imp} = 20000 \text{ A}$$

9. Data 9 :

$$V9 = 19 \text{ Kv}$$

$$I_{imp} = \frac{V_{imp}}{R_{arrester}}$$

$$I_{imp} = \frac{19000}{1}$$

$$I_{imp} = 19000 \text{ A}$$

10. Data 10 :

$$V1 = 22 \text{ Kv}$$

$$I_{imp} = \frac{V_{imp}}{R_{arrester}}$$

$$I_{imp} = \frac{22000}{1}$$

$$I_{imp} = 22000 \text{ A}$$

Setelah menghitung nilai Arus penetrasi untuk setiap data lonjakan tegangan. Maka diperoleh nilai Arus penetrasi arrester sebagai berikut:

Table 4.7 Arus Penetrasi

No	V maks(kV)	R( $\Omega$ )	I(KA)
1	25	1	25
2	22	1	22
3	23	1	23
4	24	1	24
5	21	1	21
6	22	1	22
7	25	1	25
8	20	1	20
9	19	1	19
10	22	1	22

#### 4.2.6 Kapasitansi arrester (Arrester capacitance)

Kapasitansi arrester adalah kemampuan arrester untuk menyimpan muatan listrik. Dalam arrester, kapasitansi berfungsi untuk meredam lonjakan tegangan dengan cara menyerap sebagian energi yang dihasilkan oleh sambaran petir. Kapasitansi ini diukur dalam farad (F) dan berpengaruh pada impedansi serta frekuensi resonansi dari sistem. Kapasitansi arrester dihitung dengan menggunakan rumus:

$$C = \frac{Q}{V} \quad (4.6)$$

Dari Data table 4.1, diperoleh data lonjakan tegangan (KV) sebagai berikut:

25, 22, 23, 24, 21, 22, 25, 20, 19, 22

Muatan yang digunakan adalah  $2\mu\text{C}$ .

Maka nilai Kapasitansi arrester nya adalah sebagai berikut :

1. Data 1 :

$$V1 = 25 \text{ Kv}$$

$$C = 2 \mu\text{C}$$

$$C = \frac{Q}{V}$$

$$C = \frac{2 \times 10^{-9}}{25000}$$

$$C = \frac{2 \times 10^{-9}}{25 \times 10^3}$$

$$C = 80 \text{ pF}$$

2. Data 2 :

$$V1 = 22 \text{ Kv}$$

$$C = \frac{Q}{V}$$

$$C = \frac{2 \times 10^{-9}}{22000}$$

$$C = \frac{2 \times 10^{-9}}{22 \times 10^3}$$

$$C = 90,9 \text{ pF}$$

3. Data 3 :

$$V1 = 23 \text{ Kv}$$

$$C = \frac{Q}{V}$$

$$C = \frac{2 \times 10^{-9}}{23000}$$

$$C = \frac{2 \times 10^{-9}}{23 \times 10^3}$$

$$C = 87.0 \text{ pF}$$

4. Data 4 :

$$V_1 = 24 \text{ Kv}$$

$$C = \frac{Q}{V}$$

$$C = \frac{2 \times 10^{-9}}{24000}$$

$$C = \frac{2 \times 10^{-9}}{24 \times 10^3}$$

$$C = 83,3 \text{ pF}$$

5. Data 5 :

$$V_1 = 21 \text{ Kv}$$

$$C = \frac{Q}{V}$$

$$C = \frac{2 \times 10^{-9}}{21000}$$

$$C = \frac{2 \times 10^{-9}}{21 \times 10^3}$$

$$C = 95,2 \text{ pF}$$

6. Data 6 :

$$V_1 = 22 \text{ Kv}$$

$$C = \frac{Q}{V}$$

$$C = \frac{2 \times 10^{-9}}{22000}$$

$$C = \frac{2 \times 10^{-9}}{22 \times 10^3}$$

$$C = 90,9 \text{ pF}$$

7. Data 7 :

$$V1 = 25 \text{ Kv}$$

$$C = \frac{Q}{V}$$

$$C = \frac{2 \times 10^{-9}}{25000}$$

$$C = \frac{2 \times 10^{-9}}{25 \times 10^3}$$

$$C = 80 \text{ pF}$$

8. Data 1 :

$$V1 = 20 \text{ Kv}$$

$$C = \frac{Q}{V}$$

$$C = \frac{2 \times 10^{-9}}{20000}$$

$$C = \frac{2 \times 10^{-9}}{20 \times 10^3}$$

$$C = 100 \text{ pF}$$

9. Data 9 :

$$V1 = 19 \text{ Kv}$$

$$C = \frac{Q}{V}$$

$$C = \frac{2 \times 10^{-9}}{19000}$$

$$C = \frac{2 \times 10^{-9}}{19 \times 10^3}$$

$$C = 105,3 \text{ pF}$$

10. Data 10 :

$$V_1 = 22 \text{ Kv}$$

$$C = \frac{Q}{V}$$

$$C = \frac{2 \times 10^{-9}}{22000}$$

$$C = \frac{2 \times 10^{-9}}{22 \times 10^3}$$

$$C = 90,9 \text{ pF}$$

Setelah menghitung nilai kapasitansi arrester untuk setiap data lonjakan tegangan. Maka diperoleh nilai kapasitansi arrester sebagai berikut:

Table 4.8 Kapasitansi Arrester

No	V maks(kV)	Q ( $\mu\text{C}$ )	C (pF)
1	25	2	80
2	22	2	90,9
3	23	2	87,0
4	24	2	83,3
5	21	2	95,2
6	22	2	90,9
7	25	2	80
8	20	2	100
9	19	2	105,3
10	22	2	90,9

#### 4.2 Analisis Jarak Lindung Arrester

Jarak pemasangan arrester dengan peralatan yang tepat sangat berpengaruh terhadap efektivitas perlindungan yang diberikan. Pemasangan yang tidak sesuai dapat mengurangi kemampuan arrester dalam melindungi peralatan, meningkatkan risiko kerusakan, dan berpotensi mengganggu kestabilan sistem distribusi secara

keseluruhan. Untuk menentukan jarak pemasangan arrester dengan peralatan distribusi digunakan rumus:

$$s = k \times V \quad (4.7)$$

Di mana:

S = Jarak Lindung (m)

K = Faktor Koefisien Arrester (m/V)

V = Tegangan Nominal (V)

Untuk nilai faktor koefisien arrester yang digunakan adalah 0,3 dan untuk nilai tegangan nominal arrester adalah 20 kv. Maka jarak lindung arrester untuk peralatan distribusi adalah sebagai berikut :

$$s = k \times V$$

$$s = 0,3 \times 20.00$$

$$s = 600 \text{ cm}$$

$$s = 6 \text{ m}$$

Dari pembahasan jarak penempatan diatas dapat disimpulkan bahwa jarak penempatan arrester dengan peralatan masih dalam batas yang dibolehkan. Dengan demikian, bila terjadi gangguan tegangan lebih akibat sambaran petir pada jaringan distribusi 20 kV, lightning arrester segera dapat mengamankannya.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, dapat ditarik kesimpulan:

1. Kinerja Arrester: Analisis menunjukkan bahwa arrester memiliki kinerja yang baik dalam melindungi peralatan distribusi 20 kV, dengan parameter seperti tegangan kerja, tegangan clamping, dan tegangan breakdown berada dalam batas aman yang ditentukan.
2. Jarak Lindung arrester: Jarak pemasangan arrester yang tepat sangat krusial, dengan hasil analisis menunjukkan jarak lindung sebesar 6 m, memastikan perlindungan efektif terhadap lonjakan tegangan.
3. Kapasitansi dan Energi Dissipasi: Kapasitansi arrester dan energi dissipasi yang dihitung menunjukkan kemampuan arrester dalam menyerap lonjakan energi.
4. Agar kinerjanya tetap optimal dan dapat mengantisipasi kemungkinan lonjakan tanpa mengalami kerusakan, mendukung keberlanjutan sistem distribusi.

#### **5.2 SARAN**

Untuk meningkatkan tingkat keandalan proteksi petir dari lightning arrester dapat dilakukan dengan :

1. Peningkatan Pemeliharaan: Disarankan untuk melakukan pemeliharaan rutin pada arrester tegangan.
2. Studi Lebih Lanjut: Penelitian lebih lanjut tentang faktor lingkungan dan pengaruhnya terhadap kinerja arrester perlu dilakukan untuk meningkatkan efektivitas perlindungan.
3. Evaluasi Jarak Pemasangan: Rekomendasikan evaluasi berkala terhadap jarak pemasangan arrester, terutama pada area dengan frekuensi sambaran petir tinggi, untuk memastikan perlindungan tetap optimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Satya Prawira, T. Wrahatnolo, T. Rijanto, and T. Elektro, "Analisis Kinerja Lightning Arrester Akibat Sambaran Petir Sebagai Proteksi Transformator Di PT. PLN (Persero) Distribusi Lamongan," vol. 4, no. 2, pp. 771–780, 2023.
- [2] S. Rezki, Teuku Mahmuda Rahmat, Muliadi, "Analisis Pemasangan Arrester Pada Gardu Distribusi Penyulang Johan Pahlawan ULP Meulaboh Kota," *Aceh J. Electr. Eng. Technol.*, vol. 3, no. 1, pp. 25–32, 2023, [Online]. Available: <https://ejournal.unidaaceh.ac.id/index.php/ajeetech/article/view/532%0Ahttps://ejournal.unidaaceh.ac.id/index.php/ajeetech/article/download/532/447>.
- [3] R. Saragih, Yusniati, R. Nasution, and Armansyah, "Studi Peralatan Proteksi Sambaran Petir Lightning Arrester Pada Jaringan Distribusi 20 KV," *J. Electr. Technol.*, vol. 5, no. 1, pp. 32–36, 2020.
- [4] F. Bramantyo, R. Rohana, and S. Hardi, "Pemodelan Perlindungan Sambaran Petir Pada Transformator Daya Di Gardu Induk Tegangan Tinggi," *J. Al Ulum LPPM Univ. Al Washliyah Medan*, vol. 11, no. 1, pp. 1–6, 2023, doi: 10.47662/alulum.v11i1.431.
- [5] I. M. Asna *et al.*, "Analisis Konstruksi Posisi Lightning Arrester Di Gardu Distribusi Km 0003 Penyulang Subagan Wilayah Kerja PT PLN (Persero) ULP Karangasem," *J. Ilm. Telsinas Elektro, Sipil dan Tek. Inf.*, vol. 4, no. 1, pp. 46–55, 2022, doi: 10.38043/telsinas.v4i1.2143.
- [6] A. Wardoyo, M. T. Tamam, D. Nova, and K. Hardani, "Analisis Perbandingan Pola Pemasangan Arrester pada Jaringan Distribusi 20 kV PT . PLN Area Cilacap," vol. 15, no. 2, pp. 145–153, 2018.
- [7] R. A. Adam, "Analisis Kinerja Lightning Arrester (LA) Berdasarkan Arus Bocor Pada Gardu Induk 150 kV Solobaru PT. PLN (Persero) UPT Salatiga," pp. 1–68, 2022, [Online]. Available: <https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/jet/article/view/2566/1709>.
- [8] A. Mahmudah and L. Liliana, "Analisis Jarak Penempatan Arrester Sebagai Pengaman Transformator Daya Dari Gangguan Surja Petir," *Briliant J. Ris. dan Konseptual*, vol. 8, no. 3, p. 731, 2023, doi: 10.28926/briliant.v8i3.1290.
- [9] P. Studi, T. Elektro, F. Teknik, and U. B. Tarakan, "Evaluasi penempatan arrester pada penyulang 5 jaringan sistem distribusi 20 kv pt. pln tarakan skripsi," 2024.
- [10] I. Sains, U. Pengembangan, M. Tantangan, A. D. Putra, H. Tasmono, and R. S. Widagdo, "Analisis Jarak Optimum Penempatan Lightning Arrester Pada Transformator Daya di GI Sukolilo," pp. 197–208, 2024.
- [11] J. T. Elektro, P. N. Bali, K. B. Jimbaran, and K. Selatan, "LIGHTNING ARRESTER DI GARDU DISTRIBUSI BERBASIS," vol. 7, no. 1, pp. 8–14, 2024.

- [12] E. Harda Arya, Ermawati, and Fadhli Palaha, "Analisa Karakteristik Arrester pada Gardu Distribusi 20 kV ST 350 Penyulang Merpati," *J. Surya Tek.*, vol. 9, no. 2, pp. 503–510, 2022, doi: 10.37859/jst.v9i2.4367.
- [13] L. F. Viera Valencia and D. Garcia Giraldo, "jaringan tegangan menengah 20 kv," *Angew. Chemie Int. Ed.* 6(11), 951–952., vol. 2, pp. 6–19, 2019.
- [14] A. A. Nurhakim, R. Ikhsan, and A. Rasyid, "Model Distribusi Potensial Listrik dan Medan Listrik pada Isolator Porselen Tegangan Menengah 20 kV Berbasis FEM," *Edu Elektr. J.*, vol. 10, no. 2, pp. 42–46, 2021, [Online]. Available: <https://journal.unnes.ac.id>.
- [15] J. Napitupulu, Y. Ginting, and M. L. Gaol, "Keandalan Peralatan Pengaman Jaringan Distribusi Pada Pt Pln Rayon Medan Timur," *Jurnalteknologi Energi Uda*, vol. VIII, no. September, pp. 62–72, 2019.
- [16] M. F. Maskun, "Analisis perbandingan efektivitas penempatan Fuse Cut Out (FCO) terhadap Lightning Arrester (LA) pada gardu distribusi ULP Daya," *Semin. Nas. Tek. Elektro dan Inform.*, vol. 8, no. 1, pp. 416–420, 2023.
- [17] Ibnu Hajar, "Kajian Pemasangan Lightning Arrester Pada Sisi HV Transformator Daya Unit Satu Gardu Induk Teluk Betung," *Energi & Kelistrikan*, vol. 9, no. 2, pp. 168–179, 2017, [Online]. Available: <https://www.neliti.com/publications/269597/kajian-pemasangan-lightning-arrester-pada-sisi-hv-transformator-daya-unit-satu-g>.
- [18] J. Ilmiah and M. Indonesia, "Mutiara," vol. 1, no. 2, pp. 164–185, 2023.
- [19] D. Pada, P. T. Pln, P. Ulp, P. Raflesia, and P. Raflesia, "ANALISIS PEMASANGAN LIGHTNING ARRESTER PADA JARINGAN Aryanto , 2 Zakia Lutfiani," vol. 3, no. 2, 2023.
- [20] G. al riady, "PETIR, MENENGAH (SUTM) 20 KV TERHADAP SAMBARAN Paiti), (Studi Kasus : PT. PLN (Persero) Rayon Lima Puluh Kota Penyulang Muaro," , *Anal. Sist. PROTTEGANGANEKSI SALURAN Udar.*, 2021.

# LAMPIRAN



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA (UMSU)  
FAKULTAS TEKNIK-TEKNIK ELEKTRO

## BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

Nama : SAHABUDIN IQBAL  
NPM : 2007220069  
Fakultas/Jurusan : Teknik/ Teknik Elektro  
Judul Tugas Akhir : "Analisis Kinerja Arrester Untuk Melindungi Peralatan Pada Jaringan Distribusi Akibat Sambaran Petir Di PLN ULP Medan Kota"

No	Tanggal	Catatan Asistensi	Paraf Pembimbing
1.	3/1/2019	- PERBAIKI JUDUL - PERBAIKI DAFTAR ISI	
2.	10/1/2019	- PERBAIKI RUMUSAN MASALAH - PERBAIKI LAJUR BELAKANG, - PERBAIKI TUJUAN	
3.	16/1/2019	- PERBAIKI TULISAN PADA BAB I - PERBAIKI BAHASAN MASALAH	
4.	20/2/2019	- PERBAIKI TULISAN, MENDELEY RUMUS, MATERI BAB 1 SD BAB 3	
5.	2/3/2019	- DIAGRAM ALIR	
6.	9/3/2019	ACC SEMINAR PROPOSAL	

Mengetahui,  
Pembimbing I

Dr. ROHANA, S.T., M.T



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA (UMSU)  
FAKULTAS TEKNIK-TEKNIK ELEKTRO

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

Nama : SAHABUDIN IQBAL  
NPM : 2007220069  
Fakultas/Jurusan : Teknik/ Teknik Elektro  
Judul Tugas Akhir : "Analisis Kinerja Arrester Untuk Melindungi Peralatan Pada Jaringan Distribusi Akibat Sambaran Petir Di PLN ULP Medan Kota"

No	Tanggal	Catatan Asistensi	Paraf Pembimbing
1.	10/7/24	- PERBAIKI DIAGRAM ALIR PENELITIAN - TAMBAHKAN GANGGUAN PADA ARRESTER	
2.	17/7/24	- TAMBAHKAN SPESIFIKASI ARRESTER - MANFAAT SPESIFIKASI ARRESTER	
3.	24/7/24	- TAMBAHKAN DAMPAK SAMBARAN PETIR PADA JTM - MEKANISME PERINDUKSIAN ARRESTER	

Mengetahui,  
Pembimbing I

Dr. ROHANA, S.T.,M.T



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA (UMSU)  
FAKULTAS TEKNIK-TEKNIK ELEKTRO

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

Nama : SAHABUDIN IQBAL  
NPM : 2007220069  
Fakultas/Jurusan : Teknik/ Teknik Elektro  
Judul Tugas Akhir : "Analisis Kinerja Arrester Untuk Melindungi Peralatan Pada Jaringan Distribusi Akibat Sambaran Petir Di PLN ULP Medan Kota"

No	Tanggal	Catatan Asistensi	Paraf Pembimbing
4.	5/8/20	- TAMBAHKAN BAB <u>IV</u> YANG BERHUBUNGAN DENGAN KINERJA ARRESTER - JARAK PEMASANGAN ARRESTER - KOORDINASI ISOLASI - TAMBAHKAN BAB <u>IV</u>	
5.	29/8/20	- PERBAIKI KINERJA ARRESTER - TAMBAHKAN PARAMETER KINERJA ARRESTER - ANALISIS KINERJA LENGKAP - SIMULASI LENGKAP	
6.	26/8/20	ACC SEMINAR HASIL	

Mengetahui,  
Pembimbing I

Dr. ROHANA, S.T., M.T.



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA (UMSU)  
FAKULTAS TEKNIK-TEKNIK ELEKTRO

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

Nama : SAHABUDIN IQBAL  
NPM : 2007220069  
Fakultas/Jurusan : Teknik/ Teknik Elektro  
Judul/Tugas Akhir : "Analisis Kinerja Arrester Untuk Melindungi Peralatan Pada Jaringan Distribusi Akibat Sambaran Petir Di PLN ULP Medan Kota"

No	Tanggal	CatatanAsistensi	Paraf Pembimbing
1.	14/9/24	- PERBAIKI BAB IV - PERBAIKI TABEL - ANALISIS KINERJA LENGKAP - LENGKAPI DAPUS.	
2.	28/9/24	- ACC SIDRANG.	

Mengetahui,  
Pembimbing I

Dr. ROFLANA, S.T., M.T

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### DATA PRIBADI

Nama Lengkap : Sahabudin Iqbal  
Alamat : Jl. Raya Desa Cupak, Kec. Danau  
Kerinci, Kab Kerinci, Provinsi Jambi  
Npm : 2007220069  
Tempat/Tanggal Lahir : Cupak, 27 Juni 2001  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Agama : Islam  
Status : Belum Menikah  
No. Telepon/WathsApp : 082262651868  
Email : [sahabudin.iqbal27@gmail.com](mailto:sahabudin.iqbal27@gmail.com)  
Tinggi/Berat Badan : 168 Cm/68 Kg  
Kewarganegaraan : Indonesia

### ORANG TUA

Nama Ayah : Susilo  
Agama : Islam  
Nama Ibu : Marwiyah  
Agama : Islam  
Alamat : Jl Raya Desa Cupak, Kec. Danau  
Kerinci, Kab Kerinci, Provinsi Jambi

### RIWAYAT PENDIDIKAN

Tahun 2009-2015 : SD NEGERI 86/III CUPAK  
Tahun 2015-2017 : MTSS ARAFAH SUNGAI PENUH  
Tahun 2017-2020 : MAN 1 SUNGAI PENUH  
Tahun 2020-2024 : S1 Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah  
Sumatera Utara (UMSU)