

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Jaringan listrik di Indonesia mempunyai tegangan yang berbeda-beda sesuai dengan tingginya tegangan yang terjadi atau dihasilkan, ada jaringan menengah, tegangan tinggi dan tegangan extra tinggi.

Gangguan listrik pada Gardu Induk dapat disebabkan oleh faktor internal dan eksternal. Faktor internal dapat seperti kurangnya peralihan sendiri sedangkan faktor eksternal dapat berupa kesalahan manusia dan dapat karena gangguan alam seperti petir, banjir, gempa, angin dan lain-lain. Faktor-faktor yang dapat menyebabkan terjadinya gangguan pada sistem transmisi salah satunya adalah surjapetir. Petir sering menyebabkan gangguan pada sistem tegangan tinggi dari 150 sampai 500 kV. Karena letak Negara Indonesia di daerah tropis gangguan yang sering dialami adalah gangguan yang disebabkan oleh alam yaitu petir yang menyebabkan tegangan berlebih.

Gardu induk sebagai salah satu tempat penting karena sebagai penyalur energi ke konsumen perlu dilindungi atau di proteksi dari gangguan yang disebabkan oleh petir. Lightning Arrester atau sering disebut penangkal petir adalah alat pelindung bagi peralatan sistem tenaga listrik terhadap surjapetir. Aresster membentuk jalan yang mudah dilalui oleh arus petir, sehingga tidak timbul tegangan lebih yang tinggi pada peralatan.

Jalan pintas itu harus sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu aliran arus sistem 50 Hz dan pada kerja normal aresster berlaku sebagai isolator dan apabila timbul surjama aresster berlaku sebagai konduktor, yang dapat melewatkan aliran arus yang tinggi ke tanah. Setelah surjahilang, aresster harus dengan cepat kembali menjadi isolator, sehingga pemutus daya tidak sempat membuka. Peralatan dapat dilindungi dengan menempatkan aresster sedekat mungkin pada peralatan tersebut dan tidak perlu menggunakan alat pelindung pada tiap bagian peralatan yang akan dilindungi.

Walaupun pengaruh gelombang berjalan akan menimbulkan tegangan yang lebih tinggi di tempat yang agak lebih jauh dari arrester, peralatan masih dapat dilindungi dengan baik bila jarak arrester dan peralatan masih dalam batas yang diizinkan.

Tetapi untuk memperoleh perlindungan yang lebih baik, maka adakalanya arrester ditempatkan dengan jarak tertentu dari peralatan transformator yang dilindungi, pemasangan arrester pada setiap gardu induk berbeda penempatan dan kedudukannya. Pemasangan, penempatan dan pemilihan arrester sangat mempengaruhi kinerja lighting arrester dalam memproteksi trafo dan peralatan lainnya yang terdapat di Gardu induk. Oleh karena itu, dari uraian di atas maka penelitian tentang arrester akan disusun dalam sebuah skripsi dengan judul “Studi Analisis Pemilihan Dan Pemasangan Arrester Aplikasi Transformator Pada Gardu Induk Pematang Siantar”.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Maka perumusan masalah adalah sebagai berikut:

1. Apa saja yang perlu diperhatikan dalam pemilihan dan pemasangan Lightning Arrester
2. Berapa jarak optimum Arrester dengan Trafo saat terjadi tegangan berlebih pada Gardu Induk Pematang Siantar
3. Analisa penempatan arrester dalam memproteksi Trafo yang Terdapat pada Gardu Induk Pematang Siantar

## **1.3 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dalam Tugas Akhir ini akan penulis batasi masalah seperti, hanya membahas pemilihan dan pemasangan arrester EMP tipe 2MB150 yang terhubung dengan transformator Tipe Xian yang ada pada Gardu induk P3B Sumatera UPT P. Siantar Jalan Sangnawaluh.

## **1.4 Tujuan Penulisan**

Adapun tujuan Tugas Akhir ini adalah untuk mengetahui cara pemilihan dan pemasangan Arrester pada Gardu Induk P3B Sumatera UPT P. Siantar Jalan Sangnawaluh.

### **1.5 Metodologi Penulisan**

Didalam memenuhi dan melengkapi data data yang diperlukan untuk memperkuat penulisan skripsi ini, penulis melakukan berbagai macam metode antara lain : Studi Literatur dengan mempelajari buku-buku (teks book) yang berhubungan dengan tugas akhir ini, baik yang bersumber dari media cetak, elektronik dan internet.

Diskusi Interaktif adalah Melakukandiskusidalam bentuk tanya jawab dengan pihak PT. PLN (Persero) terkait hal-hal yang berkaitan dengan Arrester dan Transformator yang ada pada Gardu induk tersebut, dan Pengamatan lapangan langsung ke Gardu Induk P3B Sumatera UPT P. Siantar Jalan Sangnawaluh, setelah pengamatan dilakukan maka selanjutnya adalah menganalisis dan membandingkan hasil yang dilapang dengan perhitungan dari buku atau media cetak lainnya.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Untuk mempermudah pembahasan, maka Tugas Akhir ini akan dibagi menjadi lima bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

Bagian awal terdiri atas halaman sampul depan, halaman judul, halaman pengesahan, Abstrak, kata pengantar, daftar isi, daftar gambar, lampiran.

Bagian utamaterdiri atas pendahuluan yang berisikan tentang latar belakang permasalahan, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penulisan, metodologi penelitian dan sistematika penulisan, setelah pendahuluan adalah landasan teori yang berisikan tentang teori arrester, dan peristiwa petir, setelah landasan teori adalah metodologi penulisan yang berisikan pembahasantentang tempat penelitian yaitu Gardu Induk P3B Sumatera UPT P. Siantar Jalan Sangnawaluh, lokasi dan waktu penelitian dan jalannya penelitian.

Setelah metodologi penelitian maka bab selanjutnya adalah hasil dan pembahasanyang berisikan tentang data penelitiandanpembahasanhasilpenelitian, setelah itu maka selanjutnya adalah kesimpulan dan saranyang merupakan rangkuman dari semua pembahasan.

## **BAB II**

### **TEORI ARRESTER DAN GARDU INDUK**

#### **2.1 Umum**

Seperti yang kita ketahui bahwa pusat pembangkit listrik umumnya dihubungkan dengan saluran transmisi udara yang menyalurkan tenaga listrik dari pusat pembangkit ke pusat-pusat konsumsi tenaga listrik, yaitu gardu-gardu induk (GI). Sedangkan saluran transmisi udara ini rawan sekali terhadap sambaran petir yang menghasilkan gelombang berjalan (surja tegangan) yang dapat masuk ke Gardu induk. Oleh karena itu, setiap gardu induk harus ada lightning arrester. Selain itu lightning arrester harus berada di depan setiap transformator dan harus terletak sedekat mungkin dengan transformator. Hal ini perlu karena pada petir yang merupakan gelombang berjalan menuju transformator akan melihat transformator sebagai 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. Untuk mencegah terjadinya hal ini, Lightning arrester harus dipasang sedekat mungkin dengan transformator.

Dari uraian di atas lightning arrester diciptakan untuk mengatasi gangguan yang berasal dari sambaran petir.

#### **2.2 Peristiwa Petir**

Petir merupakan peristiwa alam yang mengenai muatan listrik dan pelepasan listrik elektrostatik antara awan bermuatan dengan awan dan antara awan bermuatan dengan bumi

##### **2.2.1 Mekanisme sambaran petir**

Kristal es yang aktif mempunyai kandungan muatan yang positif dan air hujan biasanya mengandung muatan negative. Dipengaruhi gravitasi bumi, butir air hujan terpolarisasi akan bergerak turun yang menyebabkan ion negative ditarik dan ion positif ditolak sehingga pada daerah bagian bawah akan terhimpun muatan negative yang menciptakan muatan terpisah dalam awan.

Awan bagian bawah yang bermuatan negative menginduksikan muatan positif di permukaan bumi sehingga menyebabkan munculnya tegangan antar

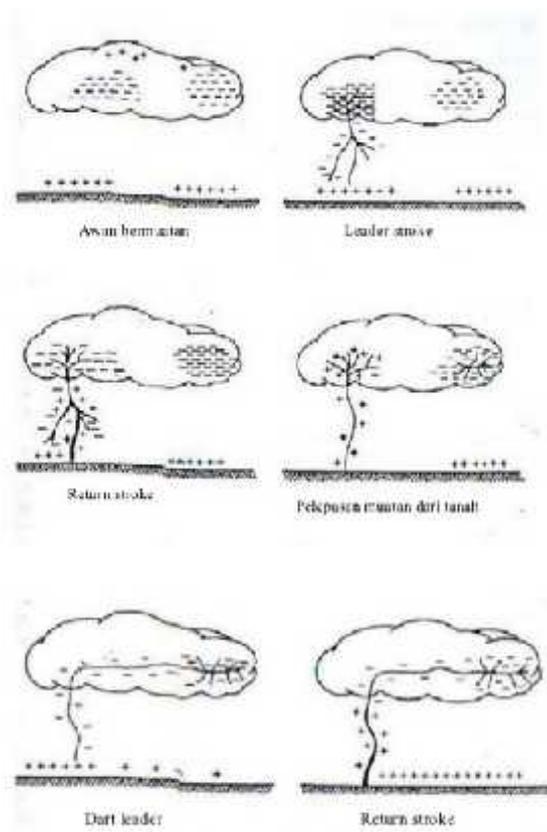
awan bermuatan dengan bumi. Bila tegangan telah melebihi kekuatan listrik udara 30 kV/cm maka terjadi pelepasan energy ( leader stroke) yang bergerak dari awan ke bumi.

Setelah leader stroke, terjadi sambaran kembali (*return stroke*) dari bumi ke awan melalui jalan yang sama. Peristiwa ini menyebabkan adanya perbedaan tegangan yang cukup besar antara muatan positif di bumi dengan muatan negative di awan. Beberapa saat kemudian terjadi lagi sambaran dari awan ke bumi melalui jalan yang sama(*dart leader*) lalu terjadi return stroke dan peristiwa ini disebut *multiple stroke*

Peristiwa petir terdiri dari beberapa sambaran yaitu :

- Leader stroke
- Return stroke
- Dart stroke
- Return stroke

Gambar dari sambaran petir dapat dilihat dibawah ini



Gambar 2.1. Sambaran petir

## **2.3Efek Sambaran Petir**

### **2.3.1Sambaran Tidak Langsung**

Muatan induksi yang muncul pada jaringan yang disebabkan oleh sambaran petir ke bumi dan oleh sambaran petir dari awan ke awan. Pada umumnya lompatan api yang ditimbulkan tidak terlalu besar, sehingga bukan merupakan masalah yang serius

### **2.3.2 Sambaran Langsung**

Sambarn petir dari awan langsung ke jaringan yang menyebabkan tegangan naik dengan cepat pada daerah sambaran.Daerah yang terkena sambaran dapat terjadi pada daerah tower, kawat petir dan kawat pengantar.

## **2.4 Lightning Arrester**

### **2.4.1 Pengertian dan Fungsi :**

Arrester atau biasa juga lightning arrester adalah suatu alat pelindung bagi peralatan sstem tenaga listrik terhadap surja petir (surge). Alat pelindung terhadap gangguan surja ini berfungsi melindungi peralatan system tenaga listrik dengan cara membatasi surja tegangan lebih yang datang dan mengalirkannya ke tanah.

Sesuai dengan fungsi itu maka arrester harus dapat menahan tegangan system pada frekuensi 50 hz untuk waktu yang terbatas dan harus dapat melewati surja arus ke tanah tanpa mengalami kerusakan pada arrester itu sendiri.

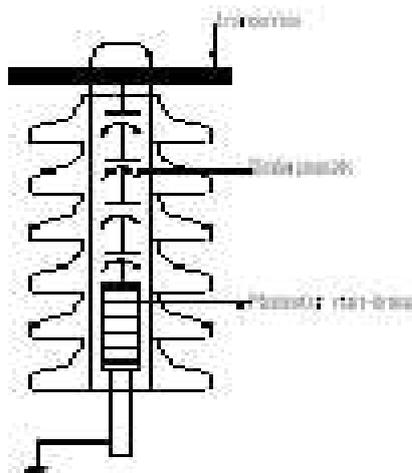
Arrester berlaku sebagai jalan pintasdi sekitar isolasi.Arrester membentuk jalan yang mudah untuk dilalui oleh arus kilat atau petir, sehingga tidak timbul tegangan lebih yang nilainya tinggi pada peralatan.Selain melindungi peralatan dari tegangan lebih yang diakibatkan oleh tegangan lebih eksternal, arrester juga melindungi peralatan dari tegangan lebih yang diakibatkan oleh tegangan lebih internal seperti surja hubung.Selain itu arrester juga merupakan kunci dalam koordinasi isolasi suatu sistem tenaga listrik.

Bila surja hubung datang ke gardu induk maka arrester akan bekerja melepaskan muatan listrik serta mengurangi tegangan abnormal yang mengenai peralatan dalam gardu induk. 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 dan perbandingan dua tegangan ini disebut rasio proteksi arrester

Tingkat isolasi bahan arrester harus berada dibawah tingkat isolasi bahan transformator agar apabila sampai terjadi flashover, maka flashover diharapkan terjadi pada arrester dan tidak pada transformator.

Beberapa bagian penting dari sebuah arrester yaitu :



Gambar 2.2. Penampang Arrester

### 1. Elektroda

Elektroda- elektroda adalah terminal dari arrester yang dihubungkan dengan bagian yang bertegangan di bagian atas, dan elektroda bawah dihubungkan dengan tanah.

### 2. Sela percikan

Apabila terjadi tegangan lebih yang diakibatkan oleh sambaran petir atau surja hubung pada arrester yang terpasang maka pada sela percikan( spark gap) akan terjadi loncatan busur api dan ditiup keluar oleh tekanan gas yang di timbulkan oleh tabung fiber yang terbakar

### 3. Tahanan katup

Tahanan yang dimasukkan dalam arrester ini adalah suatu jenis material yang sifat tahanannya dapat berubah apabila mendapatkan perubahan tegangan.

## 2.5 Prinsip Kerja Arrester (L.A)

Pada umumnya prinsip kerja Arrester cukup sederhana yaitu membentuk jalan yang mudah dialalui oleh petir, sehingga tidak timbul tegangan lebih tinggi pada peralatan listrik lainnya. Pada kondisi kerja yang normal, arrester berlaku sebagai isolasi tetapi bila timbul surja akibat adanya petir maka arrester akan berlaku sebagai konduktor yang berfungsi melewatkan aliran arus yang tinggi ke tanah. Setelah tegangan surja itu hilang maka arrester haus dengan cepat kembali menjadi isolator sehingga PMT tidak sempat membuka. Pada kondisi yang normal ( tidak terkena petir) , arus bocor arrester tidak boleh melebihi 2 mA. Apabila melebihi angka tersebut, berarti kemungkinan besar arrester mengalami kerusakan. Pada pokoknya arrester terdiri dari 2 unsur :

1. Sela api (spark gap)
2. Tahanan tak linear

### 2.5.1 Tahanan Tak Linier

Batas atas dan batas bawah dari tegangan percikan ditentukan oleh tegangan sistem maksimum dan oleh tingkat isolasi peralatan yang dilindungi. Apabila arester digunakan hanya melindungi isolasi terhadap bahaya kerusakan karena gangguan dengan tidak memperdulikan akibatnya terhadap pelayanan, maka cukup dipakai sela batang yang memungkinkan terjadinya percikan pada waktu tegangannya mencapai keadaan bahaya. Tegangan sistem bolak-balik akan tetap mempertahankan busur api sampai pemutus bebannya dibuka. Dengan menyambung sela api ini dengan sebuah tahanan, maka mungkin apinya dapat dipadamkan. Jika tahanannya mempunyai sebuah harga tetap, maka jatuh tegangannya menjadi besar sekali sehingga maksud melindungi isolasi pun gagal. Oleh sebab itu, dipakailah tahanan kran, yang mempunyai sifat khusus bahwa tahanannya kecil sekali bila tegangannya dan arusnya besar. Bila tegangan lebih habis dan tegangan normal tinggal, tahanannya naik lagi sehingga arus susulannya dibatasi sampai kira-kira 50 ampere. Arus susulan ini akhirnya dimatikan oleh sela api pada waktu tegangan sistemnya mencapai titik nol yang pertama sehingga alat ini bertindak

sebagai sebuah kran yang menutup arus, oleh karena itu, maka disebut tahanan kran.

Arus susulan tidak selalu terjadi tiap kali arester bekerja, ada tidaknya tergantung dari saat terjadinya tegangan lebih, hal ini disebabkan karena arus susulan tersebut dipadamkan pada arus nol yang pertama.

## 2.6 Pemilihan Tingkat Isolasi Dasar (BIL)

BIL ini menyatakan tingkat isolasi terhadap petir. Agar pemakaian arester dalam koordinasi isolasi dapat memberikan hasil yang maksimal perlu berpedoman pada asas-asas. Dan salah satu asasnya adalah. Daerah perlindungan harus mempunyai jangkauan yang cukup untuk melindungi semua peralatan gardu induk yang mempunyai BIL (*Basic Insulation Level*) atau lebih tinggi dari daerah perlindungan.

Untuk menghitung dari margin perlindungan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$IM = (BIL / KIA - 1) \times 100\%$$

Keterangan:

IM = Impuls Margin (%)

KIA = Tegangan pelepasan maksimum arester (kV)

BIL = Tingkat isolasi dasar (kV)

Berdasarkan rumus diatas ditentukan tingkat perlindungan untuk trafo daya. Kriteria yang berlaku untuk MP > 20% dianggap cukup untuk melindungi transformator.

## 2.7 Jarak Penempatan Arestor Dengan Trafo

Penempatan arester yang baik adalah menempatkan arester sedekat mungkin dengan peralatan yang dilindungi. Jarak arester dengan peralatan yang dilindungi digunakan

persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} E_a &= A t + A(t - 2 S / v) \\ &= 2 A t - 2 A S / v \end{aligned}$$

Keterangan:

$E_a$  = Tegangan percik arester (*arester sparkover voltage*)

$E_p$  = Tegangan pada jepitan trafo

$A = \frac{de}{dt}$  = kecuraman gel datang, dan dianggap konstan

$S$  = Jarak antara arester dengan trafo (m)

$v$  = kecepatan merambat gelombang

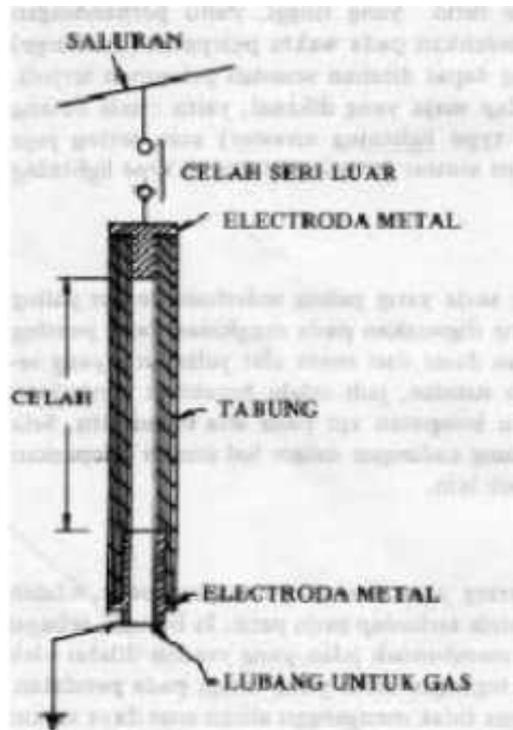
## 2.8 Jenis- Jenis Arrester

Arrester yang umumnya diketahui terdiri dari dua jenis yaitu :

1. Arrester jenis ekspulsi (expulsion type) atau tabung pelindung(protector tube)
2. Arrester katup (valve type)

### 2.8.1 Arrester Jenis Ekspulsi Atau Tabung Pelindung

Lightning Arrester jenis ekspulsi atau tabung pelindung ini pada prinsipnya terdiri dari sela percik yang berada dalam tabung serat dan sela percik yang berada diluar udara atau disebut juga sela seri



Gambar 2.3. Arrester jenis ekspulsi

### **2.8.2 Prinsip Kerja Lightning Arrester Jenis Ekspulsi**

Bila ada tegangan surja yang tinggi sampai pada jepitan arrester, kedua sela percik, yang didalam maupun yang di dalam tabung serat, tembus seketika dan membentuk jalan penghantar dalam bentuk busur api. Jadi arrester menjadi konduktor dengan impedansi yang rendah dan menyalurkan petir/surja dan arus daya sistem bersama-sama ke bumi. Panas yang timbul akibat mengalirnya arus petir menguapkan sedikit bahan dinding tabung serat, sehingga gas yang di timbulkan menyembur dan memadamkan api pada waktu arus susulan melewati titik nolnya.

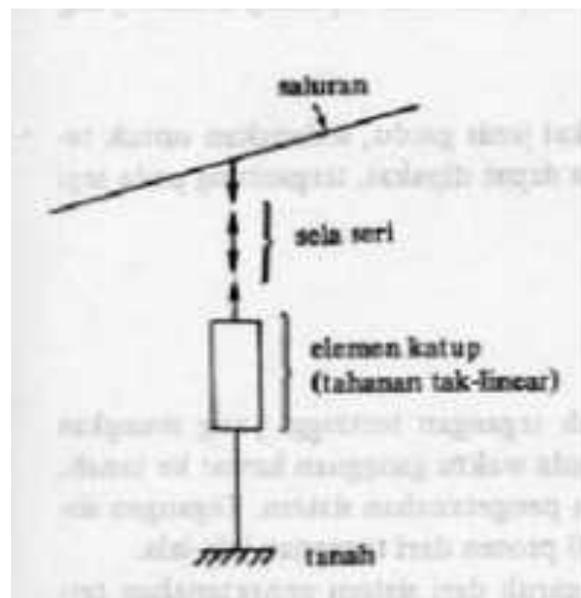
Arus susulan dalam arrester ini dapat mencapai harga yang tinggi sekali tetapi lamanya tidak lebih dari 1 atau 2 gelombang, dan biasanya kurang dari setengah gelombang. Jadi tidak menimbulkan gangguan. Arrester jenis ekspulsi ini mempunyai karakteristik volt-waktu yang lebih baik dari sela batang dan dapat memutuskan arus susulan. Akan tetapi tegangan impulsnya lebih tinggi dari pada arrester jenis katup. 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 digunakan pada saluran transmisi untuk membatasi besar surja yang memasuki gardu induk.



Gambar2.5. Konstruksi sebuah lightning arrester buatan Westinghouse yang menggunakan Celah udara (air gap) diatas

### 2.8.3 Arrester Jenis Katup

Arrester jenis katup ini terdiri dari sela pecik terbagi atau sela seri yang terhubung dengan elemen tahanan yang mempunyai karakteristik tidak linier.



Gambar 2.6. Arrester jenis katup

Tahanan tersebut mempunyai sifat khusus yaitu tahanan akan turun banyak sekali bila arusnya naik dan berlangsung dalam waktu yang sangat cepat. Tegangan frekuensi dasar tidak dapat menimbulkan tembus pada sela seri. Apabila sela seri tembus pada saat tibanya suatu surja yang cukup tinggi, maka alat tersebut akan jadi penghantar. Sela seri tidak dapat menimbulkan arus susulan. Dalam hal ini dibantu oleh tahanan tak linier yang mempunyai karakteristik tahanan kecil untuk arus besar dan tahanan besar untuk arus susulan dari frekuensi dasar.

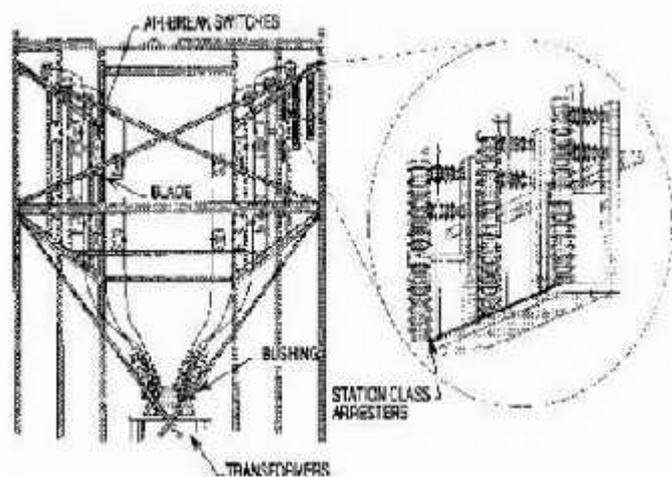
#### 2.8.4 Prinsip Kerja Arrester Jenis Katup

Sela seri yang berfungsi sebagai switch apabila terjadi tegangan tinggi yang menyebabkan sparkover maka tahanan elemen sela percik turun dengan tegangannya saja, maka sela seri akan membuka, tahananannya naik kembali sehingga arus susulan dapat dibatasi. Untuk memadamkan busur api yang timbul, tahanan sela percik yang tidak linier tersebut berfungsi untuk memamatkannya

Arrester jenis katup ini dibagi dalam tiga jenis yaitu :

1. Arrester katup jenis gardu (station)
2. Arrester katup jenis saluran (intermediate)
3. Arrester katup jenis gardu untuk mesin-mesin
4. Arrester katup jenis distribusi untuk mesin-mesin (distribution)

#### 2.8.5 Arrester Katup Jenis Gardu

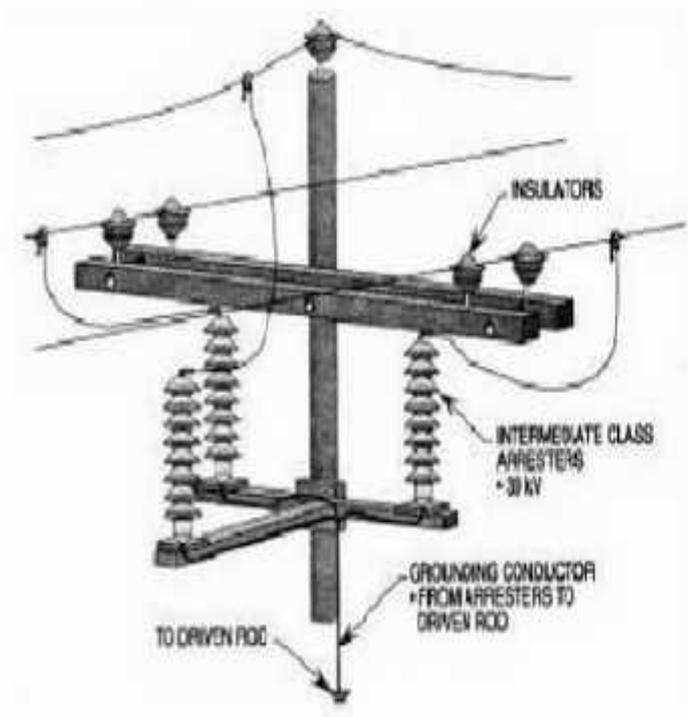


Gambar 2.7. Arrester katup jenis gardu

Arrester katup jenis gardu ini adalah yang paling efisien dan juga paling mahal. Pemakaiannya secara umum pada gardu induk besar. Umumnya untuk melindungi alat-alat yang mahal pada rangkaian-rangkaian mulai dari 2,4 kV sampai 287 kV dan lebih tinggi lagi.

#### 2.8.6 Arrester Katup Jenis Saluran

Arrester jenis saluran ini lebih murah dari arrester jenis gardu. Kata "saluran" disini bukanlah berarti untuk saluran transmisi



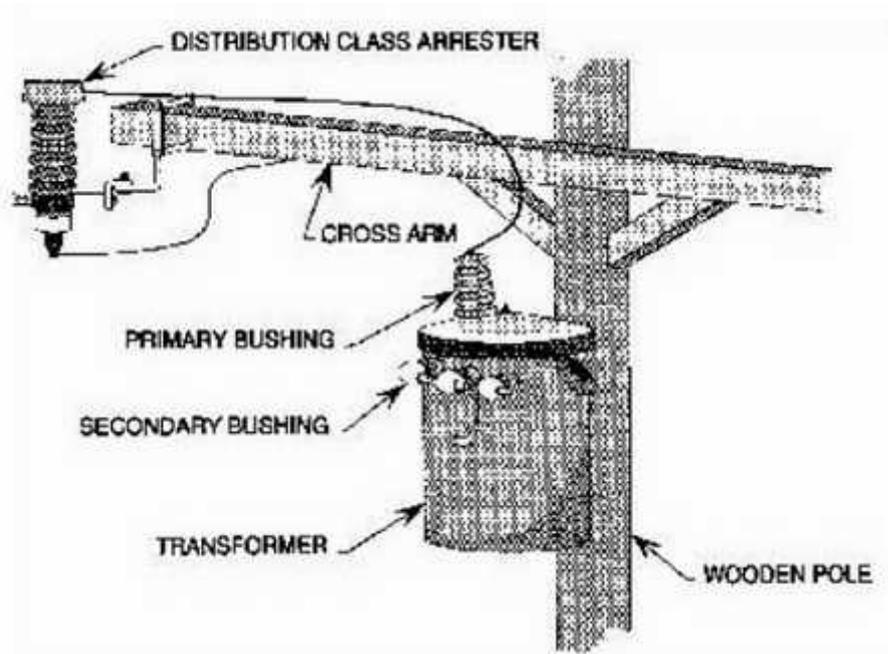
Gambar 2.8. Arrester katup jenis saluran

Seperti arrester jenis gardu, arrester jenis saluran ini dipakai untuk melindungi transformator dan pemutus daya serta dipakai pada sistem tegangan 15 kV sampai 69 kV

#### 2.8.7 Arrester Katup Jenis Gardu Untuk Mesin-Mesin

Lightning arrester ini khusus untuk melindungi mesin-mesin berputar. Pemakaiannya untuk tegangan 2,4 kV sampai 15 kV

### 2.8.8 Arrester Katup Jenis Distribusi



Gambar 2.9. Arrester katup jenis distribusi

Lightning arrester jenis distribusi ini khusus untuk melindungi transformator. Arrester jenis ini dipakai pada peralatan dengan tegangan 120 volt sampai 750 volt.

### 2.8.9 Jenis Seng Oksida

Arrester seng oksida yang disebut juga *metal oxide arrester* (MOA) merupakan arrester yang tidak memiliki sela seri, terdiri dari satu atau lebih unit yang kedap udara, yang masing-masing berisikan blok-blok tahanan katup sebagai elemen aktif dari arrester. Pada dasarnya prinsip kerja arrester ini sama dengan arrester katup. Karena arrester ini tidak memiliki tahanan sela seri, maka arrester ini sangat bergantung pada tahanan yang ada dalam arrester itu sendiri. Apabila terkena petir, tahanan arrester akan langsung turun sehingga menjadi konduktor dan mengalir petir ke bumi. Namun setelah petir lewat, tahanan kembali naik sehingga bersifat isolator.

### 2.9 Klasifikasi Lightning Arrester

Di LA dikelompokkan berdasarkan letak pemasangannya, yaitu:

1. LA di Gardu Induk (non GIS)

## 2. LA di Saluran Transmisi

Kedua contoh LA ditunjukkan pada Gambar di bawah ini:



Gambar 2.10 LA di Gardu Induk, dengan housing porselen (kiri) dan housing polymer (kanan)



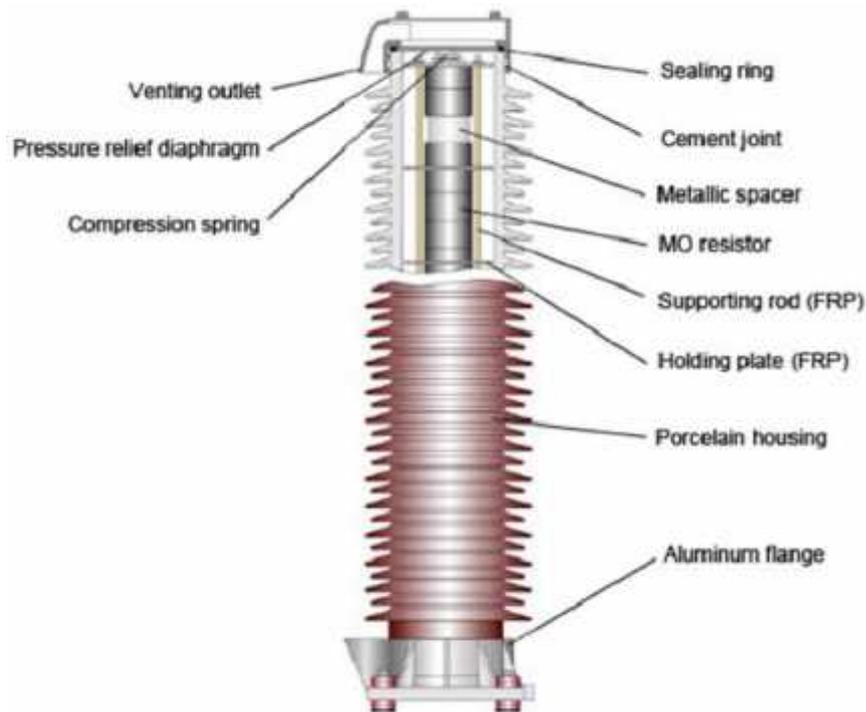
Gambar 2.10.a. LA di Saluran Transmisi dengan gap



Gambar 2.10.b. LA tanpa gap

## 2.10 Konstruksi Lightning Arrester

LA di saluran transmisi ataupun di gardu induk, memiliki konstruksi yang hampir serupa. Komponen utama dari LA adalah varistor/ komponen aktif yang terbuat dari Zinc Oxide. Varistor ini berbentuk keping blok, tersusun di dalam *housing*/ kompartemen yang terbuat dari porselen ataupun polymer. Selain sebagai penyangga, housing ini juga berfungsi untuk menginsulasi antara bagian bertegangan dan tanah pada tegangan operasi LA.



Gambar 2.11. Konstruksi LA

LA juga dilengkapi dengan katup *pressure relief* di kedua ujungnya. Katup ini berfungsi untuk melepas tekanan internal yang berlebih, pada saat LA dilalui arus surja. Konstruksi lain pendukung LA terdiri dari: struktur penyangga, grading ring, pentanahan dan alat monitoring. Lebih jauh akan dijelaskan dibawah ini :

### 2.10.1 Varistor/ Active Part

*Active Part* terdiri dari kolom varistor Zinc Oxide (ZnO). Keping Zinc Oxide dicetak dalam bentuk silinder yang besaran diameter keping tergantung pada kemampuan absorpsi energi dan nilai discharge arus. Material silinder terbuat dari aluminium. Silinder ini selain memiliki kemampuan mekanis, juga

berfungsi sebagai pendingin Diameter keping bervariasi dari 30 mm untuk arrester kelas distribusi hingga 100 mm untuk arrester HV/EHV. Setiap keping blok memiliki tinggi bervariasi dari 20 hingga 45 mm.



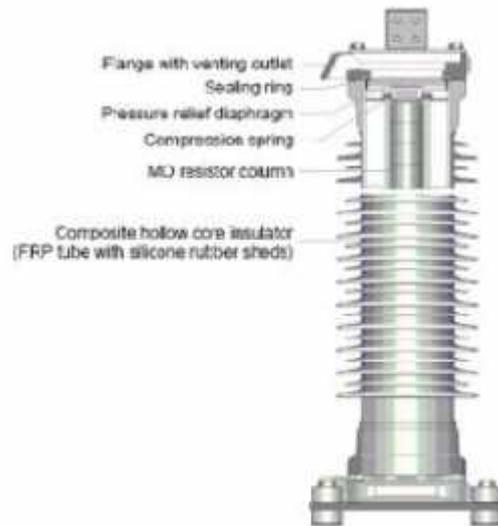
Gambar2.12 Keping Blok Varistor Zinc Oxide

Nilai residual voltage untuk setiap keping ZnO pada saat dilewati arus surja bergantung pada diameter keping tersebut. Sebagai contoh pada keping dengan diameter 32 mm, nilai residual voltagenya sebesar 450 V/ mm, sementara untuk diameter 70 mm nilai residual voltage menurun menjadi 280 V/mm. Hal ini berarti, pada satu keping ZnO dengan diameter 70 mm dan tinggi 45mm terdapat kemampuan residual voltage sebesar 12.5 kV. Bila nilai residual voltage yang diinginkan sebesar 823 kV, maka diperlukan 66 keping ZnO tersusun ke atas. Hal ini akan menyebabkan tinggi LA mencapai 3 meter, dimana kestabilan mekanis LA tidak baik, oleh karenanya LA juga didesain untuk dipasang bertingkat (*stacked*).

### 2.10.2 Housing L.A

Tumpukan keping ZnO ditaruh dalam sangkar rod, umumnya terbuat dari FRP (*Fiber Glass Reinforced Plastic*). *Compression spring* dipasang pada kedua ujung kolom *active part* untuk memastikan susunan keping memiliki ketahanan mekanis. *Kompartemen housing* dapat terbuat dari porselen ataupun

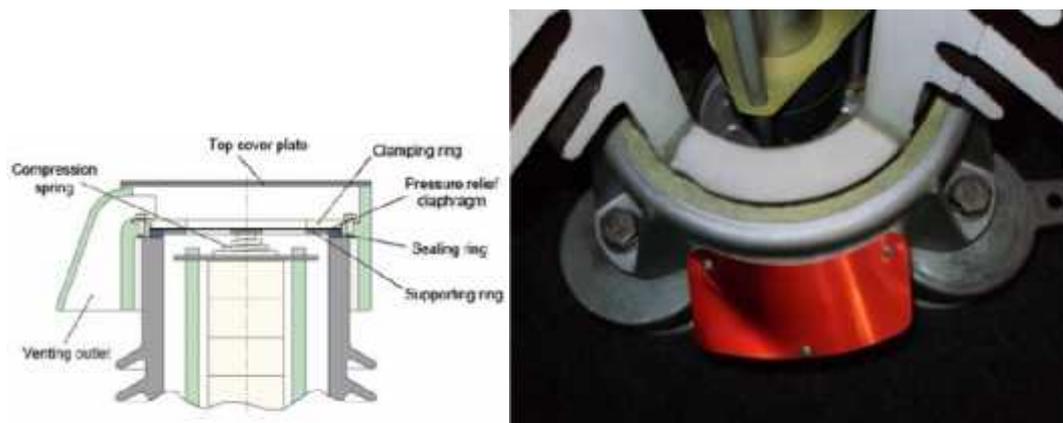
*polymer*. *Aluminium flange* direkatkan pada kedua ujung *housing* dengan menggunakan semen.



Gambar 2.13. Konstruksi Housing LA

### 2.10.3 Sealing dan Pressure Relief Systems

*Sealing ring* dan *pressure relief diaphragm* dipasang di kedua ujung arrester. *Sealing ring* terbuat dari material sintesis sementara *pressure relief diaphragm* terbuat dari steel/ nikel dengan kualitas tinggi. *Pressure relief* bekerja sebagai katup pelepasan tekanan internal pada saat LA mengalirkan arus lebih surja.



Gambar 2.14. Sealing dan Pressure Relief Systems LA

### 2.10.4 Grading Ring

*Grading ring* diperlukan pada LA dengan ketinggian > 1.5 meter atau pada LA yang dipasang bertingkat. *Grading ring* berfungsi sebagai kontrol distribusi

medan listrik sepanjang permukaan LA. Medan listrik pada bagian yang dekat dengan tegangan akan lebih tinggi, sehingga stress pada active part di posisi tersebut jauh lebih tinggi dibandingkan pada posisi di bawahnya. Stress ini dapat menyebabkan degradasi pada komponen active part. Pemilihan ukuran grating ring perlu mempertimbangkan jarak antar fasa. Jarak aman antar konduktor harus sama dengan jarak antar grating ring antar fasa dari arrester.



Gambar2.15. Grating Ring LA

#### **2.10.5 Peralatan Monitoring Dan Insulator Dudukan**

LA dilengkapi dengan peralatan monitoring, yakni *counter* jumlah kerja LA dan/atau meter arus bocor total. Sebelum diketanahkan, kawat pentanahan dilewatkan dahulu pada peralatan monitoring. Oleh karenanya, insulator dudukan perlu dipasang baik pada kedua ujung peralatan monitor, maupun pada dudukan LA, agar arus yang melalui LA hanya melewati kawat pentanahan.



Gambar2.16. Counter LA dan Counter dan Meter Arus Bocor Total LA



Gambar2.17. Insulator Dudukan LA

### 2.10.6 Struktur Penyangga Lightning Arrester

LA dipasang pada ketinggian tertentu dari permukaan tanah, untuk itu diperlukan struktur penyangga yang terdiri dari pondasi dan struktur besi penyangga



Gambar 2.18. Struktur Penyangga Lightning Arrester

## **2.10.7 FMEA Lightning Arrester**

FMEA (*Failure Mode Effect Analysis*) merupakan analisis yang dilaksanakan untuk mendapatkan gejala kegagalan pada sebuah peralatan dengan menerapkan keterkaitan sebab akibat antara kegagalan yang satu dengan penyebab sebelumnya, demikian seterusnya hingga ditemukan penyebab kegagalan yang paling awal. Dengan mengetahui gejala kegagalan, dapat ditentukan metode inspeksi/ pengujian yang perlu dilaksanakan sehingga gangguan dapat dicegah. Dalam analisis FMEA, sebuah peralatan dipandang berdasarkan sistem dan sub sistemnya. Setiap sistem memiliki fungsi, demikian pun setiap sub sistem memiliki sub fungsi. Kegagalan dilihat dari sudut pandang kegagalan sebuah sistem/ sub sistem dalam melaksanakan fungsi/sub fungsinya. Sebuah sistem Lightning Arrester terdiri dari sub sistem sebagai berikut:

Sebuah sistem Lightning Arrester terdiri dari sub sistem sebagai berikut:

1. Sub Sistem *Active Part*
2. Sub Sistem Insulasi
3. Sub Sistem Struktur Penyangga
4. Sub Sistem *Sealing Systems*
5. Sub Sistem *Junction*
6. Sub Sistem Pentanahan
7. Sub Sistem *Grading Ring*
8. Sub Sistem *Monitoring*

## **2.11 Tegangan sistem**

Yang dimaksud dengan tegangan tegangan sistem ialah tegangan tertinggi yang mungkin timbul pada kawat. Tegangan tertinggi ini timbul pada waktu gangguan kawat ke tanah. Tegangan tertinggi itu tergantung juga pada metode pembumian sistem. Tegangan sistem maksimum kawat ke tanah biasanya diambil 110 persen dari tegangan jala-jala.

Dibawah ini akan dibahas secara singkat pengaruh dari sistem pembumian terhadap tegangan maksimum yang mungkin timbul pada kawat dalam keadaan gangguan kawat ke tanah.

### **2.11.1. Sistem yang tidak dibumikan atau sistem terisolasi**

Pada sistem yang tidak dibumikan atau sistem terisolasi, tegangan yang mungkin timbul pada arrester dapat lebih besar dari tegangan jala-jala. Tegangan maksimum, untuk pemakaian arrester diambil 110 persen dari tegangan jala-jala. Arrester dengan tegangan ini dinamakan arrester 100% .

#### 2.11.2. Sistem dibumikan dengan kumparan peterson

Tegangan maksimum pada gangguan tanah sama dengan tegangan jala-jala.

Untuk sistem ini disarankan menggunakan arrester dengan tegangan jala-jala atau arrester 100%.

#### 2.11.3. Sistem dibumikan dengan impedansi

Sistem yang dibumikan dengan impedansi dapat dibagi dalam dua kelas, pembumian efektif dan pembumian tidak efektif

#### 2.11.4. Sistem yang dibumikan efektif

Suatu sistem dikatakan dibumikan efektif bila pada keadaan gangguan tegangan kawat ke tanah tidak melampaui 80% tegangan jala-jala sistem. Untuk ini diperlukan persyaratan:  $R_0/X_1 \leq 1$  dan  $R_0/X_1 \leq 3$ . Jadi pada sistem misalnya 150kV, yang dibumikan efektif pengenal arrester dapat diambil  $0,8 \times 1,1 \times 150kV = 132kV$

#### 2.11.5. Sistem yang dibumikan tidak efektif

Sistem yang dibumikan tidak efektif ialah bila tegangan pada fase sehat dalam keadaan gangguan kawat ke tanah lebih 80% tegangan jala-jala tetapi tidak melebihi 100% . Pengenal arrester yang dipakai tergantung dari harga-harga  $R_0/R_1$  dan  $X_0/X_1$  ditempat arrester. Tegangan maksimum kawat ke tanah untuk suatu sistem yang dibumikan dengan impedansi dapat dicari. Umumnya arrester dibagi dalam 3 macam angka pengenal tegangan 100% , 80%, untuk tegangan arrester yang lebih rendah dari 75% arus ditambahkan 7,5% sebagai faktor keselamatan.

### 2.12 Tegangan Pengenal Arrester

Pada umumnya pengenal atau rating arrester hanya pengenal tegangan. Pada beberapa tabung pelindung atau arrester jenis ekspulsi perlu juga disebut juga pengenal arusnya yang menentukan kapasitas termal arrester tersebut.

Supaya pemakaian arrester lebih efektif dan ekonomis, perlu diketahui 4 macam karakteristiknya

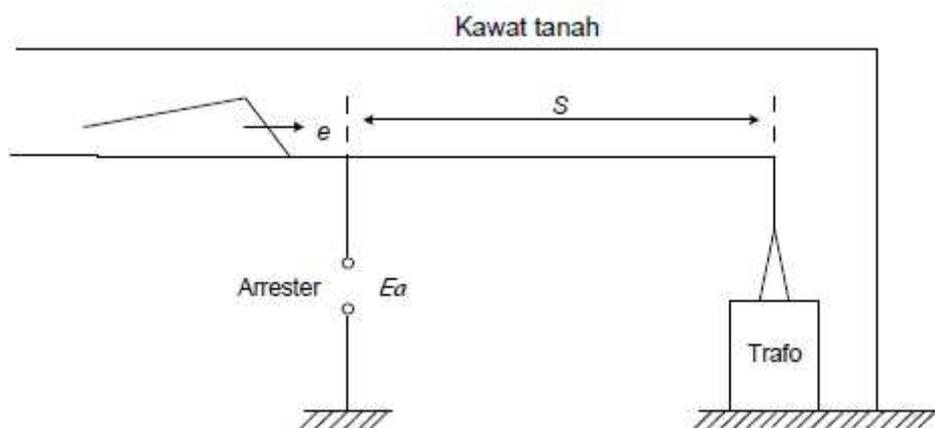
1. Pegenal tegangan: ini paling sedikit sama dengan tegangan maksimum yang mungkin timbul selama terjadi gangguan
2. Karakteristiknya perlindungan atau karakteristik impuls: Ini adalah untuk koordinasi yang baik antara arrester dan peralatan yang dilindungi
3. Kemampuan pemutusan arus frekuensi dasar.
4. Kemampuan menahan atau melewati arus surja.

### 2.12.1 Kelonggaran Perlindungan

Kelonggaran perlindungan atau "protective margin" ialah selisih antara Tingkat Isolasi dasar (TID) isolasi peralatan yang dilindungi dan tingkat perlindungan arrester. Besar kelonggaran ini biasanya diambil 20% dari TID peralatan, bila arrester itu dipasang cukup dekat dengan peralatan.

### 2.12.2 Jarak Maksimum Arrester Dan Transformator Yang Dihubungkan Dengan Saluran Udara

Perlindungan yang baik diperoleh jika arrester ditempatkan sedekat mungkin dengan transformator. Tetapi, dalam kenyataannya, Arrester harus ditempatkan dengan jarak tertentu, agar perlindungan dapat berlangsung dengan baik.



Gambar 2.19 Jarak transformator dan arrester sebesar S

Jika arrester dihubungkan dengan menggunakan saluran udara terhadap alat yang diindungi, maka untuk menentukan jarak yang baik antara arrester dengan trafo, dinyatakan dengan persamaan.

$$E_p = E_a + 2 A S/v$$

dengan:

$E_p$  = Tingkat Isolasi Dasar trafo (kV)

$E_a$  = tegangan pelepasan arrester (kV)

$A$  = kecuraman gelombang (kV/ $\mu$ s)

$S$  = jarak antara arrester dengan transformator (m)

$v$  = kecepatan merambat gelombang (m/ $\mu$ s)

### 2.13 Persyaratan Yang Harus Dipenuhi Oleh Arrester

- A. Tegangan percikan ( sparkover voltage) dan tegangan pelepasannya (discharge voltage), yaitu tegangan pada terminal pada waktu pelepasan, harus cukup, sehingga dapat mengamankan isolasi peralatan. Tegangan percikan tersebut disebut juga tegangan gagal sela (gap breakdown voltage) sedangkan pelepasan disebut juga tegangan sisa (residual voltage) atau tegangan jatuh (voltage drop).

Dimana  $I$  = arus arrester maksimum (A)

$R$  = tahanan arrester (ohm)

- B. Arrester harus mampu memutuskan arus dinamik dan dapat bekerja terus seperti semula. Batas tegangan sistem dimana arus susulan ini masih mungkin, disebut tegangan dasar.

#### 2.13.1 Karakteristik Lightning Arrester

Oleh karena arrester dipakai untuk melindungi peralatan sistem tenaga listrik maka perlu diketahui karakteristiknya sehingga arrester dapat digunakan dengan baik didalam pemakaiannya. Arrester mempunyai tiga karakteristik dasar yang penting dalam pemakaiannya yaitu :

1. Tegangan rated 50c/s yang tidak boleh dilampui

2. Arrester mempunyai karakteristik yang dibatasi oleh tegangan (voltage limiting) bila dilalui oleh berbagai macam arus petir.

### 3. Batas termis

Sebagaimana diketahui bahwa arrester adalah suatu peralatan tegangan yang mempunyai tegangan ratingnya. Maka jelaslah bahwa arrester tidak boleh dikenakan tegangan yang melebihi tegangan yang melebihi rating ini, baik dalam keadaan normal maupun abnormal. Oleh karena itu dalam menjalankan fungsinya ia menanggung tegangan sistem normal dan tegangan lebih transien 50 c/s. Karakteristik pembatasan tegangan impuls dari arrester adalah harga yang dapat ditahan oleh terminal ketika melakukan arus-arus tertentu dan harga ini berubah dengan singkat baik sebelum arus mengalir maupun mulai bekerja.

Untuk batas termis ialah kemampuan untuk mengalirkan arus surja dalam waktu lama atau terjadi berulang-ulang tanpa menaikannya suhunya. Meskipun kemampuan arrester untuk menyalurkan arus sudah mencapai 65000 – 100.000 ampere, tetapi kemampuannya untuk melakukan surja hubung terutama bila saluran menjadi panjang dan berisi tenaga besar masih rendah.

Maka agar supaya tekanan pada isolasi dapat dibuat serendah mungkin, suatu sistem perlindungan tegangan lebih perlu memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Dapat melepas tegangan lebih ketanah tanpa menyebabkan hubung singkat ke tanah
2. Dapat memutuskan arus susulan.
3. Mempunyai tingkat perlindungan (protection level) yang rendah artinya tegangan percikan sela dan tegangan pelepasannya rendah.

### 2.13.2 Pemilihan Lightning Arrester

Ada beberapa faktor dalam memilih Arrester yang sesuai untuk suatu keperluan tertentu, beberapa faktor yang harus diperhatikan adalah :

- Keutuhan perlindungan: ini berhubungan dengan kekuatan isolasi dari alat yang harus dilindungi dan karakteristik impuls dari arrester.
- MVA yang short circuit yang dinyatakan lewat persamaan  $S = kV \times kA$

- Initial voltage Lightning Arester yaitu 80 % dari BIL, atau sama dengan 100kV
- Tegangan sistem : ialah tegangan maksimum yang mungkin timbul pada jepitan arrester
- Arus hubung singkat sistem: hanya diperlukan pada arrester jenis ekspulsi
- Jenis lightning arrester
- Faktor kondisi luar : apakah normal atau tidak normal (2000 meter atau lebih diatas permukaan laut), temperatur dan kelembabanyang tinggi serta faktor pengotoran
- Faktor ekonomi : merupakan perbandingan antara biaya pemeliharaan dan kerusakan bila tidak ada lightning arrester, atau ila dipasang lighthning arrester yang nilainya lebih rendah mutunya.

Untuk tegangan 69 kV dan lebih dapat di pakai arrester jenis gardu, sedangkan tegangan 23 kV sampai 69 kV dapat dipakai jenis lainnya tergantung pada segi ekonominya.

### **2.13.3 Pengaruh Tegangan Kerja Terhadap Jarak Maksimum**

Pemasangan arrester dengan nilai tegangan kerja yang semakin besar akan diperoleh nilai jarak maksimum penempatan arrester di depan peralatan (trafo) di gardu induk semakin kecil.

Hal ini dikarenakan semakin besar tegangan kerja arrester maka faktor perlindungan yang diberikan arrester akan semakin kecil. Tegangan kerja menentukan faktor perlindungan dari arrester dimana faktor perlindungan antara TID peralatan dengan tingkat perlindungan arrester ( $1,1 \times$  tegangan kerja arrester)

### **2.14 Gardu Induk**

Gardu Induk merupakan suatu instalasi yang terdiri dari sekumpulan peralatan listrik yang disusun menurut pola tertentu dengan pertimbangan teknis, ekonomis serta keindahan.

Fungsi dari Gardu Induk adalah sebagai berikut :

- a. Mentransformasikan tenaga listrik tegangan tinggi yang satu ketegangan yang lainnya atau tegangan menengah
- b. Pengukuran pengawasan operasi serta pengaturan pengamanan dari sistem tenaga listrik.
- c. Pengaturan daya ke gardu-gardu lainnya melalui tegangan tinggi dan gardu distribusi melalui feeder tegangan menengah.

Pada dasarnya gardu induk terdiri dari saluran masuk dan dilengkapi dengan transformator daya, peralatan ukur, peralatan penghubung dan lainnya yang saling menunjang.

Gardu induk dapat diklasifikasikan menjadi beberapa macam, yaitu :

#### **2.14.1 Menurut Pemasangan Peralatan**

Berdasarkan Pemasangan peralatan, Gardu induk dapat dibedakan menjadi 4 macam yaitu :

1. Gardu Induk Pasang Luar

Gardu induk jenis pasangan luar terdiri dari peralatan tegangan tinggi pasangan luar. Pasangan luar yang dimaksud adalah diluar gedung atau bangunan. Walaupun ada beberapa peralatan yang lain berada di dalam gedung, seperti peralatan panel kontrol, meja penghubung (switch board) dan baterai. Gardu Induk jenis ini ini memerlukan tanah yang begitu luas namun biaya konstruksinya lebih murah dan pendinginannya murah.

2. Gardu Induk Pasangan dalam

Disebut Gardu induk pasangan dalam karena sebagian besar peralatannya berada dalam suatu bangunan. Peralatan ini sepertihalnya pada gardu induk pasangan luar. Dari transformator utama, rangkaian switchgear dan panel kontrol serta batere semuanya. Jenis pasangan dalam ini dipakai untuk menjaga keselarasan dengan daerah sekitarnya dan untuk menghindari bahaya kebakaran dan gangguan suara.

3. Gardu Induk Setengah Pasangan Luar

Sebagian dari peralatan tegangan tingginya terpasang di dalam gedung dan yang lainnya dipasang diluar dengan mempertimbangkan situasi dan kondisi lingkungan. Karena konstruksi yang berimbang antara pasangan dalam dengan pasangan luar inilah tipe gardu induk ini disebut juga gardu induk semi pasangan dalam.

#### 4. Gardu Induk Pasangan Bawah Tanah

Hampir semua peralatannya terpasang dalam bangunan bawah tanah. Hanya alat pendinginan biasanya berada diatas tanah, dan peralatan- peralatan yang tidak memungkinkan untuk ditempatkan di bangunan bawah tanah. Biasanya di bagian kota yang sangat ramai, di jalan-jalan pertokoan dan di jalan-jalan dengan gedung bertingkat tinggi. Kebanyakan gardu induk ini dibangun dibawah jalan raya.

#### **2.14.2 Menurut Tegangan**

Berdasarkan tegangan, gardu induk dapat dibedakan menjadi 2 macam yaitu :

1. Gardu induk transmisi

Yaitu gardu induk yang mendapat daya dari saluran transmisi untuk kemudian menyalurkannya ke daerah beban (industri, kota, dan sebagainya). Gardu induk transmisi yang ada di PLN adalah tegangan tinggi 150 KV dan tegangan tinggi 70 KV

2. Gardu distribusi

Yaitu gardu induk yang menerima tenaga dari gardu induk transmisi dengan menurunkan tegangannya melalui transformator tenaga menjadi tegangan menengah (20 KV, 12 KV atau 6 KV) untuk kemudian tegangan tersebut diturunkan kembali menjadi tegangan rendah (127/220 V) atau (220/380 V) sesuai dengan kebutuhan.

#### **2.14.3 Menurut Fungsinya**

Berdasarkan fungsinya, gardu induk dapat dibedakan menjadi 5 macam yaitu :

1. Gardu Induk Penaik Tegangan

Merupakan gardu induk yang berfungsi untuk menaikkan tegangan, yaitu tegangan pembangkit (generator) dinaikkan menjadi tegangan sistem. Gardu Induk ini berada di lokasi pembangkit tenaga listrik. Karena output voltage yang dihasilkan pembangkit listrik kecil dan harus disalurkan pada jarak yang jauh, maka dengan pertimbangan efisiensi, tegangannya dinaikkan menjadi tegangan ekstra tinggi atau tegangan tinggi.

## 2. Gardu Induk Penurun Tegangan

Merupakan gardu induk yang berfungsi untuk menurunkan tegangan, dari tegangan tinggi menjadi tegangan tinggi yang lebih rendah dan menengah atau tegangan distribusi. Gardu Induk terletak di daerah pusat- pusat beban, karena di gardu induk inilah pelanggan (beban) dilayani.

## 3. Gardu Induk Pengatur Tegangan

Pada umumnya gardu induk jenis ini terletak jauh dari pembangkit tenaga listrik. Karena listrik disalurkan sangat jauh, maka terjadi tegangan jatuh (voltage drop) transmisi yang cukup besar. Oleh karena diperlukan alat penaik tegangan, seperti bank capacitor, sehingga tegangan kembali dalam keadaan normal.

## 4. Gardu Induk Pengatur Beban

Berfungsi untuk mengatur beban. Pada gardu induk ini terpasang beban motor, yang pada saat tertentu menjadi pembangkit tenaga listrik, motor berubah menjadi generator dan suatu saat generator menjadi motor atau menjadi beban, dengan generator berubah menjadi motor yang memompakan air kembali ke kolam utama.

## 5. Gardu Distribusi

Gardu induk yang menyalurkan tenaga listrik dari tegangan sistem ke tegangan distribusi. Gardu induk ini terletak di dekat pusat-pusat beban.

### **2.15 Peralatan Gardu Induk**

Agar gardu induk dapat menjalankan fungsi dan tujuannya, maka gardu dilengkapi dengan peralatan serta fasilitas. Secara garis besar, peralatan-peralatan pada gardu induk tersebut adalah sebagai berikut :

- Transformator Daya
- Neutral Grounding Resistance (NGR)
- Current Transformer (CT)

#### 2.15.1 Peralatan Penghubung

- Pemutus Tenaga (PMT)
- Pemisah (PMS)
- Panel Hubung
- Baterai
- Alat Pelindung

## BAB III

### GARDU INDUK PT.PLN P3B SUMATERA

#### UPT PEMATANG SIANTAR

##### 3.1 GarduIndukPematangSiantar

Menurut Jenis, Peranan, dan letak pemasangan peralatannya, Gardu Induk Pematang Siantar adalah jenis Gardu Induk konvensional atau Gardu Induk Pasangan Luar. Pasangan luar yang dimaksud adalah peralatan tegangan tinggi dipasang diluar gedung atau bangunan. Walaupun ada beberapa peralatan yang lain berada di dalam gedung, seperti peralatan panel kontrol, meja penghubung (switch board) dan baterai.

Gardu Induk Pematang Siantar memiliki 3 Trafo Daya yaitu :

- Trafo daya 1, 30 MVA Merek Unindo
- Trafo daya 2, 60 MVA Merek Xian
- Trafo daya 3, 60 MVA Merek Pauwels

a. Transformator Daya

Transformator Daya berfungsi untuk mentransformasikan daya listrik, dengan merubah besaran tegangannya sedangkan frekuensinya tetap. Transformator daya juga berfungsi sebagai pengatur tegangan. Trafo daya dilengkapi oleh trafo pentanahan yang berfungsi untuk mendapatkan titik netral dari trafo daya. Perlengkapan lainnya adalah pentanahan trafo yang disebut Neutral Grounding Resistance (NGR).



Gambar 3.1. Trafo daya Merek Pauwels G.I P. Siantar

b. Neutral Grounding Resistance (NGR)

*Neutral Grounding Resistance* (NGR) adalah komponen yang dipasang antara titik netral trafo dengan pentanahan. *Neutral Grounding Resistance* (NGR) berfungsi untuk memperkecil arus gangguan yang terjadi.



Gambar 3.2. Neutral Grounding Resistance

c. Current Transformer (CT)

Transformator Arus (CT) berfungsi untuk merubah besaran arus, dari arus yang besar ke arus yang kecil. Atau memperkecil besaran arus listrik pada sistem tenaga listrik, menjadi arus untuk sistem pengukuran dan proteksi.



Gambar 3.3. Current Transformer G.I Pematang Siantar

### 3.2 Peralatan Penghubung

Saluran transmisi dan distribusi dihubungkan dengan gardu induk. Jadi gardu induk ini merupakan tempat pemutusan dari tenaga yang dibangkitkan dari sistem interkoneksi, sistem transmisi, dan distribusi kepada pelanggan. Saluran transmisi dan distribusi ini dihubungkan pada ril (bus) melalui transformator utama, setiap saluran mempunyai pemutusbeban (circuit breaker) dan pemisah (*disconnect switch*) pada sisi keluarnya. Pemutus beban ini dipakai untuk memutuskan atau menghubungkan beban bila terjadi gangguan pada saluran transmisi atau alat lain, pemutus bebanitu dipakai untuk memutuskan hubungan secara otomatis. Pemutus bebandan pemisah dinamakan peralatan penghubung (*switchgear*).

Peralatan penghubung terbagi dua yaitu :

a. Pemutus Tenaga (PMT)

Berfungsi untuk memutuskan hubungan tenaga listrik dalam keadaan gangguan maupun dalam keadaan berbeban dan proses ini harus dilakukan dengan cepat. Pemutus tenaga listrik dalam keadaan gangguan akan menimbulkan arus yang relatif besar, pada saat tersebut pemutus beban bekerja sangat berat. Bila kondisi peralatan pemutus tenaga menurun karena kurangnya pemeliharaan, sehingga tidak sesuai lagi kemampuan dengandaya yang diputuskannya, maka pemutus tenaga tersebut akan dapat rusak (meledak).



Gambar 3.4. Pemutus Tenaga (PMT) G.I P. Siantar

b. Pemisah (PMS)

Pemilihan jenis pemisah (*disconnect switch*) ditentukan oleh lokasi, tata bangunan luar (*outdoor structure*) dan sebagainya. Pada umumnya pemisah tidak dapat memutuskan arus. Meskipun ia dapat memutuskan arus yang kecil,

misalnya arus pembangkit Trafo, tetapi pembukaan atau penutupannya harus dilakukan setelah pemutus tenaga lebih dahulu dibuka.

Untuk menjamin bahwa kesalahan urutan operasi tidak terjadi, maka harus ada keadaan saling mengunci (*interlock*), antara pemisah dengan pemutus bebannya.

Sesuai dengan fungsi dan kegunaannya, maka PMS dibagi menjadi 2 macam yaitu :

1. Pemisah Tanah, berfungsi untuk mengamankan peralatan dari sisi tegangan yang timbul sesudah SUTT / SUTM diputuskan.
2. Pemisah Peralatan, berfungsi untuk mengisolasi peralatan listrik dari peralatan yang bertegangan. Pemisah ini dioperasikan tanpa beban.



Gambar 3.5.Pemisah (PMS)

### 3.3Panel Hubung

Panel hubung (meja, switch board) merupakan pusat syaraf sebagai suatu GI. Pada panel hubung inilah operator dapat mengamati keadaan peralatan, melakukan operasi peralatan serta pengukuran-pengukuran tegangan dan arus, daya dan sebagainya. Bila terjadi gangguan, panel hubung ini membuka pemutus beban secara otomatis melalui rele pengaman dan memisahkan bagian yang terganggu. Karena tegangan dan arus tidak dapat diukur langsung pada sisi tegangan tinggi, maka transformator ukur (*instrument*) mengubah menjadi tegangan dan arus rendah, sekaligus memisahkan alat-alat tadi dari sisi tegangan tinggi. Adapun tiga jenis transformatorukur yaitu transformator tegangan, transformator arus, serta transformator tegangan dan arus.



Gambar 3.6. Panel Hubung

### 3.4 Baterai

Sumber tenaga untuk sistem kontrol dan proteksi selalu mempunyai keandalan dan stabilitas yang tinggi, maka baterai dipakai sebagai sumber tenaga kontrol dan proteksi pada gardu induk. Peranan dari baterai sangat penting karena pada saat gangguan terjadi, baterai sebagai sumber tenaga untuk menggerakkan alat-alat kontrol dan proteksi.

### 3.5 Alat Pelindung

Alat - alat pelindung (*protective device*) dalam arti luas, disamping pemutus beban dan rele pengaman, adalah sebagai berikut :

- Arrester mengamankan peralatan gardu induk terhadap tegangan lebih abnormal yang bersifat kejut, misalnya kejut petir.
- Beberapa peralatan netral sering dipakai dititik netral transformator untuk pengamanan pada waktu terjadi gangguan tanah.
- Bila terjadi gangguan (hubung – singkat) tanah atau gangguan petir, potensial tanah dari gardu induk mungkin naik abnormal sehingga membahayakan orang dan binatang yang ada didekatnya atau menyebabkan rusaknya alat. Untuk menghindari resiko seperti ini, ditanamlah penghantar pengtanahan dengan tahanan tanah sekecil mungkin.

#### 3.5.1 Arrester

Arrester adalah suatu peralatan listrik yang berfungsi untuk melindungi peralatan listrik terhadap tegangan lebih akibat surja petir dan surja hubung serta mengalirkan arus surja ke tanah. Pada umumnya pusat pembangkit tenaga listrik menyalurkan energinya melalui saluran transmisi udara dimana saluran transmisi tenaga listrik yang terpasang di udara ini sangatlah rentan terhadap gangguan

yang disebabkan oleh sambaran petir. Sambaran petir ini akan menghasilkan gelombang berjalan (Surja Tegangan) pada saluran transmisi dan pada akhirnya dapat masuk kepusat pembangkit tenaga listrik. Gelombang berjalan (surja tegangan) selain dihasilkan oleh gangguan petir, juga dapat terjadi karena adanya pembukaan dan penutupan pemutus tenaga listrik (*Open Closing Circuit Breaker*) atau adanya *switching* pada jaringan tenaga listrik. Pada sistem Tegangan Ekstra Tinggi (TET) yang besarnya di atas 350 kV- 500 kV untuk standar tranmisi udara tegangan ekstra tinggi/SUTET di Indonesia), surja tegangan ini lebih banyak disebabkan oleh switching tenaga listrik pada jaringan dibandingkan yang disebabkan oleh gangguan petir.

### **3.6 Peralatan Lain – Lain**

Disamping peralatan diatas, ada peralatan bantu (*auxiliary tool*), seperti : alat pendingin, alat pencuci isolator, batere, pengisi batere, kompresor, sumber tenaga, alat penerangan dan sebagainya. Gardu – gardu yang tua kebanyakan dilengkapi pula dengan peralatan yang diperlukan untuk pemeliharaan, seperti : Ruang bongkar transformator, fasilitas untuk pemindahan transformator, bengkel dan sebagainya.

### **3.7 Bangunan Gardu Induk**

Gedung Gardu Induk Pematang Siantar adalah jenis G.I pemasangan luar, disamping panel hubung dan sumber tenaga untuk kontrol, hanyalah peralatan komunikasi dan kantor yang harus ada di dalam gedung.

### **3.8 Peralatan Yang Diteliti**

Peralatan yang diteliti dalam penelitian ini adalah Trafo dan Arester. Ada 3 jenis tipe arester yang digunakan dalam peralatan Gardu Induk Pematang Siantar Jln sangnawaluh 150 KV yaitu :

L.A I : Meidensha Tipe ZSE-01

L.A II : EMP Tipe 2MB150

L.A III : Tridelta Tipe DCC-M

Dan dalam penelitian ini pembahasan fokus pada Arrester EMP Tipe 2MB150 yang terhubung dengan trafo II



Gambar 3.7. Arrester tipe EMP Tipe 2MB150

Sedangkan untuk trafo yang ada pada Gardu Induk P.Siantar Jln Sangnawaluh 150 KV juga terdapat tiga tipe trafo yaitu :

Trafo I : UNINDO 9515190

Trafo II : XIANA94025-3

Trafo III : PAUWELS 3011100086

Fokus penelitian dan pembahasan untuk trafonya adalah trafo II tipe XIAN A94025-3 yang terhubung dengan arester tipe EMP Tipe 2MB150



Gambar 3.8. Bentuk fisik trafo II tipe XIAN A94025-3

### **3.9 Obyek Penelitian**

Obyek Penelitian ini adalah Pemilihan dan pemasangan arester pada Gardu Induk 150KV Pematang Siantar, untuk mengetahui pemilihan dan pemasangan arester EMP Tipe 2MB150 yang terhubung dengan trafo II tipe XIAN A94025-3, sehingga peralatan yang diamankan dapat bekerja optimal.