

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Untuk membantu pembuatan Proyek Akhir ini, dibutuhkan adanya beberapa referensi yang dapat menjadi acuan dalam melakukan penelitian.

1. ARFI HASAMI 2011. dalam proyek akhirnya yang berjudul **cara pemasangan *lightning arrester* pada gardu distribusi tipe portal** Menjelaskan tentang pemasangan lightning arrester sebagai pengaman pada jaringan SUTM 20 kV.
2. **SPLN D5.006.2013**. dalam bukunya yang berjudul Pedoman Pemilihan *Arrester* Untuk Jaringan Distribusi 20 Kv. Standar PT PLN (Persero). Menjelaskan tentang macam-macam lightning arrester serta fungsinya.
3. **(PT. PLN (Persero) PUSLITBANG Ketenagalistrikan, 2015)** dalam bukunya yang berjudul **MATERI PENGUJIAN IMPULS**. Menjelaskan tentang prosedur-prosedur dan standar yang menjadi acuan dalam *lightning arrester* distribusi 20 kV.
4. **PT PLN (Persero). 2010 .Buku 5Standar** Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik. Jakarta: PT. PLN (Persero)
5. **Arrester gardu distribusi: *Lighting Arrester* Pada Gardu Distribusi.** di akses pada tanggal 25 februari 2017.

2.2 LANDASAN TEORI

2.2.1 Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM)

Jaringan distribusi yang tergelar di alam bebas dimana banyak gangguan – gangguan listrik yang dialaminya seperti petir, pohon, atau binatang. Saluran udara untuk dirancang dengan memperhatikan keperluan listrik dan mekanis. Rancangan mekanis melibatkan tekanan dan perhitungan lentur, rancangan penopang dan lengan-lengan pemegang.

Penopang harus cukup kokoh untuk menahan beban angin yang bekerja pada penopang, penghantar, isolator, lengan pemegang dan lain-lain. Rancangan listrik melibatkan pemilihan tegangan pemilihan saluran, pengaturan tegangan dan pemilihan alat pengaman. Penentuan tata letak diusahakan agar mudah mendekati untuk pengawasan dan pemeliharaan sedapat mungkin hendaklah dipasang didekat jalan. Konstruksi SUTM juga harus memenuhi jarak aman jaringan terhadap bangunan lain seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.1. Jarak Aman Konstruksi SUTM

No.	Uraian	Jarak Aman
1.	Terhadap permukaan jalan raya	≥ 6 meter
2.	Balkon rumah	$\geq 2,5$ meter
3.	Atap rumah	≥ 2 meter
4.	Dinding Bangunan	$\geq 2,5$ meter
5.	Antena TV/ radio, menara	$\geq 2,5$ meter
6.	Pohon	$\geq 2,5$ meter
7.	Lintasan kereta api	≥ 2 meter dari atap kereta

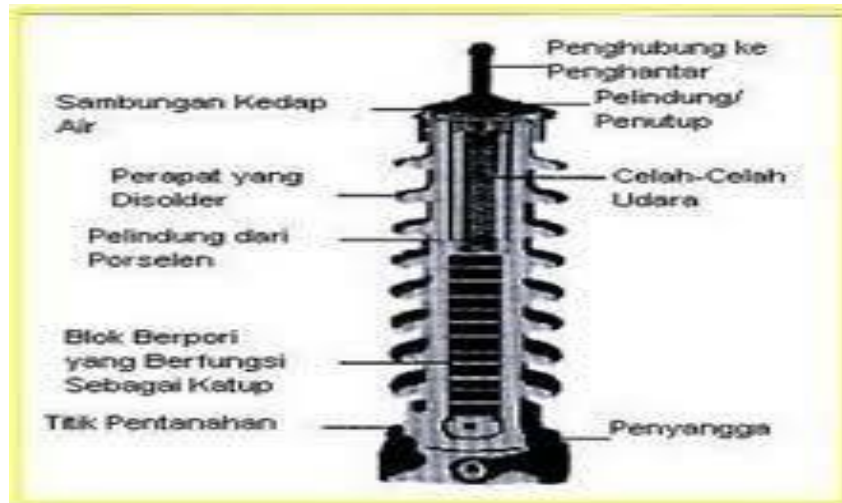
8.	Underbuilt TM – TM	≥ 1 meter
9.	Underbuilt TM – TR	≥ 1 meter

2.2.2 *Lightning Arrester*

Lightning arrester adalah alat proteksi bagi peralatan listrik terhadap tegangan lebih, yang disebabkan oleh petir atau surja hubung (*switching surge*). Alat ini bersifat sebagai *by-pass* disekitar isolasi yang membentuk jalan dan mudah dilalui arus kilat ke sistem pentanahan sehingga tidak menimbulkan tegangan lebih yang tinggi dan tidak merusak isolasi peralatan listrik. *By-pass* ini harus sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu aliran daya sistem frekuensi 50 hz.

Jadi pada keadaan normal *arrester* berlaku sebagai isolator, bila timbul tegangan surja alat ini bersifat sebagai konduktor yang tahanannya relatif rendah, sehingga dapat mengalirkan arus yang tinggi ke tanah. setelah surja hilang, *arrester* harus dapat dengan cepat kembali menjadi isolasi.

Sesuai dengan fungsinya, yaitu *arrester* melindungi peralatan listrik pada sistem jaringan terhadap tegangan. di gardu induk besar ada bedanya pada trafo dipasang *arrester*, untuk menjamin terlindungnya trafo dan peralatan lainnya dari tegangan lebih tersebut.



Gambar 3.1 konstruksi *arrester*

1. Bagian – Bagian Yang Penting Dari *Lightning Arrester*

a. Elektroda

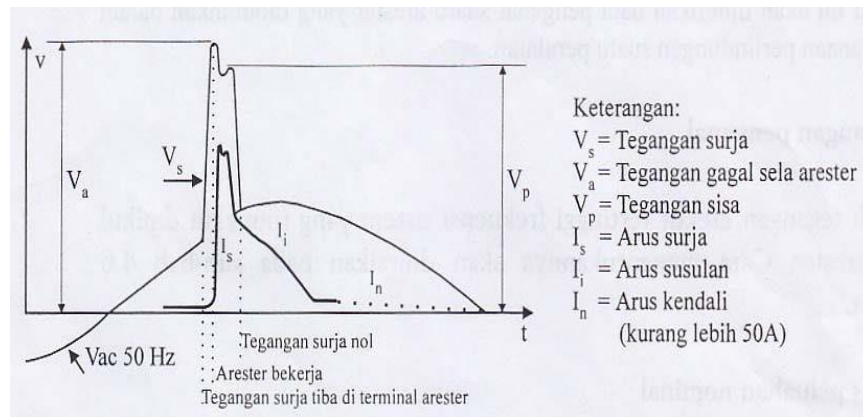
Elektroda - elektroda ini adalah terminal dari *arrester* yang dihubungkan dengan bagian yang bertegangan di bagian atas, dan elektroda bawah dihubungkan dengan tanah.

b. Sela percik

Apabila terjadi tegangan lebih oleh sambaran petir atau surja hubung pada *arrester* yang terpasang maka pada sela percik akan terjadi loncatan busur api. Yang terjadi tersebut ditiup keluar oleh tekanan gas yang timbulkan oleh tabung fiber yang terbakar.

c. Tahanan katup.

Tahanan yang dipergunakan dalam *arrester* ini adalah suatu jenis material yang sifat tahanan dapat berubah bila mendapatkan perubahan tegangan pada gambar.



Gambar 3.2 karakteristik tahanan katup dan keterangan

2. Prinsip Kerja Arrester

Arrester petir disingkat arrester, atau sering juga disebut penangkal petir adalah alat pelindung bagi peralatan sistem tenaga listrik terhadap surja petir. Ia berlaku sebagai jalan pintas (*by – pass*) sekitar isolasi. *Arrester* membentuk jalan yang mudah dilalui oleh arus kilat atau petir, sehingga tidak timbul tegangan lebih yang tinggi pada peralatan.

Jalan pintas itu harus sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu aliran arus daya sistem 50 hertz. Jadi pada kerja normal *arrester* itu berlaku sebagai isolator dan bila timbul surja dia berlaku sebagai konduktor, jadi melewatkan aliran arus yang tinggi. Setelah surja hilang, *arrester* harus dengan cepat kembali menjadi isolator sehingga pemutus daya tidak sempat membuka. Berlainan dengan sela batang yang dibicarakan dimuka, *arrester* dapat memutuskan arus susulan tanpa menimbulkan gangguan. Inilah salah satu fungsi terpenting dari arrester. *Arrester* terdiri dari dua jenis : jenis ekspulsi (*expulsion type*) atau tabung pelindung

(*protector tube*) dan jenis katup (*valve type*).

Saluran udara yang keluar dari pusat pembangkit listrik merupakan bagian instalasi pusat pembangkit listrik yang paling rawan sambaran petir dan karenanya harus diberi *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 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. Untuk mencegah terjadinya hal ini, *lightning arrester* harus dipasang sedekat mungkin dengan transformator.

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 di bawah tingkat isolasi bahan transformator agar apabila sampai terjadi *flashover*, maka *flashover* diharapkan terjadi pada *arrester* dan tidak pada transformator.

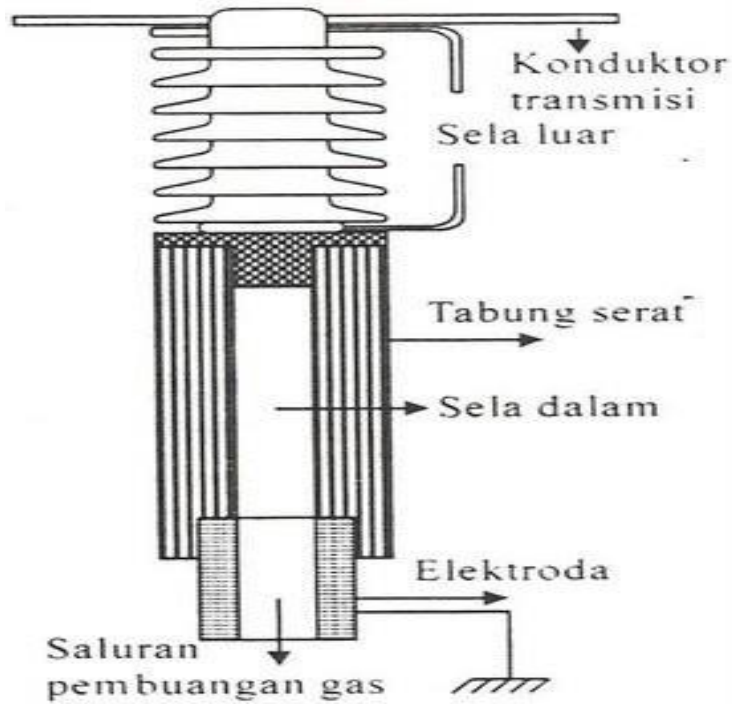
3. Penerapan *Lightning Arrester* Sebagai Alat Proteksi

Alat perlindungan terhadap tegangan surja berfungsi sebagai peralatan sistem tenaga listrik dengan cara membatasi surja tegangan lebih yang datang dan mengalirkan ke tanah. berhubungan dengan fungsinya itu harus dapat menahan tegangan maksimum yang dapat ditahan sesudah pelepasan terjadi.

Macam-macam jenis *arrester*

a. *Lightning arrester* tipe ekspulsi

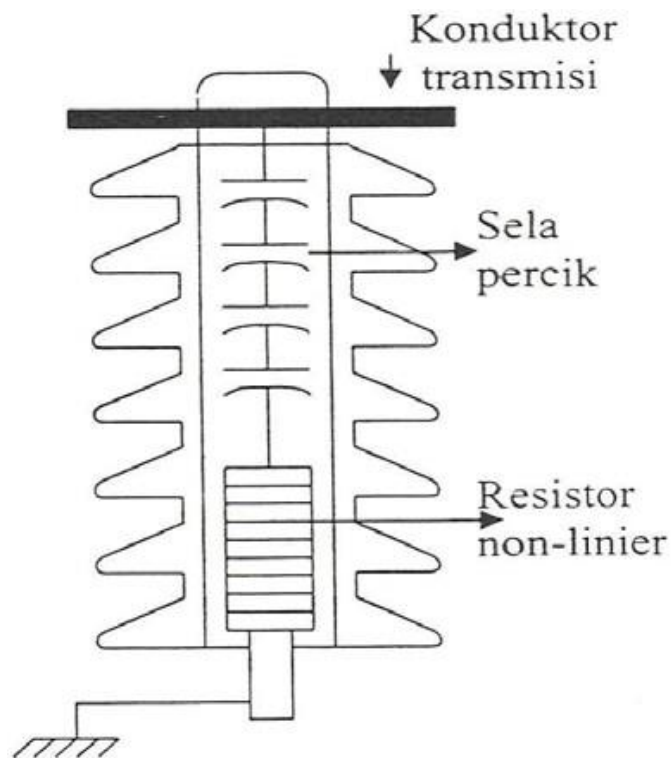
Arrester ini mempunyai dua jenis sela, yaitu sela luar dan sela dalam. Sela dalam ditempatkan didalam tabung serat, bila diterminal *arrester* tiba suatu surja petir maka kedua sela terpercik. Arus susulan yang terjadi memanaskan permukaan dalam tabung serat, akibatnya tabung mengeluarkan gas. Arus susulan merupakan arus sinusoidal sehingga pada periode tertentu akan mencapai nilai nol. Saat arus susulan mencapai nol, gas akan memadamkan arus susulan. Arus susulan paling lama bertahan dua periode, biasanya sudah padam dalam waktu setengah periode setelah arus susulan terjadi. Tetapi, pemadaman arus susulan masih tergantung pada tingkat arus hubung singkat pada lokasi penempatan *arrester*.



Gambar 3.3 Arrester Jenis Ekspulsi

b. *Lightning Arrester Tipe Katup*

Arrester ini terdiri atas beberapa sela percik yang dihubungkan seri dengan resistor tak linier. Resistor tak linier mempunyai tahanan yang rendah saat dialiri arus besar dan mempunyai tahanan yang besar saat dialiri arus kecil. Resistor tak linier yang umum digunakan untuk *arrester* terbuat dari bahan silikon karbid. Sela percik dan resistor tak linier keduanya ditempatkan dalam tabung isolasi tertutup, sehingga kerja *arrester* ini tidak dipengaruhi oleh keadaan udara sekitar.



Gambar 3.4 *arrestor katup*

4. Pemasangan *Lightning Arrester* pada jaringan SUTM

Lightning Arrester adalah suatu alat pelindung bagi peralatan sistem tenaga listrik terhadap surya petir. Alat pelindung terhadap gangguan surya ini berfungsi melindungi peralatan sistem tenaga listrik dengan cara membatasi surja tegangan lebih yang datang dan mengalirkannya ke tanah. Berhubung dengan fungsinya itu ia harus dapat menahan tegangan sistem 50 Hz untuk waktu yang terbatas dan harus dapat melewatkan surja arus ke tanah tanpa mengalami kerusakan. Ia berlaku sebagai jalan pintas sekitar isolasi. *Arrester* membentuk jalan yang mudah untuk dilalui oleh kilat atau petir, sehingga tidak timbul tegangan lebih yang tinggi pada peralatan.

Selain melindungi peralatan dari tegangan lebih yang diakibatkan oleh tegangan lebih external, *arrester* juga melindungi peralatan yang diakibatkan oleh tegangan lebih internal seperti surja hubung, selain itu *arrester* juga merupakan kunci dalam koordinasi isolasi suatu sistem tenaga listrik. Bila surja datang ke gardu induk *arrester* bekerja melepaskan muatan listrik serta mengurangi tegangan abnormal yang akan mengenai peralatan dalam gardu induk. Persyaratan yang harus dipenuhi oleh *arrester* adalah sebagai berikut:

- a. Tegangan percikan (*sparkover voltage*) dan tegangan pelepasannya (*discharge voltage*), yaitu tegangan pada terminalnya pada waktu pelepasan, harus cukup rendah, sehingga dapat mengamankan isolasi peralatan. Tegangan percikan disebut juga tegangan gagal sela (*gap breakdown voltage*) sedangkan tegangan pelepasan disebut juga tegangan sisa (*residual voltage*) atau jatuh tegangan (*voltage drop*).
- b. *Arrester* harus mampu memutuskan arus dinamik dan dapat berkeja terus seperti semula. Batas dari tegangan sistem dimana arus susulan ini masih mungkin, disebut tegangan dasar (*rated voltage*) dari *arrester*.
- c. *Arrester* harus mampu mengalirkan arus surja ke tanah tanpa merusak *arrester* itu sendiri dan *Arrester* harus memiliki harga tahanan pentanahan di bawah 5 ohm.

Pemasangan *lightning arrester* yang dipergunakan untuk mengamankan transformator tenaga:



Gambar 4.1 Pemasangan *lightning arrester* trafo.

5. Pemasangan *lightning arrester* sebelum (FCO) dan sesudah (FCO).

Lightning Arrester digunakan untuk pengamanan peralatan listrik pada jaringan distribusi SUTM terhadap gangguan tegangan lebih surja petir. Berikut sistem pemasangan *lightning arrester* pada jaringan SUTM ada dua macam beserta fungsi dari keuntungan dan kerugiannya sebagai berikut:

a. *Lightning arrester* dipasang sebelum FCO

Keuntungannya :

Apabila SUTM terkena gangguan surja petir, maka arus gangguan akan diamankan oleh *lightning arrester* dan

selanjutnya disalurkan ketanah dan Pengamanan terhadap surja petir tidak dipengaruhi jika masih dialirkan maka kemungkinan *FCO* putus.

Kerugiannya :

Kegagalan *Lightning arrester* memadamkan sistem penyulang dan penghantar *Lightning arrester* lebih panjang.

Berikut posisi pemasangan *lightning arrester* sebelum *FCO*



Gambar 4.2 Pemasangan *lightning arrester* sebelum *FCO*

b. *Lightning arrester* dipasang setelah *FCO*

Keuntungan:

Apabila SUTM tersambar surja petir, maka arus gangguan akan diamankan *FCO* lebih dan arus sisa gangguan akan diamankan lebih lanjut oleh *lightning arrester*. Jika tegangan lebih pada jaringan SUTM maka *FCO* putus tidak memadamkan sistem penyulang SUTM lainnya Kerugiannya:

Fuse link rentan terhadap surja petir. Untuk saluran udara sangat panjang, pemasangan *Lightning arrester* sesudah *FCO*

dapat dipertimbangkan dengan menggunakan fuse link dan untuk saluran udara pendek, pemasangan *Lightning arrester* sebelum FCO lebih baik sebagai pilihan.

Berikut pemasangan *lightning arrester* setelah FCO



Gambar 4.3 Pemasangan *lightning arrester* setelah FCO

6. Pemilihan *Arrester*

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

- a. Kebutuhan perlindungan : ini berhubungan dengan kekuatan isolasi dari alat yang harus dilindungi dan karakteristik impuls dari *arrester*.
- b. Tegangan sistem : ialah tegangan maksimum yang mungkin timbul pada jepitan *arrester*.
- c. Arus hubung singkat sistem : ini hanya diperlukan pada

arrester jenis ekspulsi.

- d. Jenis *arrester* : apakah *arrester* jenis gardu, jenis saluran atau jenis distribusi.
- e. Faktor kondisi luar : apakah normal atau tidak normal (2000 meter atau lebih di atas permukaan laut), temperature dan kelembaban yang tinggi serta pengotoran.
- f. Faktor ekonomi : faktor ekonomi ialah perbandingan antara ongkos pemeliharaan dan kerusakan bila tidak ada *arrester*, atau bila dipasang *arrester* yang lebih rendah mutunya.