



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gardu Induk

Gardu Induk adalah sub sistem dari sistem transmisi atau penyaluran tenaga listrik. Sebagai subsistem dari sistem transmisi tenaga listrik, peranan Gardu Induk sangat besar. Jadi, pengoperasian Gardu Induk ini tidak bisa dipisahkan sama sekali dari sistem transmisi listrik.

Gardu Induk juga bisa diibaratkan sebagai terminal atau stasiun transmisi, di mana tegangan listrik bisa diatur apabila tegangan turun.

Berikut beberapa fungsi yang dimiliki oleh Gardu Induk:

1. Mentransformasikan tegangan, di mana Gardu Induk bisa menaikkan serta menurunkan tegangan.
2. Mengatur aliran listrik dari satu transmisi ke transmisi lain, untuk kemudian didistribusikan kepada konsumen.
3. Mengukur dan mengawasi operasi sekaligus mengamankan sistem tenaga listrik.
4. Mengatur pelayanan beban ke Gardu Induk lain sekaligus ke Gardu Distribusi.
5. Media untuk menurunkan dan mengubah tegangan transmisi menjadi tegangan distribusi.
6. Media untuk telekomunikasi.

Dari beberapa fungsi di atas, fungsi utama dari Gardu Induk adalah untuk mentransformasikan tegangan dari pembangkitan.

2.2 Klasifikasi Gardu Induk

Klasifikasi Gardu Induk bisa dibedakan menjadi beberapa bagian yaitu :

2.2.1 Berdasarkan Besaran Tegangannya

Berdasarkan besaran tegangannya, terdiri dari :

- Gardu Transmisi adalah gardu induk yang tegangannya berupa tegangan ekstra tinggi atau tegangan tinggi.
- Gardu Distribusi adalah gardu induk yang menerima suplai tenaga dari gardu induk transmisi untuk diturunkan tegangannya melalui trafo daya menjadi



tegangan menengah (20kV).

2.2.1 Berdasarkan Pemasangan peralatan

Gardu induk (biasanya disingkat GI). Gardu induk dibagi menjadi beberapa jenis, yaitu jenis pemasangan luar, jenis pemasangan dalam, jenis pemasangan setengah luar, jenis bawah tanah, jenis mobil dan sebagainya, sesuai dengan konstruksinya.

- **Gardu induk pemasangan luar**

Gardu induk jenis pemasangan luar terdiri dari peralatan tegangan tinggi pemasangan luar misalnya, transformator utama, peralatan penghubung (*switch gear*) dan sebagainya yang mempunyai peralatan kontrol pemasangan dalam, seperti meja penghubung (*switch board*) dan baterai. Gardu induk untuk transmisi yang mempunyai kondensator sinkron pemasangan dalam pada sisi tersier trafo utama dan trafo pemasangan dalam, pada umumnya disebut juga sebagai pemasangan luar. Jenis pemasangan luar memerlukan tanah yang luas, namun biaya konstruksinya murah dan pendinginnya murah. Karena itu gardu induk jenis ini bisa dipakai di pinggir kota dimana harga tanah murah.

- **Gardu induk pemasangan dalam**

Dalam gardu induk jenis pemasangan dalam ini, baik peralatan tegangan tinggi, seperti trafo utama, peralatan penghubung dan sebagainya, maupun peralatan kontrolnya, seperti meja penghubung dan sebagainya terpasang didalam. Meskipun ada sejumlah kecil peralatan terpasang diluar gardu induk, ini disebut juga sebagai pemasangan dalam.

Bila sebagian dari peralatan tegangan tingginya dipasang dibawah tanah, gardu induk ini dapat disebut jenis pemasangan setengah bawah tanah (*semi underground type*). Jenis pemasangan dalam dipakai dipusat kota dimana harga tanah mahal dan didaerah pantai dimana ada pengaruh kontaminasi garam. Disamping itu jenis ini mungkin dipakai untuk menjaga keselarasan dengan daerah sekitarnya juga untuk menghindari kebakaran dan gangguan suara.

- **Gardu induk setengah pemasangan luar**

Dalam gardu induk jenis setengah pemasangan luar (*semi outdoor substation*) sebagian dari peralatan tegangan tingginya terpasang didalam gedung. Gardu



induk jenis ini dipakai bermacam-macam corak dengan pertimbangan-pertimbangan ekonomis, pencegahan kontaminasi garam, pencegahan gangguan suara, pencegah kebakaran dan sebagainya.

- **Gardu induk pemasangan bawah tanah**

Dalam gardu induk jenis pasangan bawah tanah hampir semua peralatan terpasang dalam bangunan bawah tanah. Alat pendinginnya biasanya terletak diatas tanah. Kadang-kadang ruang kontrolnya juga terletak diatas tanah. Dipusat kota, dimana tanah sukar didapat, jenis pasangan bawah tanah ini dapat dipakai, misalnya dibagian kota yang sangat ramai, di jalan-jalan pertokoan dan di jalan-jalan dengan gedung bertingkat tinggi. Kebanyakan gardu induk ini dibangun di jalan raya.

- **Gardu induk jenis mobil**

Gardu induk jenis mobil dilengkapi dengan peralatan diatas kereta hela (trailer) atau semacam truck. Gardu induk jenis mobil ini dipakai dalam keadaan gangguan di suatu gardu induk, guna pencegahan beban lebih berkala dan guna pemakaian sementara ditempat pembangunan. Gardu induk ini juga banyak dipakai untuk kereta listrik. Untuk penyediaan tenaga listrik, gardu induk ini tidak dipakai secara luas, melainkan sebagai transformator atau peralatan penghubung yang mudah dipindah-pindah diatas kereta hela atau truck untuk memenuhi kebutuhan dalam keadaan darurat.

Selain gardu-gardu induk yang diatas, ada juga gardu induk yang disebut gardu satuan (*unit substation*) dan gardu jenis peti (*box type substation*). Gardu satuan adalah gardu pasangan luar yang dipakai sebagai lawan (ganti) transformator tiga fasa dan lemari gardu distribusi (yaitu yang disebut gardu hubung tertutup atau gardu hubung metal clad). Gardu jenis peti adalah gardu distribusi untuk tegangan dan kapasitas relatif rendah dan sama sekali dijaga. Ini dipakai untuk desa-desa pertanian atau desa nelayan dimana kebutuhannya kecil dan merupakan beban yang tidak begitu penting.

Didalam gardu induk terdapat pengaman yang digunakan untuk melindungi trafo utama dari tegangan lebih akibat surja, baik surja petir maupun surja hubung yang disebut *arrester*.



2.3 Sistem Pembumian Gardu Induk

Menentukan sistem pembumian gardu induk yang berfungsi dengan baik dari keseluruhan pemasangan pembumian dan mempunyai arti untuk mengalirkan arus gangguan ke tanah. Itu sangat penting bahwa pembumian gardu induk memilikitanan pembumian yang rendah, agar kapasitas arus terjaga dan orang terlindung dari bahaya. Semua pagar gardu induk di konstruksi dan dipasang pembumian grid yang bertujuan untuk menjaga masyarakat dan orang yang bekerja.

2.4 Pentanahan Grid (*Horizontal*)

Pada sistem ini batang-batang elektroda ditanam sejajar dibawah permukaan tanah, batang-batang ini terhubung satu sama lain. Dengan cara ini jumlah konduktor yang ditanam banyak sekali, maka bentuknya mendekati bentuk plat dan ini merupakan bentuk maksimum atau yang mempunyai harga tahanan paling kecil luas daerah tertentu, tetapi bentuk ini tidak efisien/mahal. Pada sistem ini banyaklah konduktor akan tak terbanding dengan tahanannya oleh karena fungsi dari konduktor sebenarnya adalah menyalurkan arus kedalam tanah. Bila elektroda saling berdekatan makan volume tanah tidak bisa menerima arus dari elektroda-elektroda tersebut, dengan kata lain volume tanah tidak terbatas kemampuannya untuk menerima arus. Pada pentanahan grid umumnya elektroda-elektrodanya ditanam sejajar satu dengan yang lainnya pada kedalaman beberapa puluh sentimeter di dalam tanah. Untuk lebih memperkecil harga tanahan pentanahannya harus diperluas daerah pentanahannya karena cara ini lebih mudah bila dibandingkan dengan cara memperdalam konduktor.

2.5 Pentanahan Rod

Pentanahan rod yaitu sistem pentahanan yang menanamkan elektroda pentanahan tegak lurus di permukaan tanah, fungsinya hanya untuk mengurangi atau memperkecil tahanan pentanahan, maka jumlah penanaman batang elektroda pentanahan dapat diperbanyak. Bila terjadi arus gangguan ke tanah, maka arus



gangguan ini akan mengakibatkan naiknya gradient di permukaan tanah. Besarnya tegangan maksimum yang timbul sebanding dengan tahanan pentanahan.

Bila dilakukan penanaman parallel elektroda yang lebih banyak, maka tahanan pentanahan akan lebih kecil dan distribusi tegangan akan rata. Penanaman batang elektroda tegak lurus dipermukaan tanah dapat berbentuk bujur sangkar atau empat persegi panjang, dengan jarak antara elektroda pentanahan sama. Sedangkan konduktor penghubung antara batang-batang elektroda pentanahan terletak diatas permukaan tanah sehingga tidak di perhitungkan tahananannya.

Bila jarak antara konduktor makin pendek dan jumlah konduktor yang ditanam makin banyak, maka akan semakin kecil konduktivitas dari masing-masing konduktor.

2.6 Tahanan Jenis Tanah dan Tipe Tanah

Tanah merupakan campuran dari partikel-partikel cair, padat dan gas. susunan tanah itu sendiri memberikan suatu petunjuk yang baik pada tingkat mana tahanan jenis tanah itu akan diperkirakan. Tahanan jenis tanah dipengaruhi oleh berbagai macam faktor, oleh karena tahanan jenis tidak dapat diberikan sebagai suatu nilai yang ditetapkan. sering dicoba untuk mengubah komposisi tanah dengan memberikan garam pada tanah yang dekat pada elektroda pentanahan, dengan maksud mendapat jenis tanah yang rendah.

Cara ini hanya baik untuk sementara, sebab proses penggaraman harus dilakukan secara periodik sedikit-dikitnya enam bulan sekali. Untuk mengurangi variasi tahanan jenis tanah yang konstan. pada sistem pentanahan tidak perlu ditanam lebih dalam sehingga mencapai air tanah yang konstan, maka variasi tanah sangat besar, karena kadangkala pengaruhi oleh temperatur dan kelembaban secara bervariasi.

Harga tahanan jenis tanah harus diambil untuk keadaan yang paling buruk yaitu sewaktu tanah dalam keadaan kering dan dingin. Untuk melihat gambaran mengenai besarnya tahanan jenis tanah untuk bermacam-macam jenis tanah dapat dilihat pada tabel 2.1.



Dalam penggunaan data data pada tabel sering terjadi kesulitan karena komposisi tanah biasanya terdiri dari dua atau lebih kombinasi lapisan dari bermacam-macam tanah. hal yang penting dalam penyelidikan karakteristik tanah ialah mencari tahanan jenis tanah. Harga tahanan jenis tanah ini selalu bervariasi sesuai dengan keadaan tanah pada saat pengukuran, karena itu sebaiknya dicantumkan keadaan cuaca dan basah keringat tanah pada waktu pengukuran dilakukan.

Tabel 2.1 Tahanan Jenis Tanah

| Jenis Tanah | Tahanan Jenis Tanah (ohm-m) |
|-----------------------------|-----------------------------|
| Tanah rawa | 30 |
| Tanah liat dan tanah lading | 100 |
| Pasir basah | 200 |
| Kerikil basah | 500 |
| Pasir dan kerikil kering | 1000 |
| Tanah berbatu | 3000 |

Pengukuran tahanan jenis tanah pada lokasi gardu induk diambil dari titik lokasi. Tahanan jenis tanah dapat dihitung dengan menggunakan rumus yang tertulis :

$$\rho = 2.\pi.a.R \dots\dots\dots (2.1)$$

dimana :

ρ = tahanan jenis rata-rata tanah (ohm-meter)

a = jarak antara batang elektroda yang terdekat (meter)

R = besar tahanan yang diukur (ohm)

2.7 Tujuan Pentanahan

Adapun tujuan sistem pentanahan secara umum adalah :

1. Menjamin keselamatan orang dari sengatan listrik baik dalam keadaan normal atau tidak dari tegangan sentuh dan tegangan langkah.
2. Menjamin kerja peralatan listrik/elektronik.
3. Mencegah kerusakan peralatan listrik/elektronik.
4. Menyalurkan energi serangan petir ke tanah.



1. Menstabilkan tegangan dan memperkecil kemungkinan terjadinya flashover.
2. Mengalihkan energi RF liar dari peralatan-peralatan seperti: audio, video, kontrol, dan computer.

Pengetanahan peralatan berlainan dengan pengetanahan sistem, yaitu pengetanahan bagian dari peralatan yang pada kerja normal tidak dilalui arus. Tujuan dari pengetanahan peralatan tersebut adalah :

- a. Untuk membatasi tegangan antara bagian-bagian peralatan yang tidak dilalui arus dan antara bagian - bagian ini dengan tanah sampai pada suatu harga yang aman untuk semua kondisi operasi normal atau tidak normal.
- b. Untuk memperoleh impedansi yang kecil atau rendah dari jalan balik arus hubung singkat ke tanah.

Secara singkat tujuan pengetanahan itu dapat diformulasikan sebagai berikut :

- a. Mencegah terjadinya tegangan kejut listrik yang berbahaya untuk orang dalam daerah itu.
- b. Untuk memungkinkan timbulnya arus tertentu baik besarnya maupun lamanya dalam keadaan gangguan tanah tanpa menimbulkan kebakaran atau ledakan pada bangunan atau isinya.
- c. Untuk memperbaiki penampilan (*performance*) dari sistem.

2.7 Bagian-Bagian Sistem Pentanahan

Dibawah ini merupakan bagian-bagian system pertanahan

a. Kutup Pentanahan

Kutub pentanahan adalah komponen metal sebagai penghantar listrik yang bersentuhan dengan tanah/ditanam di dalam tanah untuk mempercepat penyerapan muatan listrik akibat petir atau tegangan lebih ke tanah. Bentuknya bermacam-macam tergantung pada keperluan.

b. Hantaran Penghubungan

Hantaran penghubung adalah metal penghubung antara kutub pentanahan dengan terminal, biasanya berupa kawat tembaga *pilm/BC draad* dengan diameter minimal 16 mm.

c. Terminal

Pentanahan



Terminal pentanahan adalah terminal atau titik dimana dihubungkan

dengan perangkat peralatan. Biasanya berupa lempeng tembaga cukup panjang 15cm, lebar 3cm dan tebal 1 cm.

2.9 Komponen Pentanahan

Komponen sistem pentanahan secara garis besar terdiri dari dua bagian, yaitu hantaran penghubung dan elektroda pentanahan.

1. Hantaran Penghubung

Seperti yang kita ketahui pada instalasi listrik suatu saluran penghantar yang menghubungkan titik kontak pada badan atau rangka peralatan listrik dengan elektroda bumi. Pada instalasi penangkal petir yaitu saluran penghantar yang menghubungkan titik kontak pada terminal pentanahan batang dengan elektroda bumi. Kalau generator atau transformator, yaitu menghubungkan titik netral nya dengan elektroda pentanahan.

2. Elektroda Pentanahan

Yang dimaksud dengan elektroda pentanahan adalah penghantar yang ditanam dalam bumi dan membuat kontak langsung dengan bumi. Sedangkan menurut SNI 225-87/320.A.1, elektroda pentanahan adalah sebuah atau sekelompok penghantar yang mempunyai kontak yang erat dengan bumi dan menghantari hubungan listrik dengan bumi. Elektroda pentanahan tertanam sedemikian rupa dalam tanah berupa pita logam, batang konduktor, pipa air minum dari tulang besi beton pada tiang pancang. Elektroda pentanahan merupakan bagian yang langsung menyebarkan arus kedalam bumi, hubungan atau kotak elektroda dengan bumi merupakan bagian yang langsung menyebarkan arus kedalam bumi, hubungan atau kontak elektroda dengan bumi ini harus sebaik mungkin, tahan terhadap gangguan arus listrik, korosi maupun gangguan mekanik. Jadi yang diharapkan adalah hubungan listrik dengan impedansi yang serendah mungkin dan tahan lama. Ada beberapa macam elektroda pentanahan yang bias dipakai,

diantaranya elektroda pentanahan pita dan elektroda batang. Sifat-sifat dari sebuah sistem elektroda tanah ialah hambatan arus melewati sistem elektroda tanah tiga komponen, yaitu :

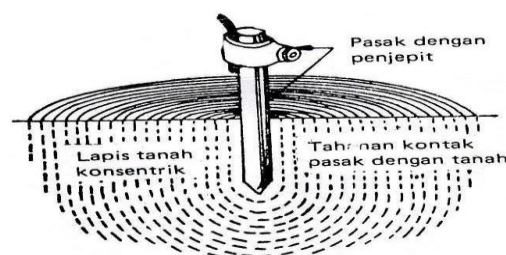
- a. Tahanan pasaknya sendiri dan sambungan-sambungannya.
- b. Tahanan kontak antara pasak dengan tanah sekitar.
- c. Tahanan tanah di sekelilingnya.

Pasak-pasak tanah, batang logam, struktur dan peralatan lain biasa digunakan untuk elektroda tanah. Elektroda-elektroda ini umumnya besar dan penampangnya sedemikian, sehingga tahananannya dapat diabaikan terhadap tahanan keseluruhan sistem pentanahan.

Tahanan antara elektroda dan tanah jauh lebih kecil dari yang biasanya diduga. Apabila elektroda bersih dari cat atau minyak, dan tanah dapat dipasak dengan kuat maka biro Standarisasi Nasional Amerika Serikat menyatakan bahwa tahanan kontak dapat diabaikan.

Pasak dengan tahanan seragam yang ditanam ke tanah akan menghantarkan arus ke semua jurusan. Jika ditinjau suatu elektroda yang ditanam di tanah yang terdiri atas bagian-bagian tanah dengan ketebalan yang sama seperti gambar berikut.

Lapisan tanah terdekat dengan pasak sendirinya memiliki permukaan paling sempit, sehingga memberikan tahanan terbesar. Lapisan berikutnya, karena lebih luas, memberikan tahanan yang lebih kecil. Demikian seterusnya, sehingga pada suatu jarak tertentu dari pasak. Jarak ini disebut daerah tahanan efektif, yang juga sangat tergantung pada kedalaman pasak. Dari ketiga macam komponen, tahanan tanah merupakan besaran yang paling kritis dan paling sulit dihitung ataupun dibatasi.



Gambar 2.1 Komponen sistem pentanahan

2.10 Macam-Macam Elektroda Pentanahan

Ada beberapa macam bentuk pertanahan

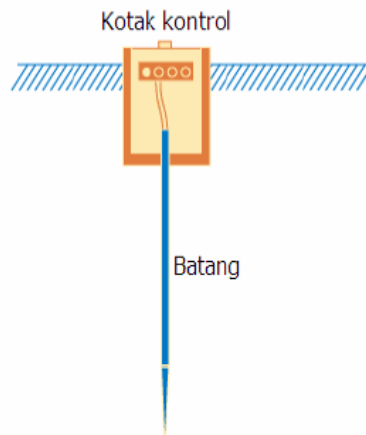
1. Berbentuk batang
2. Berbentuk plat
3. Berbentuk pita

1. Elektroda Bentuk Batang

Elektroda batang terbuat dari batang atau pipa logam yang ditanam vertikal di dalam tanah. Biasanya dibuat dari bahan tembaga, *stainless steel* atau *galvanized steel*. Perlu diperhatikan pula dalam pemilihan bahan agar terhindar dari *galvanis couple* yang dapat menyebabkan korosi.

Elektroda batang adalah elektroda berbentuk pita atau batang baja profil maupun logam lain yang dipasangkan tegak lurus ke dalam tanah. Dalam pemasangan elektroda batang diusahakan setegak lurus mungkin, dengan tujuan agar dicapai kedalaman yang maksimum, dimana diharapkan terdapat lapisan tanah dengan tahanan jenis yang cukup rendah. dalam perhitungan diasumsikan batang tertanam tegak lurus, sehingga kedalaman elektroda tertanam sama dengan panjangnya Batang yang ditanam. Besarnya tahanan pentanahan elektroda batang tergantung pada kedalaman batang yang tertanam, tetapi adakalanya dengan menggunakan sebuah elektroda batang saja tidak tercapai nilai tahanan pentanahan yang diinginkan, sehingga dalam pemasangannya sering digunakan beberapa elektroda batang yang dihubungkan satu dengan yang lainnya. Elektroda batang ini ditanam dengan kedalaman antara 1 - 10 meter.

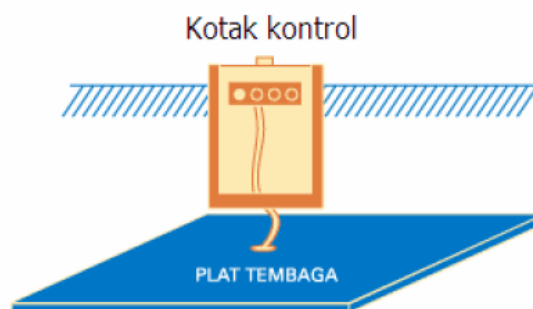
Elektroda pentanahan bentuk batang terbuat dari pipa atau profil. Elektroda ini ditanam tegak lurus dalam tanah, elektroda batang yang digunakan ini memiliki bentuk L, U dan T dibentuk sedemikian rupa. Di bawah ini digambarkan macam bentuk elektroda batang.



Gambar 2.2 Elektroda Batang

1. Elektroda Bentuk Plat

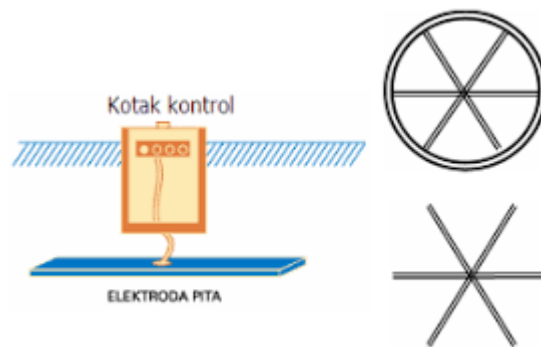
Elektroda berbentuk plat ini terdiri dari sebuah plat yang hipersink dengan permukaan 1 m^2 dengan tebal 3 mm. Plat ditanam tegak lurus dengan tanah. Sisi plat bagian atas sedikit harus 1 m di bawah permukaan tanah. makin banyak jumlah plat diparalelkan dalam pertanahan itu makin kecil tahanan pentanahan itu, dan plat yang terpasang itu jarak satu sama lain paling sedikit 3 m.



Gambar 2.3 Elektroda Plat

1. Elektroda Bentuk Pita

Elektroda ini dibuat dari baja yang dihipersink dengan penampang 100 mm² tebal 3 mm. Kalau dibuat dari tembaga penampangnya 50 mm². Elektroda ini ditanam dalam tanah sedalam 0,5 sampai 1 m. Elektroda bentuk pita ini terdiri dari tiga macam yaitu bentuk sharl, bentuk cincin, bentuk maschen seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Elektroda Pita

2.10 Perhitungan Tahanan Pentanahan

1. Perhitungan tahanan pembumian dengan satu elektroda batang. Untuk menghitung

besarnya tahanan pembumian dengan memakai rumus :

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} - 1 \right) \Omega \dots\dots\dots(2.2)$$

R= Tahanan pentanahanelektroda batang [Ω]

ρ = Tahanan jenis tanah [Ω .m]

L= Panjang batang yang tertanam [m]

a = Jari-jari elektroda pentanahan [m]

2.Perhitungan tahanan pembumian elektroda batang lebih dari satu.

Bila tahanan pembumian yang dikehendaki tidak dapat dicapai oleh elektroda tunggal (single rod) maka dua elektroda atau lebih dapat dipergunakan.

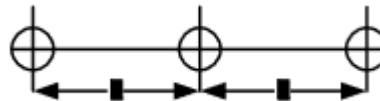
Beberapa konfigurasi pemasangan elektroda batang lebih dari satu sebagai berikut :

a. Konfigurasi double straight



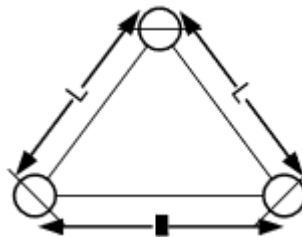
Gambar 2.5 Rangkaian Double Straight

b. Konfigurasi triple straight



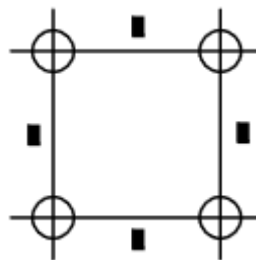
Gambar 2.6 Rangkaian Triple Straight

c. Konfigurasi Triangle



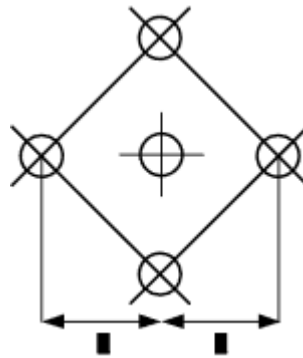
Gambar 2.7 Rangkaian Triangle

d. Konfigurasi Square



Gambar 2.8 Rangkaian Square

e. Konfigurasi crosscicle



Gambar 2.9 Rangkaian Cossicle

Untuk menghitung tahanan pembumian total (R_{pt}) konfigurasi diatas, maka dipakai rumus :

$$R_{pt} = \frac{\rho \cdot k}{2\pi L} \times \text{faktor pengali konfigurasi } (n) \dots\dots\dots(2.3)$$

k = Faktor pengali elektroda batang tunggal.

Tabel 2.2 Faktor Pengali elektroda batang tunggal (k)

| | | | | |
|------------------|----|-----|------|--------|
| $\frac{\rho}{r}$ | 20 | 200 | 2000 | 20.000 |
| k | 3 | 5,3 | 7,6 | 9,9 |

Contoh $L= 3 \text{ m}$; $r = 8 \text{ mm}$

$$\frac{1}{r} = \frac{3000\text{mm}}{8\text{mm}} = 375 \quad k = 7,6$$

Tabel 2.3 Factor pengali untuk konfigurasi elektroda batang



| | Double Straight | triple Straight | Triagle | Squre | Cross cicle |
|-----------|-----------------|---------------------------|------------------|--------------------|---------------------------------|
| Jumlah | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 |
| F Pengali | $\frac{1+m}{2}$ | $\frac{1-2m^2+2}{3-4m+n}$ | $\frac{1+2m}{3}$ | $\frac{1+2m+q}{4}$ | $\frac{1+2q+n-4m^2}{5+2q+n-8m}$ |

Dimana :

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{\ln x}{\ln \frac{l}{r}} & ,x &= \frac{1+l}{l} & ,n &= \frac{\ln y}{\ln \frac{l}{r}} \\
 y &= \frac{l+2l}{l} & ,q &= \frac{\ln z}{\ln \frac{l}{r}} & ,z &= \frac{1+2l}{2l}
 \end{aligned}
 \dots\dots\dots(2.4)$$

3. Hubungan Paralel elektroda Batang

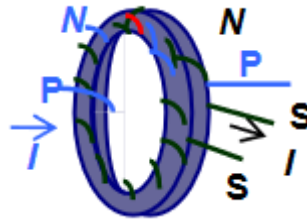
Bila tahanan pembumian dikehendaki tidak dapat dicapai oleh satu elektroda batang, maka dua elektroda atau lebih dapat dipergunakan. Untuk jumlah elektroda yang sedikit cenderung mengikuti rumus tahanan hubungan paralel, yaitu :

$$\frac{1}{Rt} = \frac{1}{r1} + \frac{1}{r2} + \frac{1}{rn}
 \dots\dots\dots(2.5)$$

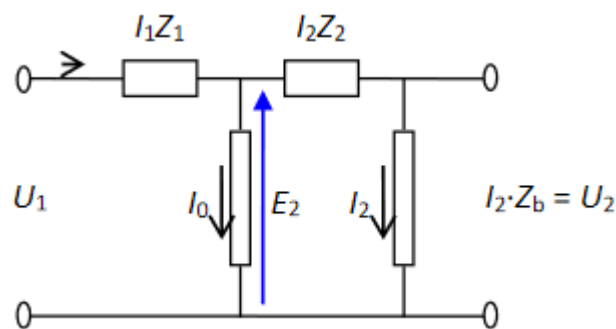
Jika beberapa elektroda batang yang paralel tidak bekerja efektif pada seluruh batang (misal karena ada lapisan tanah yang kering) maka jarak minimum antara elektroda yang dipilih 2x panjang efektif dari 1(satu) elektroda batang. (tedjo, 2018)

2.12 Trafo Arus (Current Transformer)

Transformator Arus adalah peralatan yang digunakan untuk melakukan pengukuran besaran arus pada instalasi tenaga listrik disisi primer (Tegangan Ekstra Tinggi, Tegangan Tinggi dan Tegangan Menengah), yang berskala besar dengan melakukan transformasi dari besaran arus yang besar menjadi besaran arus yang kecil secara akurat dan teliti untuk keperluan pengukuran dan proteksi.



Gambar 2.10 Trafo Arus



Gambar 2.11 Rangkaian Ekivalen

Secara fungsi trafo arus dibedakan menjadi dua jenis, yaitu :

A. Trafo Arus Pengukuran

1. Trafo arus pengukuran untuk metering, memiliki ketelitian tinggi pada daerah kerja (daerah pengenalnya) antara 5% hingga 120% arus nominalnya tergantung dari kelasnya dan tingkat kejenuhan relatif rendah dibandingkan dengan trafo arus untuk proteksi.
2. Penggunaan pada trafo arus pengukuran untuk Amperemeter, Watt-meter, VARh-meter, dan $\cos \phi$ meter.

B. Trafo Arus Proteksi

1. Trafo arus proteksi untuk proteksi memiliki ketelitian tinggi pada saat terjadi gangguan dimana arus yang mengalir beberapa kali dari arus pengenalnya dan tingkat kejenuhan cukup tinggi.
2. Penggunaan trafo arus proteksi untuk relai arus lebih (OCR dan GFR), relai beban lebih, relai differensial, relai daya dan relai jarak.
3. Perbedaan mendasar trafo arus pengukuran dan proteksi adalah pada titik kejenuhan/saturasinya

Jenis Transformator Arus Berdasar Pemasangan Berdasarkan lokasi pemasangannya, transformator arus dibagi menjadi dua kelompok, yaitu:

1. Transformator arus pemasangan luar ruangan (outdoor). Transformator aruspemasangan luar ruangan memiliki konstruksi fisik yang kokoh, isolasi yang baik, biasanya menggunakan isolasi minyak untuk rangkaian elektrik internal dan bahan keramik/porselen untuk isolator eksternal.



Gambar 2.12 Trafo Arus Pasangan Luar (Out-Door)

2. Transformator aruspemasangan dalam ruangan (indoor). Transformator aruspasangan dalam ruangan biasanya memiliki ukuran yang lebih kecil dari trafo arus pemasangan luar ruangan, menggunakan isolator dari bahan resin .



Gambar 2.13 Trafo Arus Pasangan Dalam (In-Door) (Tambunan, 2018)

2.13 Pemutus Tenaga (PMT)

Berdasarkan IEV (International Electrotechnical Vocabulary) 441-14-20 disebutkan bahwa Circuit Breaker (CB) atau Pemutus Tenaga (PMT) merupakan peralatan saklar/switching mekanis, yang mampu menutup, mengalirkan dan memutus arus beban dalam kondisi normal serta mampu menutup, mengalirkan (dalam periode waktu tertentu) dan memutus arus beban dalam kondisi abnormal/gangguan seperti kondisi hubung singkat (short circuit). Sedangkan definisi PMT berdasarkan IEEE C37.100:1992 (Standard definitions for power switchgear) adalah merupakan peralatan saklar/ switching mekanis, yang mampu menutup, mengalirkan dan memutus arus beban dalam kondisi

normal sesuai dengan ratingnya serta mampu menutup, mengalirkan (dalam periode waktu tertentu) dan memutus arus beban dalam spesifik kondisi abnormal/gangguan sesuai dengan ratingnya.

Fungsi utamanya adalah sebagai alat pembuka atau penutup suatu rangkaian listrik dalam kondisi berbeban, serta mampu membuka atau menutup saat terjadi arus gangguan (hubung singkat) pada jaringan atau peralatann lain.

2.13.1 Klasifikasi PMT

Klasifikasi Pemutus Tenaga dapat dibagi atas beberapa jenis, antara lain berdasarkan tegangan rating/nominal, jumlah mekanik penggerak, media isolasi, dan proses pemadaman busur api jenis gas SF₆.

2.13.2 Berdasarkan Besar/Kelas Tegangan (Um)

PMT dapat dibedakan menjadi:

- PMT tegangan rendah (Low Voltage)

Dengan range tegangan 0.1 s/d 1 kV (SPLN 1.1995 - 3.3)

- PMT tegangan menengah (Medium Voltage)

Dengan range tegangan 1 s/d 35 kV (SPLN 1.1995 – 3.4)

- PMT tegangan tinggi (High Voltage)

Dengan range tegangan 35 s/d 245 kV (SPLN 1.1995 – 3.5)

- PMT tegangan extra tinggi (Extra High Voltage)

Dengan range tegangan lebih besar dari 245 kVAC (SPLN 1.1995 – 3.6) (PAMUDJI, 2014)



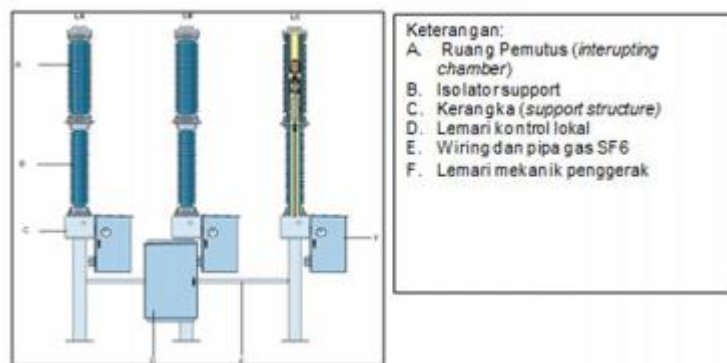
Gambar 2.14 Macam – Macam PMT

2.13.3 Berdasarkan Jumlah Mekanik Penggerak /Tripping Coil PMT

dapat dibedakan menjadi:

- PMT Single Pole

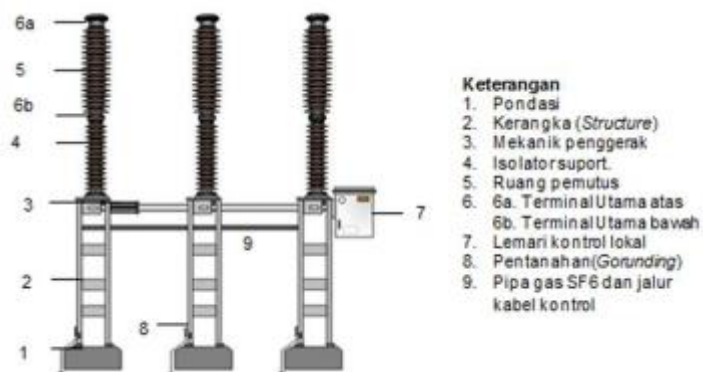
PMT type ini mempunyai mekanik penggerak pada masing-masing pole, umumnya PMT jenis ini dipasang pada bay penghantar agar PMT bias reclose satu fasa.



Gambar 2.15 PMT Single Pole

- PMT Three Pole

PMT jenis ini mempunyai satu mekanik penggerak untuk tiga fasa, guna menghubungkan fasa satu dengan fasa lainnya di lengkapi dengan kopel mekanik, umumnya PMT jenis ini di pasang pada bay trafo dan bay kopelserta PMT 20 kV untuk distribusi.



Gambar 2.16 PMT Three Pole

2.13.4 Berdasarkan Media Isolasi

Jenis PMT dapat dibedakan menjadi:

- PMT Gas SF6

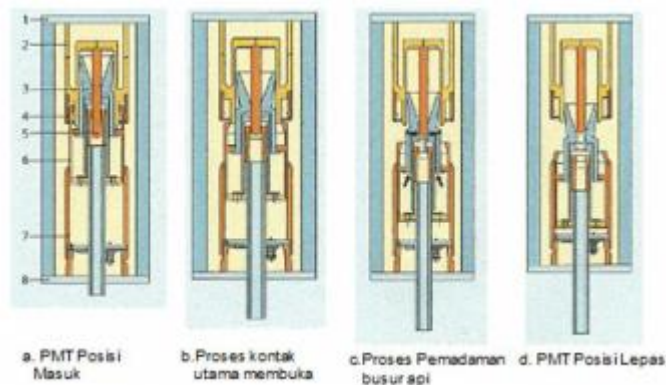
- PMT Minyak
- PMT Udara Hembus(Air Blast)
- PMT Hampa Udara(Vacuum)

2.13.5 Berdasarkan Proses Pemadaman Busur Api Listrik Diruang Pemutus PMT

SF₆ dapat dibagi dalam 2 (dua) jenis, yaitu:

- PMT Jenis Tekanan Tunggal(single pressure type)
- PMT Jenis Tekanan Ganda(double pressure type)

PMT Jenis Tekanan Tunggal PMT terisi gas SF₆ dengan tekanan kira-kira 5 Kg/cm², selama terjadi proses pemisahan kontak-kontak, gas SF₆ ditekan(fenomena thermal overpressure) ke dalam suatu tabung/cylinder yang menempel pada kontak bergerak selanjutnya saat terjadi pemutusan, gas SF₆ ditekan melalui nozzle yang menimbulkan tenaga hembus/tiupan dan tiupan ini yang memadamkan busur api.



Gambar 2.17 PMT SF₆ Saat Proses Pemutusan Arus Listrik

Keterangan Gambar:

- 1.Terminal Utama atas(Rod Kontak diam)
- 2.Support Kontak diam
- 3.Nozzle
- 4.Kontak Utama (main contact)
- 5.Arcing contact
- 6.Kontak bergerak
- 7.Support kontak bergerak

8. Terminal utama bawah

PMT Jenis Tekanan Ganda PMT terisi gas SF₆ dengan sistem tekanan tinggi kira-kira 12 Kg / cm² dan sistem tekanan rendah kira-kira 2 Kg / cm², pada waktu pemutusan busur api gas SF₆ dari sistem tekanan tinggi dialirkan melalui nozzle ke sistem tekanan rendah. Gas pada sistem tekanan rendah kemudian dipompakan kembali ke sistem tekanan tinggi, saat ini PMT SF₆ tipe ini sudah tidak diproduksi lagi.

2.14 Pemisah atau PMS (Disconnecting Switch)

Disconnecting switch atau pemisah (PMS) suatu peralatan sistem tenaga listrik yang berfungsi sebagai saklar pemisah rangkaian listrik dalam kondisi bertegangan atau tidak bertegangan tanpa arus beban. Penempatan PMS terpasang di antara sumber tenaga listrik dan PMT (PMS Bus) serta diantara PMT dan beban (PMS Line/Kabel) dilengkapi dengan PMS Tanah (Earthing Switch). Untuk tujuan tertentu PMS Line/Kabel dilengkapi dengan PMS Tanah. Umumnya antara PMS Line/Kabel dan PMS Tanah terdapat alat yang disebut interlock. (RUSDJAJA, 2014)

Pemisah adalah suatu alat untuk memisahkan tegangan pada peralatan instalasi tegangan tinggi. Ada dua macam fungsi PMS, yaitu:

1. Pemisah Peralatan: Berfungsi untuk memisahkan peralatan listrik dari peralatan lain atau instalasi lain yang bertegangan. PMS ini boleh dibuka atau ditutup hanya pada rangkaian jaringan yang tidak berbeban.
2. Pemisah Tanah (Pisau Pentanahan/Pembumian): Berfungsi untuk mengamankan dari arus tegangan yang timbul sesudah saluran tegangan tinggi diputuskan atau induksi tegangan dari penghantar atau kabel lainnya. Hal ini perlu untuk keamanan bagi orang-orang yang bekerja pada peralatan instalasi.



Gambar 2.18 Pemisah

Komponen dan Fungsi Pemisah terdiri dari beberapa komponen yang masing-masing mempunyai fungsinya adalah sebagai berikut:

1. Dielectric Komponen subsistem pada peralatan pemisah adalah dielectric/isolator. Isolator adalah alat yang berfungsi sebagai isolasi dan pemegang mekanis dari perlengkapan atau penghantar yang dikenai beda potensial. Jika isolator gagal dalam kegunaannya memisahkan antara dua saluran maupun saluran dengan pentanahan maka penyaluran energi tersebut akan gagal atau tidak optimal. Isolator berbentuk piringan-piringan yang terbuat dari bahan porselin atau komposit yang ukurannya disesuaikan dengan tegangan, jenis, ukuran penghantar, kekuatan mekanis dan konstruksi penopangnya.



Gambar 2.19 Isolator

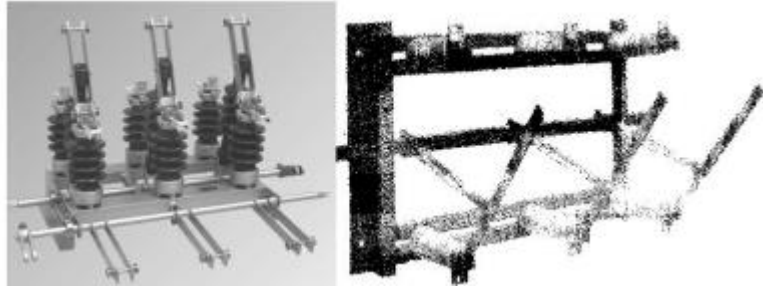
2. Primary Subsistem

primary merupakan bagian dari PMS yang bersifat konduktif dan berfungsi untuk menghantarkan/mengalirkan arus listrik. Subsistem primary terdiri dari dua bagian, yakni : terdiri dari pisau-pisau/Kontak PMS dan klem. (RUSDJAJA, 2014)

3. Pisau-pisau/Kontak PMS menghubungkan atau memisahkan bagian yang bertegangan. Macam-macam pisau pemisah berdasarkan gerakan lengan/pisau pemisahannya antara lain:

- a. Pemisah Engsel

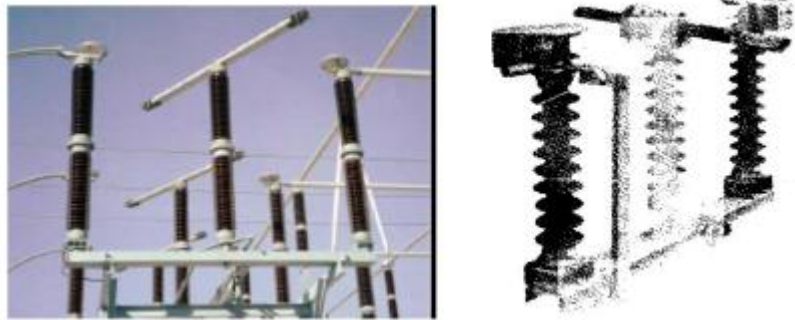
Dimana pemisah tersebut gerakannya seperti engsel



Gambar 2.20 Pemisah Engsel

b. Pemisah Putar

Dimana terdapat 2(dua) buah kontak diam dan 2(dua) buah kontakgerak yang dapat berputar pada sumbunya.



Gambar 2.21 Pemisah Putar

c. Pemisah Siku

Pemisah ini tidak mempunyai kontak diam, hanya terdapat 2 (dua) kontak gerak yang gerakannya mempunyai sudut 90°.



Gambar 2.22 Pemisah Siku

d. Pemisah Luncur

PMS ini gerakan kontaknya ke atas–ke bawah (vertikal) atau ke samping (horisontal). Banyak dioperasikan pada instalasi 20 kV. Pada PMT20KV typedraw-outsetelah posisi Off dan dilepas/dikeluarkan dari Cubicle maka pisau kontaktor penghubung dengan Busbar adalah berfungsi sebagai PMS. Untuk keperluan pemeliharaan,PMT ini dapat dikeluarkan dari kubikel/sel 20 KVdengan cara menarik keluar secara manual (draw-out).Selesai pemeliharaan,PMT dapat dimasukkan kembali (draw-in) dan pada posisi tertentu kontaktor (berfungsi PMS) akan berhubungan langsung dengan Busbar 20 KV. Namun harus dipastikan terlebih dulu sebelumnya bahwa PMTdalam posisi Off.



Gambar 2.23 PMT 20 KV Draw-Out

e. Pemisah Pantograph

PMS ini mempunyai kontak diam yang terletak pada rel dan kontak gerak yang terletak pada ujung lengan pantograph. Jenis ini banyak dioperasikan pada sistem tegangan 500 KV.



Gambar 2.24 Pemisah Pantograph.

3.Klem

Bagian dari PMS yang merupakan titik sambungan antara PMS dengan konduktor luar dan berfungsi untuk mengalirkan arus dari atau ke konduktor luar.



Gambar 2.25 Terminal Utama Klem

2.15 Current Voltage Transformator (CVT)/ Trafo Tegangan

Trafo tegangan adalah peralatan yang mentransformasi tegangan sistem yang lebih tinggi ke suatu tegangan sistem yang lebih rendah untuk kebutuhan peralatan indikator, alatukur/meter dan relai.

Fungsi dari trafo tegangan yaitu:

- Mentransformasikan besaran tegangan sistem dari yang tinggi ke besaran tegangan listrik yang lebih rendah sehingga dapat digunakan untuk peralatan proteksi dan pengukuran yang lebih aman, akurat dan teliti



- .-Mengisolasi bagian primer yang tegangannya sangat tinggi dengan bagian sekunder yang tegangannya rendah untuk digunakan sebagai sistem proteksidan pengukuran peralatan dibagian primer.
- Sebagai standarisasi besaran tegangan sekunder (100 , $100/\sqrt{3}$, $110/\sqrt{3}$ dan 110 volt) untuk keperluan peralatan sisi sekunder
- .-Memiliki 2 kelas, yaitu kelas proteksi (3P, 6P) dan kelas pengukuran (0,1; 0,2;0,5;1;3).

Jenis Trafo Tegangan Trafo tegangan dibagi menjadi dua jenis yaitu:

- Trafo tegangan magnetik (Magnetik Voltage Transformer/VT)Disebut juga Trafo tegangan induktif. Terdiri dari belitan primer dan sekunder pada inti besi yang prinsip kerjanya belitan primer menginduksikan tegangan kebelitan sekundernya.
- Trafo tegangan kapasitif (Capasitive Voltage Transformer/CVT)Trafo tegangan ini terdiri dari dua bagian yaituCapacitive Voltage Divider(CVD)dan inductive Intermediate Voltage Transformer(IVT). CVD merupakan rangkaian seri 2 (dua) kapasitor atau lebih yang berfungsi sebagai pembagi tegangan dari tegangan tinggi ke tegangan rendah pada primer, selanjutnya tegangan pada satu kapasitor ditransformasikan oleh IVT menjadi tegangan sekunder.

2.15.1 Bagian-BagianTrafo Tegangan

1.Trafo Tegangan Jenis Magnetik

- Kertas / Isolasi Minyak
Berfungsi mengisolasi bagian yang bertegangan (belitan primer) dengan bagianbertegangan lainnya (belitan sekunder) dan juga dengan bagianbadan (body).Terdiri dari minyak trafo dan kertas isolasi
- Rangkaian Electromagnetic
Berfungsi mentransformasikan besaran tegangan yang terdeteksi disisi primerke besaran pengukuran yang lebih kecil.
- Expansion Chamber

Merupakan peralatan yang digunakan untuk mengkompensasi level ketinggian minyak akibat perubahan volume sebagai pengaruh temperatur. Jenis yang umum digunakan adalah metallic bellow.

- Terminal Primer

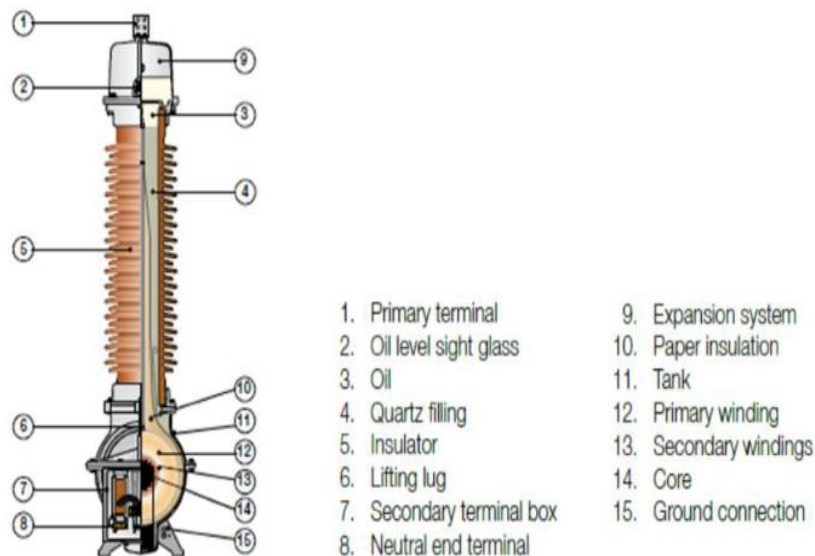
Adalah terminal yang terhubung pada sisi tegangan tinggi (fasa) dan satu lagi terhubung pada sistem pentanahan (grounding)

- Struktur Mekanikal

Struktur mekanikal adalah peralatan yang menyokong berdirinya trafo tegangan. Terdiri dari: Pondasi – Struktur penopang VT – Isolator (keramik/polyester)

- Sistem Pentanahan

Sistem pentanahan adalah peralatan yang berfungsi mengalirkan arus lebih akibat tegangan surja atau sambaran petir ke tanah.



Gambar 2. 26 Bagian – Bagian VT

2. Trafo Tegangan Jenis Kapasitif

Secara umum bagian trafo tegangan jenis kapasitif dapat jelaskan sebagai berikut:

- Dielectric

Komponen ini terdiri atas dua bagian yaitu:



–Minyak Isolasi Berfungsi untuk mengisolasi bagian-bagian yang bertegangan dan sebagai media dielectric untuk memperoleh nilai kapasitansi dari 2 (dua) kapasitor atau lebih sebagai pembagi tegangan yang terhubung seri.

–Kertas-plastik film (paper-polypropylene film) Berfungsi sebagai media dielectric untuk memperoleh nilai kapasitansi dari 2 (dua) kapasitor atau lebih sebagai pembagi tegangan yang terhubung seri bersama-sama minyak isolasi.

•Pembagi Tegangan (Capacitive Voltage Divider)

C1, C2 (capacitor element) adalah kapasitor pembagi tegangan (Capacitive Voltage Divider) yang berfungsi sebagai pembagi tegangan tinggi untuk diubah oleh trafo tegangan menjadi tegangan pengukuran yang lebih rendah. Kapasitansi C2 lebih besar dari C1 dan terhubung seri. Sebagai contoh untuk CVT $150/\sqrt{3}$ kV / $100/\sqrt{3}$ V, kapasitansi masukan (input capacity) 8.300 pF yang terdiri dari C1=8994pF, dan C2= 149.132pF (Gambar 2.7 poin 2)

•Ferroresonance suppression/damping circuit

Ferroresonance suppression/damping circuit adalah induktor penyesuaian tegangan (medium voltage choke) yang berfungsi untuk mengatur/menyesuaikan supaya tidak terjadi pergeseran fasa antara tegangan masukan (v_i) dengan tegangan keluaran (v_o) pada frekuensi dasar. Pada merk tertentu komponen ferroresonance ditandai dengan simbol L0. (Gambar 2.8 poin 3)

•Trafo Tegangan (Intermediate Voltage Transformer/IVT)

Berfungsi untuk mentransformasikan besaran tegangan listrik dari tegangan menengah yang keluar dari kapasitor pembagi ke tegangan rendah yang akan digunakan pada rangkaian proteksi dan pengukuran. (Gambar 2.8 poin 4)

•Expansion Chamber

Merupakan peralatan yang digunakan untuk mengkompensasi level ketinggian minyak akibat perubahan volume sebagai pengaruh



temperatur. Jenis yang umum digunakan adalah metallic/rubberbellows gas cushion. (Gambar 2.8 poin 5)

- Terminal Primer

HVT adalah terminal tegangan tinggi (high voltage terminal) yaitu bagian yang dihubungkan dengan tegangan transmisi baik untuk tegangan bus maupun tegangan penghantar terminal tegangan tinggi/primer. (Gambar 2.8 poin 1)

- Terminal Sekunder

Adalah terminal yang terhubung pada sisi tegangan rendah, untuk keperluan peralatan ukur dan relai. Pada merk tertentu terminal ini ditandai dengan simbol 1a dan 2a. (Gambar 2.8 poin 7). Pada box terminal sekunder terdapat juga komponen lain yang terdiri dari:

- PG (protective gap) adalah gap pengaman,

- HF (high frequency) adalah terminal frekuensi tinggi yang berkisar sampai puluhan kilohertz, sebagai pelengkap pada salah satu konduktor penghantar dalam memberikan sinyal komunikasi melalui PLC.

- L3 adalah reaktor pentanahan yang berfungsi untuk meneruskan frekuensi 50 Hz, - SA (surge arrester) atau arester surja adalah pelindung terhadap gelombang surja petir.

- S adalah sakelar pentanahan (earthing switch), yang biasanya dipergunakan pada kegiatan pemeliharaan

- Struktur Mekanikal Struktur mekanikal adalah peralatan yang menyokong berdirinya trafo tegangan yang terdiri dari:

- Pondasi

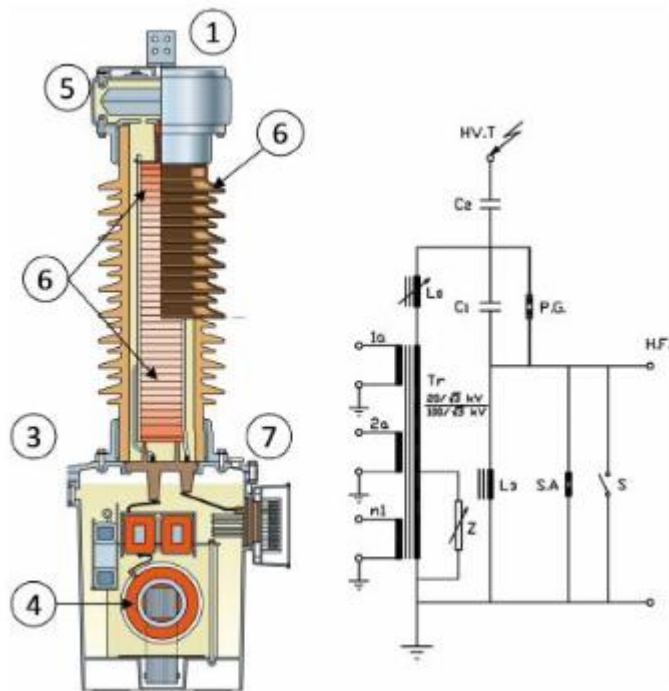
- Struktur penopang CVT

- Isolator penyangga (porselen/polyester). tempat kedudukan kapasitor dan berfungsi sebagai isolasi pada bagian-bagian tegangan tinggi. (Gambar 2.8 poin 6)

- Sistem

Pentanahan

Sistem pentanahan adalah peralatan yang berfungsi mengalirkan arus lebih akibat tegangan surja atau sambaran petir ke tanah.



Gambar 2.27 Konstruksi Trafo Tegangan Kapasitif

2.16 Arrester atau Lightning Arrester (LA)

Lightning Arrester (LA) merupakan peralatan yang berfungsi untuk melindungi peralatan listrik lain dari tegangan surja (baik surja hubung maupun surja petir). Surja mungkin merambat di dalam konduktor saat peristiwa sebagai berikut:

1. Kegagalan sudut perlindungan petir, sehingga surja petir mengalir di dalam konduktor fasa.
2. Backflashover akibat nilai pentanahan yang tinggi, baik di gardu induk ataupun di saluran transmisi.
3. Proses switching CB/ DS (surja hubung).
4. Gangguan fasa-fasa, ataupun fasa-tanah baik di saluran transmisi maupun di gardu induk.

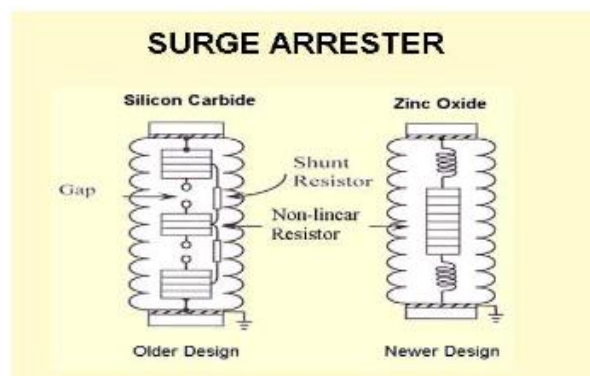
Pada saat peristiwa surja, travelling wave/gelombang berjalan merambat dipenghantar sistem transmisi dengan kecepatan mendekati kecepatan cahaya. Surja dengan panjang gelombang dalam orde mikro detik ini berbahaya bila nilai tegangan surja yang tiba diperalatan lebih tinggi dari level BIL (Basic Insulation Level) peralatan. Untuk itu, LA dipasang untuk memotong tegangan surja dengan cara mengalirkan arus surja ke tanah dalam orde sangat singkat, dimana pengaruh follow current tidak ikut serta diketanahkan.

2.16.1 Prinsip Kerja Arrester

Pada keadaan tegangan jaringan normal, sampai 1,1 tegangan nominal pelindung berperan sebagai isolasi atau idealnya tidak mengalirkan arus dari jaringan tanah. Tetapi jika suatu tegangan lebih impuls tiba pada terminal alat pelindung, maka alat pelindung segera berubah menjadi penghantar dan mengalirkan arus impuls ke tanah sehingga amplitud tegangan lebih yang merambat menuju peralatan yang dilindungi berkurang menjadi dibawah ketahanan tegangan impuls peralatan yang dilindungi.

2.16.2 Bagian-bagian arrester

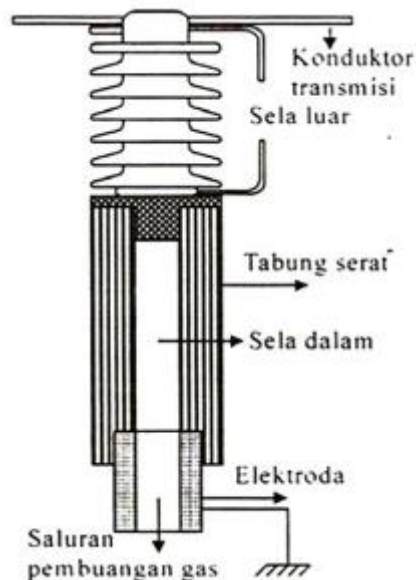
Elektroda Terdapat dua elektroda pada arrester, yaitu elektroda atas yang dihubungkan dengan bagian yang bertegangan dan elektroda bawah yang dihubungkan ke tanah. b. Spark gap Apabila terjadi tegangan lebih oleh surja petir atau surja hubung pada arrester yang terpasang, maka pada spark gap atau sela 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 tegangan.



Gambar 2.28 Bagian – Bagian Arrester

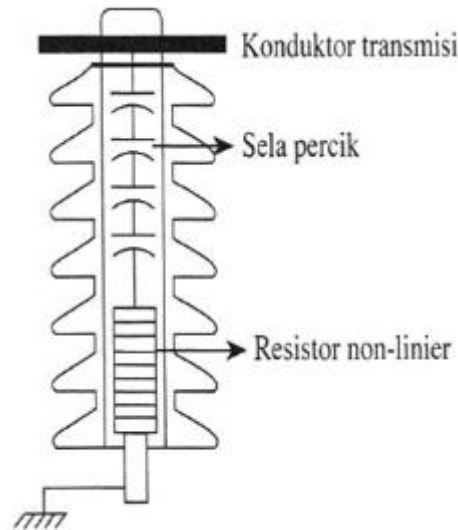
2.16.3 Jenis-Jenis Arrester

1. Arrester Jenis Ekspulsi Digunakan pada sistem tenaga listrik bertegangan hingga 33 kV. Konstruksinya diperlihatkan pada gambar 2.5. Arrester ini mempunyai dua sela yang terhubung seri, yaitu sela luar dan sela dalam. Sela dalam ditempatkan di dalam tabung serat (Fiber), elektroda sela dalam yang dibumikan dibuat berbentuk pipa. Keberadaan dua pasang elektroda ini membuat arrester mampu memikul tegangan tinggi frekuensi daya tanpa menimbulkan korona dan arus bocor ke tanah. Tegangan tembus sela luar dibuat lebih rendah daripada tegangan lompatan api isolator pendukung sela luar.



Gambar 2.29 Arrester jenis ekspulsi

2. Arrester Jenis Katup Berdasarkan sela perciknya, arrester katup terdiri dari: - Arrester Katup Sela Pasif Arrester sela pasif digunakan pada jaringan distribusi hantaran udara.



Gambar 2.30 Arrester Katup

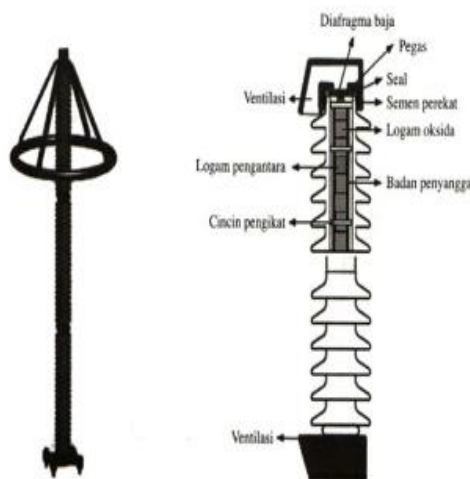
Arrester ini terdiri dari sela percik, resistor nonlinier dan isolator tabung. Sela percik terdiri dari beberapa susunan elektroda plat – plat terhubung seri. Sela percik dan resistor nonlinier keduanya ditempatkan didalam tabung isolasi tertutup, sehingga kerja arrester ini tidak dipengaruhi oleh keadaan 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 melewati arus lemah, tetapi nilai resistansinya sangat rendah ketika dilewati arus kuat. - 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.

- Arrestor Katup Tanpa Sela Percik

Arrestor tanpa sela digunakan untuk semua tingkat tegangan. Konstruksi arrestor jenis tanpa katup diperlihatkan pada gambar 2.7. Arrestor ini tidak menggunakan sela percik seperti halnya kedua arrestor 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 arrestor ini dinamai arrestor MO.



Gambar 2.31 Konstruksi arrestor logam oksida

Berdasarkan penempatannya arrestorkatup terbagi dalam tiga jenis:

-Arrestor Katup Jenis Gardu

Arrestor 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.

- Arrestor 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.

- Arrester Jenis Gardu Untuk Mesin-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 vol