SISTEM PENGAMAN TEGANGAN LEBIH PADA JARINGAN TEGANGAN MENENGAH 20kV-ARUS BOLAK-BALIK (AC) TERHADAP PETIR

Syarifil anwar[1)]

[1]*Staf Pengajar Teknik Elektro, ATPN Banjarbaru*
syarifilanwar@gmail.com

ABSTRACT

Electric power system can be broadly divided into three sub-systems, namely generation system, Transmission system and distribution system.The distribution system can also be called the medium voltage network or called the primary distribution system using 20kV. Distribution system, the network is widely spread in densely populated areas, buildings, and others, so many have disturbances, both from outside the system (external system) and from within the system it self (internal system). In order for electrical energy to be channeled to the consumer running smoothly and well and trustworthy, then the Disorders should be reduced even to be eliminated. Therefore a medium-voltage 20kV network must be secured from all interference. Disturbance in the most dangerous 20kV intermediate voltage network is over voltage disturbance caused by lightning strikes, either direct or indirect strokes, and therefore must be secured by a device called Ground Wire and Arrester.

*Keyword**:** Medium Voltage 20kV-AC, Lightning Phenomenon, Over Voltage Device*

PENDAHULUAN

Tenaga listrik merupakan bentuk energi yang sangat penting dalam menunjang masa pembangunan dewasa ini, khususnya di Indonesia. Terutama pembangunan dibidang industri, yang mana energi listrik merupakan kebutuhan yang sangat penting dalam suatu proses produksi pabrik ataupun industri lainnya. Tenaga listrik adalah salah satu bentuk energi daya yang mudah diubah menjadi energi bentuk lain, lagi pula mudah disalurkan dari satu tempat ketempat lainnya dengan perantaraan suatu penghantar (Conductor). Kemajuan teknologi yang semakin pesat dan penemuan-penemuan peralatan listrik yang semakin canggih menyebabkan pemakaian tenaga listrik semakin meningkat didalam berbagai bidang kehidupan manusia.

Penyaluran energi listrik yang paling banyak mengalami gangguan adalah sistem distribusi atau jaringan tegangan menengah 20kV, karena jaringan tegangan menengah 20kV membentang luas yang berada didaerah terbuka, Sehingga sering terjadinya gangguan baik gangguan dari dalam sistem itu sendiri (*internal system*) maupun dari luar sistem (*external system*). Gangguan yang paling berbahaya pada jaringan tegangan menengah 20kV adalah gangguan tegangan lebih yang disebabkan sambaran petir, baik sambaran langsung, maupun sambaran tidak langsung. Gangguan tegangan lebih akan merusak isolasi konduktor dan semua peralatan listrik yang digunakan. Maka untuk kelancaran penyaluran energi listrik ke konsumen dan dapat dipercaya, maka gangguan-gangguan pada jaringan tegangan menengah 20kV, harus dikurangi bahkan harus dihilangkan dengan menggunakan alat pengaman tegangan lebih yang disebut Kawat Tanah dan Arrester.

METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan penulis dengan menggunakan metode diskriptif dan metode kuantitatif dengan cara wawancara di lokasi survey secara langsung (Field Research), maupun dari buku-buku di perpustakaan yang terkait dalam penulisan penelitian ini (Library Research) baik dari PLN maupun dari ATPN sendiri.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Merencanakan sistem distribusi tegangan menengah 20kV, Perlu diperhitungkan gangguan-gangguan yang terjadi serta akibatnya. Dengan

terjadinya gangguan-gangguan tersebut mengakibatkan kelancaran penyaluran energi listrik pada konsumen akan terganggu atau terhambat, Untuk itu maka gangguan-gangguan tersebut harus dikurangi atau bahkan harus dihilangkan pada sistem distribusi tegangan menengah 20kV.

Sistem Penyaluran Tenaga Listrik

Pusat listrik yang biasa juga disebut sentral listrik (*Electric Power Station*) atau juga disebut pusat pembangkit yang biasanya terletak jauh dari pemakai tenaga listrik (pusat beban) itu sendiri, terutama PLTA. Karena itu tenaga listrik yang dibangkitkan oleh suatu pembangkit listrik harus disalurkan melalui transmisi ke pusat-pusat beban (*load center*), baik langsung maupun melalui gardu-gardu induk (GI). Sebagaimana kita ketahui, suatu sistem tenaga listrik dibagi lagi menjadi tiga sistem yaitu : sistem pembangkitan, sistem transmisi dan sistem distribusi. Sistem pembangkitan bertugas menghasilkan energi listrik dari bentuk energi primer seperti air, minyak, batubara melalui proses digenerator. Sistem transmisi berfungsi mengumpulkan dan mengalirkan energi listrik tersebut ke pusat-pusat beban, yang pada umumnya berlokasi jauh dari tempat pembangkitan. Sedang sistem distribusi berfungsi untuk menyalurkan energi listrik kepada para konsumen (pemakai akhir).

Jelas kiranya bahwa ketiga sistem tersebut bekerja secara saling ketergantungan, yang satu mempengaruhi keduanya dan sebaliknya. Perbedaan fungsinya antara sistem transmisi dengan sistem distribusi umumnya dilaksanakan dengan menggunakan kriteria-kriteria :

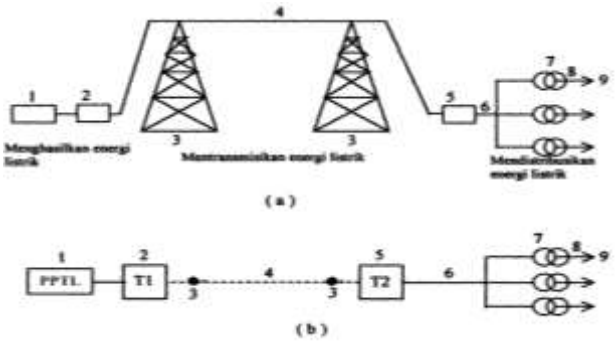
a.Besar tegangan yang dipakai/digunakan
b.Pembagian daerah pelayanan secara geografis.
c.Besar/kecilnya beban yang dilayani.

PT.Perusahaan Listrik Negara (Persero) Wilayah KS-KT Cabang Banjarmasin menggunakan transmisi paling rendah 70kV (tegangan tinggi) sedangkan untuk tegangan distribusi paling rendah 20kV (tegangan menengah). Secara skematis apa yang diutarakan diatas diperlihatkan pada gambar 1.

Peralatan Pokok Jaringan Distribusi 20kV

Agar jaringan distribusi dapat memberikan pelayanan tenaga listrik ke konsumen dengan baik dan lancar, maka diperlukan suatu peralatan pokok jaringan distribusi. Peralatan-peralatan pokok jaringan distribusi tersebut antara lain :

1.Tiang listrik (tiang penyangga)
2.Isolator
3.Konduktor (penghantar)



Gambar 1. Skema system tenaga listrik

Keterangan gambar:

1: PPTL (Pusat Pembangkit Tenaga Listrik).
2: GI Step Up (Gardu Induk Penaik Tegangan)
3: Tower
4: Sistem Transmisi Tenaga Listrik
5: GI Step Down (Gardu Induk Penurun Tegangan).
6: Sistem Distribusi Tegangan Menengah
7: GD (Gardu Distribusi) atau Trafo Distribusi.
8: Distribusi Tegangan Rendah
9: Konsumen (Pemakai).

Fenomena Petir

Petir adalah suatu gejala alamiah yang terjadi karena kegagalan medium udara yang berfungsi mengisolir antara awan dengan bumi. Pada keadaan tertentu dalam lapisan atmosfir bumi terjadi pergerakan angin kesegala arah, salah satunya bergerak keatas dengan membawa uap air. Karena makin tinggi dari muka bumi, maka makin rendah tekanan suhu udaranya atau temperaturnya, dengan demikian uap air mengkondensasi menjadi titik air yang membentuk didaerah tertentu yang disebut awan.

Karena angin keras yang bertiup keatas membawa awan lebih tinggi lagi, sehingga membeku menjadi kristal-kristal es. Karena kristal-kristal es mengalami pergeseran horizontal maupun vertikal di dalam awan dan kristal-kristal es ini akan diinduksi oleh medan-medan listrik yang ada di atmosfir bumi, sehingga terjadi peristiwa polarisasi/pemisahan muatan listrik, sehingga kristal-kristal es yang berada di bagian atas bermuatan positif dan bagian bawah bermuatan

negatif yang terjadi pada daerah yang cukup luas, sehingga muatan yang terkandung pun menjadi lebih besar.

Apabila muatan yang terkandung cukup besar, maka udara tidak mampu lagi menahan tegangan yang besar yang ada di awan, sehingga terjadi pelimpahan muatan dari positif ke negatif. Karena bumi mempunyai muatan positif pada permukaannya, oleh karena itu muatan negatif yang berada di bagian bawah awan akan di tarik oleh muatan positif yang berada di permukaan bumi terutama pada bagian yang menjorok keatas permukaan bumi. Proses pengaliran muatan negatif dari awan menuju ke bumi inilah yang dinamakan petir.

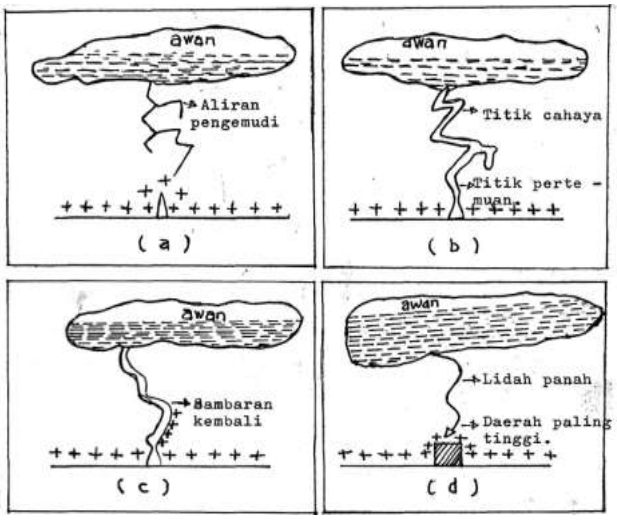
Mekanisme Penyambaran Petir.

Mengingat keadaan awan yang bermuatan tidak merata diseluruh angkasa, demikian pula dengan konsentrasinya, maka hal ini akan mempengaruhi cara masuk dan sambarannya terhadap sistem tenaga listrik/ benda lain yang ada pada permukaan bumi. Seperti kita ketahui bahwa bumi sebagai kumpulan muatan positif yang tersebar di atas permukaannya dan menurut penyelidikan bahwa gradiennya tidak pernah melebihi 100 volt/cm, sehingga pengaliran muatan listrik akan cendrung berasal dari awan. Dari pengamatan dengan camera, bahwa lidah kilat yang tampak oleh mata sebenarnya terdiri dari beberapa sambaran terpisah yang bergerak turun melalui jalan yang sama.

Didalam sambaran petir, permulaan dari suatu kilat, didahului oleh aliran pengemudi yang menentukan arah perambatan muatan dari awan ke udara yang ionisasinya rendah. Sesudah aliran pengemudi terjadi, selanjutnya diikuti oleh titik cahaya yang bergerak secara melompat-lompat. Kecepatan cahaya ini lebih kurang 100.000 m/detik. Arah tiap-tiap langkahnya berubah-ubah, sehingga jalannya tidak lurus dan terpatah-patah. Ketika lidah kilat menuju ke bumi, cabang dari lidah utama akan terbentuk. Bila titik cahaya dekat dengan bumi, akan terjadi kanal muatan positif dari bumi ke awan, hal ini disebabkan adanya beda potensial yang cukup tinggi. Kanal muatan positif ini akan bertemu dengan ujung titik cahaya, titik pertemuannya dinamakan *point of strike*, yang berada sekitar 20 - 70 m diatas permukaan bumi. Waktu yang dibutuhkan titik cahaya agar dapat sampai ke bumi, kira-kira 20 m/detik.

Ketika lidah kilat mengenai bumi, suatu sambaran kembali yang cahayanya sangat terang bergera keatas melalui jalan yang sama. Hal ini terjadi karena adanya aliran muatan positif dari bumi ke awan. Naiknya muatan positif yang akan menarik lagi elektron yang ada di awan, sehingga terjadi lagi lidah kilat yang menuju ke bumi. Peristiwa yang demikian ini dinamakan sambaran kembali. Lidah kilat ini merupakan arus impuls dimana harga puncaknya terjadi hanya dalam beberapa mikro detik saja dan setiap sambaran rata-rata besarnya 20 KA, dalam keadaan tertentu bahkan dapat mencapai 100 KA.

Sambaran biasanya tidak hanya sekali tapi berulang-ulang setelah sambaran kembali yang pertama, biasanya masih ada pusat muatan yang lain di awan untuk memulai sambaran petir berikutnya. Dimana sambaran ini dimulai dengan titik cahaya yang mengikuti jalan yang dilalui oleh sambaran kembali sebelumnya. Mengingat ciri-cirinya yang tidak memiliki pencabangan, maka disebut pula dengan lidah panah dengan kecepatan yang sangat cepat, yaitu kira-kira 3% kecepatan cahayanya (0,13 - 10%). Adapun waktu yang di pergunakan untuk mencapai bumi sekitar 1 milli detik, interval waktu antara sambaran kembali sebelumnya dan lidah panah sekitar 40 - 50 mili detik. Umumnya suatu sambaran petir terdiri dari sambaran kembali, dan kadang-kadang bisa mencapai 10 kali sambaran kembali, untuk lebih jelasnya dapat dilihat seperti gambar 2.



Gambar 2. Proses pergerakkan sambaran petir

Sambaran Petir.

Pada umumnya sebagian besar jaringan tegangan menengah menggunakan pelindung kawat tanah. Bila terjadi gangguan yang disebabkan oleh petir, maka petir tersebut senrenai tiang jaringan tegangan menengah pada salurannya, hal ini lazim disebut dengan sambaran langsung.

Impedansi Karakteristik

Impedansi karakteristik atau impedansi surja pada saluran tegangan menengah diperoleh melalui persamaan:

$I_O = 2\frac{v_i - v_O}{Z} + \frac{v_i}{R}$

R = Tahanan pentanahan pada titik gangguan (Ohm).

$Z = \sqrt{\frac{L}{C}}$ (Ohm)

L = Induktansi (H/Km).

C = Kapasitansi (F/Km).

Dimana :

I_O = Arus sebelum terjadi gangguan petir (KA).

v_i = Tegangan yang menuju ujung akhir jaringan tegangan menengah.

v_O = Tegangan sebelum terjadi gangguan petir (KV).

Z= Impedansi surja pada jaringan tegangan menengah (Ohm).

Pengaman Jaringan Tegangan Menengah 20kv-Ac.

Pengaman pada jaringan tegangan menengah 20kV terhadap tegangan lebih akibat sambaran petir menggunakan alat pengaman, yaitu: Arrester dan Kawat tanah

Arrester

Arrester adalah alat yang berfungsi untuk melindungi peralatan listrik, terhadap tegangan lebih yang disebabkan oleh petir serta dapat menyalurkan surja petir ketanah. Alat ini bersifat sebagai by-pass mengalirkan arus kilat ketanah, sehingga tidak menimbulkan tegangan lebih yang tinggi dan tidak merusak isolasi peralatan listrik.

Dalam keadaan normal (tidak ada gangguan), arrester berlaku sebagai isolator bila timbul tegangan surja (ada gangguan), alat ini berfungsi sebagai konduktor yang dapat mengalirkan arus surja *(surge current)* ke tanah. Setelah surja hilang/tegangan normal kembali, arrester segera kembali berfungsi sebagai isolator.

Klasifikasi Arrester

Arrester dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

A.Arrester tempat pemasangannya pada:

- Tiang-tiang, dimana terdapat sambungan antara saluran udara dan saluran kabel bawah tanah.
- Tiang-tiang, yang merupakan titik akhir jaringan.
- Tiang-tiang, dimana terpasang peralatan listrik seperti trasformator, vacum, dll.

B.Persyaratan Arrester sebagai berikut:

- Tegangan percikan dan tegangan pelepasan harus cukup rendah, sehingga dapat mengamankan peralatan dan isolasinya.
- Arrester harus mampu memutuskan arus dinamik (arus yang masih mengalir setelah arrester melepas surja petir), karena adanya tegangan sistem dan dapat bekerja terus seperti semula.

C.Bagian-bagian utama arrester

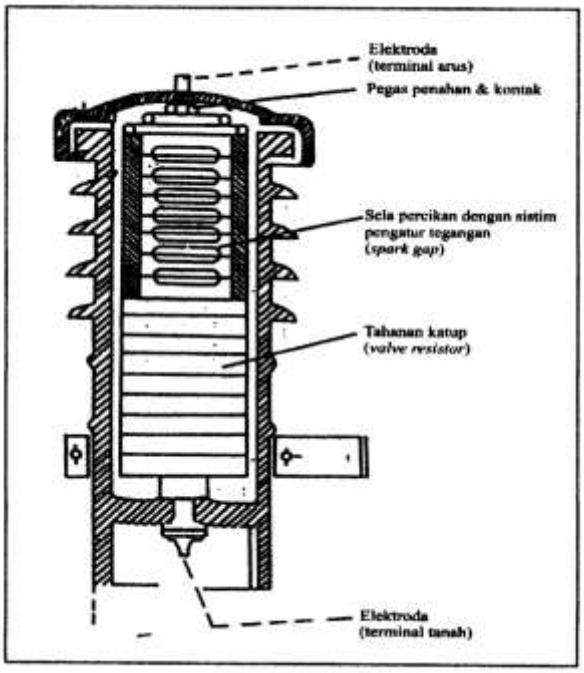
- Elektroda

  Elektroda-elektroda ini adalah terminal dari arrester, yang dihubungkan dengan bagian yang bertegangan dibagian atas, dan elektroda bawah dihubungkan dengan tanah.
- Sela percikan *(spark gap)*

  Apabila terjadi tegangan lebih, oleh sambaran petir atau surja hubung pada arrester yang terpasang, maka pada sela percikan akan terjadi loncatan busur api, loncatan busur api yang terjadi tersebut keluar oleh tekanan gas.

  Tahanan katup *(valve resistor)*

  Tahanan yang digunakan dalam arrester ini adalah suatu jenis material yang sifat tahananya dapat berubah bila mendapat perubahan tegangan.



Gambar 3. Arrester dan bagian-bagiannya

Jangkauan Perlindungan oleh Arrester.

Arrester mempunyai elemen katup *(valve element),ymg* terdiri dari tahanan tak linier (non linier). Untuk pengamanan terhadap surja hubung *(switching surge)*, maka Arrester sebaiknya dipasang di antara transformator, akhir tiang, percabangan tiang dan lain-lain. Yang memang menjadi tujuan utama perlindungan ini, dan pemutus bebannya. Pertimbangannya ialah bahwa Arrester itu akan dapat juga menyerap surja dari pemutusan arus pembangkit.

Tegangan Dasar Pada Arrester.

Tegangan dasar pada Arrester ditentukan berdasarkan tegangan sistem maksimum yang mungkin terjadi.Tegangan ini dipilih berdasarkan kenaikan tegangan dari fasa-fasa yang baik pada waktu ada gangguan 1 fasa ke tanah ditambah suatu toleransi :

$$E_r = aBU_m$$

Dimana:

Er =Tegangan dasar pada Arrester.

a = Koefisien pembumian.

B = Toleransi, guna memperhitungkan fluktansi tegangan, effek Ferranti, dan sebagainya.

U_m= Tegangan sistem maksimum.

Koefisien "a" yang menunjukkan kenaikan tegangan dari fasa yang baik pada waktu ada gangguan 1 fasa ke tanah, tergantung dari impedansi-impedansi urutan positif, negatif dan nol dilihat dari titik gangguan. Bila tegangan pada waktu gangguan tidak dapat dihitung dengan teliti, dapat juga digunakan nilai "a" kurang dari 0,8 bila Ro/X_i, lebih kecil dari 1, $Xo/X_i = 3$, pada sistem dengan pembumian yang effektif.

Sistem Pengaman Kawat Tanah.

Kawat tanah pada jaringan tegangan menengah adalah pembahasan suatu alat tanah/elektroda kawat tanah untuk menurunkan suatu tahanan (R). Kawat tanah pada tegangan menengah ini dilakukan apa bila tahanan jaringan tegangan menengah masih dianggap terlalu tinggi atau melebihi dari batas tahanan yang diperbolehkan sebesar 10 Ohm dari harga maksimum, dan untuk memperoleh kawat tanah yang efektif maka diperlukan tahanan kawat tanah tersebut.

Suatu kawat tanah yang efektif dapat memberi beberapa keuntungan, yaitu untuk mengurangi tegangan pada kawat tanah, mengurangi tegangan pada isolator dan mengurangi tegangan pada jaringan tegangan menengah.

Kawat tanah adalah kawat yang dipasang pada puncak tiang tanpa isolator. Sepanjang saluran tegangan menengah (SUTM) kawat tanah dipergunakan sebagai perlindungan kawat pengantar pada saluran udara terhadap sambaran petir secara langsung. Pemasangan kawat tanah diatas *(over head ground wire)*, pada saluran distribusi dimaksudkan untuk melindungi kawat konduktor dari tegangan lebih luar *(external over voltage)* terutama didaerah-daerah yang sering terjadi sambaran petir. Kawat tanah tidak harus dipasang pada sistem distribusi apalagi tidak/jarang terjadi gangguan petir.

Kawat tanah tersebut menangkap kilat petir, dan menghantarkan arus kilat langsung ketanah. Pemilihan kawat tanah ini, biasanya banyak didasarkan pada sifat mekanik dibanding pada sifat listrik, dan tidak lupa pula diperhatikan faktor ekonomisnya. Adapun syarat kawat tanah sebagai pelindung adalah :

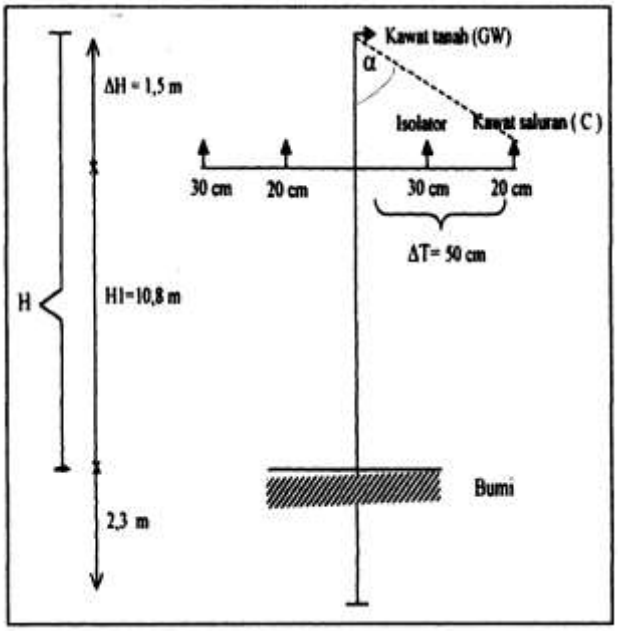
- Harus cukup tinggi diatas saluran fase konduktor, dan agar dapat langsung menangkap sambaran petir.
- Harus mempunyai jarak yang cukup terhadap konduktor pada tengah-tengah rentangan.

- Tahanan kaki penopang harus cukup rendah untuk memperkecil tegangan melintas pada konduktor.

Sifat kawat tanah yang penting yaitu :

- Mempunyai kekuatan tarik yang besar
- Merupakan bahan yang tidak berkarat

Jaringan distribusi 20kV pada PT.PLN (Persero) Wilayah KS-KT menggunakan kawat tanah jenis BC *(Bare Conductor)* dengan penampang (diameter) sekitar 50 mm^2 - 70 mm^2. Menurut teori Mita, efisiensi perisaian sebuah kawat tanah puncak tiang dengan konfigurasinya sebagai berikut :



Gambar 4. Konfigurasi Kawat Tanah pada Tiang listrik

Keterangan gambar :

△H = Jarak variabel antara kawat tanah dengan kawat konduktor
H = Tinggi tiang jaringan
HI = Jarak konduktor yang terdekat dengan permukaan tanah
GW = Kawat tanah/*Ground wire*
C = Kawat saluran
△T = Jarak antar Isolator

Kawat tanah diletakkan pada bagian atas tiang listrik (diatas konduktor) dengan koefisien seperti gambar 4. Dari gambar tersebut, maka dapat dihitung sebagai berikut :

$$\text{Tg } \alpha = \frac{\Delta T}{\Delta H}$$

$$\text{Tg } \alpha = \frac{0,5}{1,50} = 0,333$$

α = 18,41 dapat di ambil α = 18°

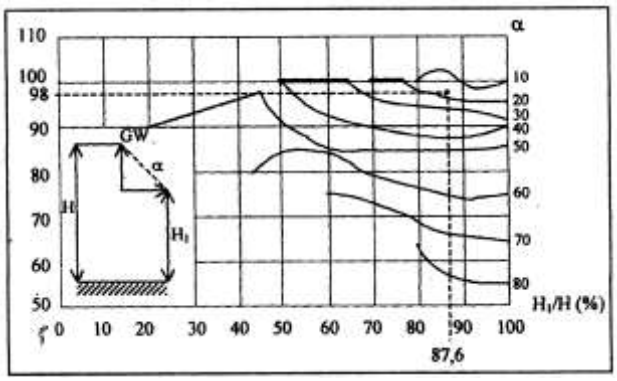
Untuk mengetahui panjang H =

$$H = H_1 + \Delta H$$
$$= 10,8 + 1,50$$
$$= 12,3 \text{ M}$$
$$\frac{H_1}{H} = \frac{10,8}{12,3} \times 100\ \%$$
$$= 87,8\ \%$$

Dari grafik dapat dilihat untuk α = 18° dan H_1/H = 87,8 % akan didapat efisiensi perisai sebuah kawat tanah sebesar 98 % jadi perisai baik.

Catatan :

Jika $\alpha \leq$ 18° = maka perlindungan baik
$\leq$ 30° = maka perlindungan kurang baik
$\leq$ 40° = maka perlindungan jelek sekali

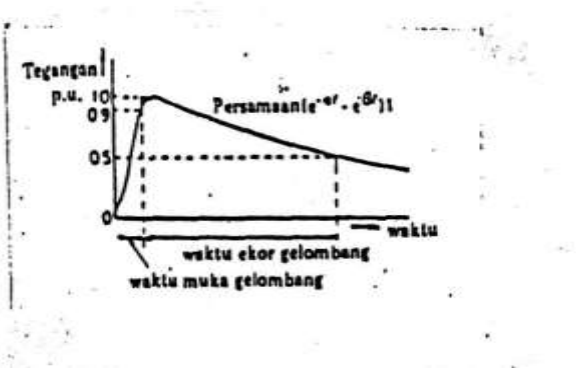


Grafik 1. Efisiensi Perisai Kawat Tanah

Kawat tanah *(ground wire)* adalah kawat penghantar yang ditempatkan diatas kawat saluran tegangan menengah pada sistem daya tersebut. Kawat tanah pada sistem tegangan menengah jarang digunakan, karena jarak bebas antara kawat tanah dengan saluran tegangan menengah relatif rendah, sebab lainnya adalah dengan adanya peralatan pengaman tegangan lebih yang dapat bekerja secara efektif melin dungi peralatan sistem tegangan menengah, kecuali pada daerah yang dilewati oleh saluran tegangan menengah mempunyai hari guruh yang besar (isokeronik level), dengan maksud ingin memperbesar keamanan saluran tegangan menengah serta dapat menambah umur pemakaian pengaman tegangan lebih yang lainnya. Terutama Arrester karena dapat mengurangi pemakaian Arrester dan pengaman tegangan lebih yang lain.

Manfaat Pengaman Tegangan Lebih.

Gangguan tegangan lebih yang timbul akibat sambaran petir pada tegangan menengah dapat menimbulkan gelombang yang berjalan disepanjang. Jaringan tegangan menengah. Adanya perubahan irapedansi surja pada jaringan tegangan menengah, misalnya pada tiang tegangan menengah atau penyambungan kawat konduktor yang kurang baik akan dapat memperkuat amplitude tegangan lebih yang sampai pada peralatan utama. Bentuk suatu gelombang berjalan dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Bentuk dan spesipikasi gelombang Berjalan

Spesipikasi gelombang berjalan adalah sebagai berikut :

1.Tegangan puncak dari suatu gelombang adalah amplitude maksimum-gelombang berjalan.
2. Muka gelombang dengan notasi waktu (t) adalah dari titik nol-nominal sampai puncak (0,9 Pu).
3. Ekor gelombang adalah bagian gelombang tegangan
   yang dimulai dari puncak sampai akhir dari gelombang tegangan
4. Panjang gelombang adalah waktu dari permulaan sampai 9,5 pu pada ekor gelombang

Gelombang impuls ini dapat dinyatakan secara matematis dalam persamaan, yaitu : Kenaikkan tegangan pada gelombang :

$$V = V0\ (e^{-at} - e^{-bt}) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3\text{-}1)$$

Jika terjadi sambaran petir pada peralatan jaringan sistem distribusi tegangan menengah 20kV, maka akan timbul tegangan lebih yang dapat dilihat berupa gelombang berjalan (Gambar 5). Gelombang berjalan ini akan menyebabkan rusaknya peralatan jaringan distribusi yang pada akhirnya akan menyebabkan terjadi pemadaman pada konsumen. Efek dengan adanya pengaman lebih seperti Arrester dan kawat tanah adalah untuk mengurangi puncak gelombang berjalan sedikit demi sedikit sampai mencapai tegangan yang diijinkan (tegangan Normal) kembali.

KESIMPULAN

Dari pembahasan mengenai sistem pengaman tegangan lebih akibat sambaran petir pada jaringan tegangan menengah 20kV AC diatas, maka dapat diambil suatu kesimpulan, bahwa:

1.Tegangan lebih pada jaringan tegangan menengah 20kV AC timbul karena adanya gangguan sambaran
   petir baik secara langsung maupun tidak langsung.
2 Arrester dipasang pada akhir ujung tiang, percabangan tiang dan tiang dimana terdapat peralatan-peralatan listrik seperti trafo, tabung vakum dan sambungan kawat saluran dengan tanah.
3. Kawat tanah dipasang di atas saluran atau jaringan udara (konduktor).
4 Jaringan Distribusi tenaga listrik dapat dibagi menjadi 2 (dua),yaitu saluran/jaringan Tegangan rendah (TR) 220v/380v dan saluran/jaringan tegangan menengah (TM) 20kV.
5. Sambaran petir pada jaringan distribusi akan menyebabkan terjadinya tegangan lebih dapat dilihat berupa gelombang berjalan.
6. Pengaman Tegangan lebih baik Arrester maupun kawat tanah gunanya untuk mengurangi puncak gelombang berjalan yang pada akhirnya dapat mengamankan Jaringan distribusi

DAFTAR PUSTAKA

Weedy, B.M 1978. Sistem Tenaga Listrik, diterjemah oleh Daliati. H. Gulo, Edisi Ke 3, Aksara Persada Indonesia.

Hutauruk, TS. 1989. Gelombang Berjalan dan Proteksi Surja, ITB, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Abdul Kadir. 1989. Tranformator, Edisi Revisi,Penerbit PT Elek Media Komputindo.

Artono Arismunandar. 1982. Susumu Kuahara, Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik, Jilid II, III, PT. PRADNYA PARAMITA, Jakarta.

PT. PLN (Persero) Wilayah KS-KT. 1996. Standing Operation Prosedur (Sop) Gangguan pada Jaringan Distribusi Saluran Udara, Banjarbaru.

PT. PLN (Persero) Wilayah KS-KT. 1993. Teknologi Jaringan Distribusi, Banjarbaru.

PT. PLN (Persero) Wilayah KS-KT. 1995. Pengawas Jaringan Distribusi, Banjarmasin.

Syarifil Anwar. 1993. Diktat Sistem Distribusi Tenaga Listrik, ATPN Banjarbaru, 1993.