

Perlindungan Peralatan Tower Telekomunikasi dari Sambaran Petir

Armansyah, Zulfadli Pelawi, Jamilah Husna

Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, UISU - Medan
armansyah@ft.uisu.ac.id; zulfadlipelawi@gmail.com; miila_jv@yahoo.com

Abstrak

Salah satu alat pelindung terhadap tegangan surja petir adalah Arester. Sambaran petir merupakan suatu peluahan listrik antar suatu awan bermuatan dengan bumi, atau antar awan bermuatan dengan awan lainnya. Sambaran petir tersebut dapat mengakibatkan kerusakan pada peralatan listrik yang ada disekitar bangunan atau obyek yang terkena induksinya. Untuk menghindari akibat sambaran petir maka diperlukan pengamanan berupa penangkal petir yang memadai, serta sistem pengamanan tersebut mempunyai daerah perlindungan (jangkauan/zona) yang efektif dan tidak terkena sambaran petir. Analisa daerah perlindungan ini berdasarkan pada metode elektromagnetis, yaitu yang menghubungkan sifat sambaran petir dengan geometris sistem perlindungan dari sambaran petir dengan adanya konsep jarak sambar. Dengan pendekatan secara geometri maka daerah perlindungan pada menara/tower dapat dianalisa dengan akurat.

Kata Kunci: Sambaran Petir, Perlindungan, Arus, Tegangan, Arester

I. PENDAHULUAN

Petir terjadi akibat peristiwa peluahan muatan elektrik di atmosfer yang melibatkan arus yang sangat besar dalam waktu yang sangat singkat. Sumber utama terjadinya petir adalah pemisahan muatan dalam awan cumulonimbus.

Mengingat efek bahaya yang ditimbulkan kilat/petir, banyak dilakukan penelitian untuk menekan resiko kerusakan yang diakibatkan oleh kilat/petir. Penelitian–penelitian tersebut dilakukan untuk mengumpulkan data–data kuantitatif petir, seperti arus petir medan elektromagnetik yang berasosiasi dengannya.

Hasil–hasil dari penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa medan elektromagnetik yang berasosiasi dengan petir mempunyai bentuk gelombang impuls yang khas yang dapat digunakan untuk menentukan lokasi terjadinya sambaran petir.

Untuk itu gangguan sambaran induksi petir perlu mendapat perhatian khususnya dalam penggunaan sistem proteksi petir seperti penggunaan kawat tanah, arrester, bounding dan shielding.

Dalam hal ini pengaruh sambaran kilat/petir yang menyambar tower dan yang menyebabkan terjadinya gelombang berjalan yang dapat merusak instalasi disekitar bangunan yang berisikan peralatan listrik dan elektronik akibat pengaruh induksi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Arester

Arester adalah Alat pelindung terhadap tegangan surja petir. Berfungsi melindungi peralatan sistem tenaga listrik dengan cara membatasi tegangan surja lebih yang datang dan mengalirkannya ke tanah. Arester berlaku sebagai

jalan pintas sekitar isolasi. Berhubung dengan fungsinya itu, arester harus dapat menahan frekuensinya 50 hertz untuk waktu yang tak terbatas dan harus dapat melakukan surja arus ke tanah tanpa mengalami kerusakan. Kecuali itu, sebuah alat pelindung yang baik mempunyai perbandingan perlindungan yang tinggi, yaitu perbandingan antara tegangan surja maksimum yang diperbolehkan pada waktu pelepasan dan frekuensi sistem 50 hertz maksimum yang dapat ditahan sesudah pelepasan terjadi. Arester membentuk jalan yang mudah dilalui arus kilat atau petir, sehingga tidak timbul tegangan lebih yang tinggi pada peralatan. Jalan pintas itu harus sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu frekuensi daya sistem 50 hertz. Jadi pada kerja normal arester itu berlaku sebagai isolator dan bila timbul surja arester berlaku sebagai konduktor, jadi melewati aliran arus yang tinggi. Setelah surja hilang arester harus dengan cepat kembali menjadi isolator, sehingga pemutus daya tidak sempat membuka.

2.2 Pemilihan Arester

Dalam memilih arester yang sesuai untuk keperluan tertentu, beberapa faktor yang perlu diperhatikan, yaitu:

- Kebutuhan Perlindungan: ini berhubungan dengan kekuatan isolasi dari alat yang harus dilindungi dan karakteristik impuls dari arester.
- Tegangan sistem: tegangan maksimum yang mungkin timbul pada jepitan arester.
- Arus hubung singkat sistem: ini hanya diperlukan pada arester jenis ekspulsi.
- Jenis arester: apakah arester jenis gardu, jenis saluran atau jenis distribusi.
- Faktor konduksi luar: apakah normal apa tidak normal (200 meter atau lebih diatas permukaan

laut), temperatur dan kelembapan yang tinggi serta pengotoran.

- f. Faktor ekonomi ialah: perbandingan antara ongkos pemeliharaan dan kerusakan bila tidak ada arester, atau bila dipasang arester yang lebih rendah mutunya.

2.3 Data Pengenal Arestor

Data pengenal suatu arester yang dibutuhkan dalam perencanaan perlindungan suatu peralatan:

a. Tegangan Pengenal

Suatu arester dipasang diantara kawat fasa dan tanah. Oleh karena itu, dalam keadaan normal, arester boleh jadi memikul tegangan sistem maksimum yaitu:

$$V_m = 1,1 V_{fn} = \frac{1,1 V_{nom}}{\sqrt{3}}$$

Dimana:

- V_m = Tegangan maksimum sistem fasa ke netral (Volt)
 V_{fn} = Tegangan nominal sistem fasa ke netral (Volt)
 V_{nom} = Tegangan nominal sistem fasa ke fasa (Volt)

Jika terjadi hubung singkat satu fasa ke tanah, maka arester yang terpasang pada fasa yang sehat tegangan $K_g \sqrt{3}$ kali tegangan fasa ke netral sistem saat itu. Nilai K_g tergantung kepada jenis pembumian netral sistem dan impedansi urutan nol dan impedansi urutan positif sistem. Dalam prakteknya, untuk sistem yang tidak dibumikan nilai $K_g = 1,0$. untuk sistem yang dibumikan efektif nilai $K_g \leq 0,8$ dan untuk sistem yang dibumikan tidak efektif nilai $K_g = 0,8-1,0$ bila tegangan fasa ke netral sistem saat hubung singkat adalah maksimum (V_m), maka tegangan arester pada fasa yang sehat adalah:

$$V_{arester} = K_g \sqrt{3} V_m$$

$$V_{arester} = 1,1 K_g V_{nom}$$

b. Arus Peluahan Nominal

Data ini menentukan klasifikasi arester menurut kemampuannya mengalirkan arus peluahan 10/20 μ s. Standar arus peluahan nominal yang sudah ada adalah:

- 10 kA, 10/20 μ s: digunakan pada gardu induk, gardu yang berada di kawasan yang sering terjadi petir dan sistem bertegangan > 66 kV.
- 5 kA, 10/20 μ s: digunakan pada gardu bertegangan ≤ 66 kV.
- 2,5 kA, 10/20 μ s: digunakan pada gardu bertegangan ≤ 22 kV.
- 1,5 kA, 10/20 μ s: digunakan pada sistem distribusi bertegangan ≤ 22 kV.

c. Frekuensi Pengenal

Frekuensi pengenal arester yang digunakan 50 Hertz, sesuai dengan frekuensi sistem yang digunakan pada Bts / tower three.

d. Tegangan Percik Frekuensi Daya

Adalah besar tegangan efektif frekuensi daya yang membuat terjadinya percikan disela arester. Tegangan percik frekuensi daya harus cukup tinggi agar sela arester tidak terpercik jika terjadi hubung singkat satu fasa ke tanah manapun pada saat terjadi operasi hubung – buka (switching operation). Biasanya, tegangan percik frekuensi daya ditetapkan $\geq 1,5$ kali tegangan pengenal arester.

2.4 Prinsip Kerja Arestor

Alat pelindung yang paling sempurna adalah arester. Pada pokoknya arester ini terdiri dari dua unsur: sela api dan tahanan tak linier atau tahanan kran, keduanya dihubungkan secara seri. Batas atas dan bawah dari tegangan percikan ditentukan oleh tegangan sistem maksimum dan oleh tingkat isolasi peralatan yang dilindungi. Oleh karena itu arester sebenarnya terdiri dari tiga unsur: sela api, tahanan kran atau tahanan katup dan sistem pengaturan atau pembagian tegangan. Bila persoalannya hanya melindungi isolasi terhadap bahaya kerusakan karena gangguan dengan tidak memperdulikan akibatnya terhadap pelayann, maka cukup dipakai yang memungkinkan terjadinya percikan pada waktu tegangan mencapai keadaan bahaya.

Dalam hal ini, tegangan sistem bolak-balik akan tetap mempertahankan busur api sampai pemutus bebannya dibuka. Dengan menyambung sela api dengan sebuah tahanan, maka mungkin apinya dapat dipadamkan. Tetapi bila tahanannya mempunyai sebuah harga tetap, maka jatuh tegangannya menjadi besar sekali sehingga maksud untuk meniadakan tegangan lebih tidak terlaksana, dengan sela api dengan sebuah tahanan, maka mungkin apinya dapat dipadamkan. Tetapi bila tahanannya mempunyai sebuah harga tetap, maka jatuh tegangannya menjadi besar sekali sehingga maksud untuk memadamkan tegangan lebih tidak terlaksana, oleh karena itu dipakai tahanan kran, yang mempunyai sifat khusus bahwa tahanannya kecil sekali bila tegangannya dan arusnya besar. Proses pengecilan tahanan berlangsung cepat sekali yaitu selama tegangan lebih menjadi harga puncaknya. Tegangan lebih dalam hal ini mengakibatkan penurunan drastis dari pada tahanan sehingga jatuh tegangannya dibatasi meskipun arusnya besar.

Bila tegangan lebih dan tegangan normal tinggi, 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. Pada arester modern pemadam arus susulan yang cukup besar (200-300 A) dilakukan dengan medan magnet.

Dalam hal ini, maka baik amplitudo maupun lamanya arus susulan dapat dikurangi dan pemadamannya dapat dilakukan sebelum tegangan sistem mencapai harga nol.

Dapat dinyatakan bahwa arus susulan tidak selalu terjadi setiap kali arester bekerja, ada kalanya tidak tergantung dari saat terjadi tegangan lebih. Hal ini dapat dimengerti karena arus susulan itu justru dipadamkan pada arus nol yang pertama (atau sebelumnya).

2.5 Lokasi Penempatan Arestes

Arestes ditempatkan sedekat mungkin dengan peralatan yang dilindungi. Tetapi untuk memperoleh kawasan perlindungan yang lebih baik, maka ada kalanya arester ditempatkan dengan jarak tertentu dari peralatan yang dilindungi. Jarak arester dengan peralatan yang dilindungi berpengaruh terhadap besarnya tegangan yang tiba pada peralatan. Jika jarak arester terlalu jauh, maka tegangan yang tiba pada peralatan dapat melebihi tegangan yang dapat dipikulnya. Jarak maksimum arester dari peralatan dapat ditentukan dengan persamaan di bawah ini:

$$l_{maks} = \frac{v(V_t - V_a)}{2\lambda}$$

Dimana :

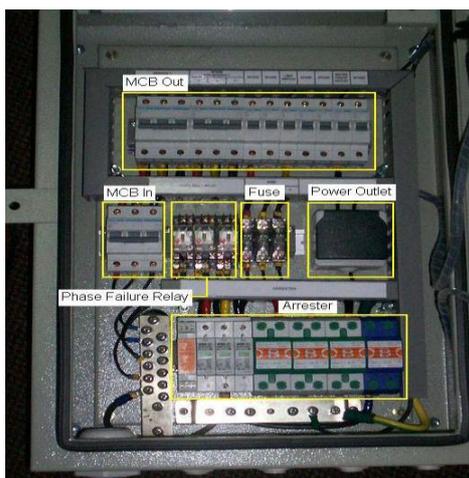
l_{maks} = jarak maksimal arester dengan peralatan (m)

V_t = tegangan yang dapat dipikul peralatan (BIL) dalam KV

V_a = tegangan percikan arester (KV/ μ s)

λ = kecuraman muka gelombang tegangan surja (KV/ μ s)

v = kecepatan merambat tegangan surja (m/ μ s)
 = $3.10^{10} / \sqrt{\epsilon}$ (cm/det), $\epsilon = 2,5 - 4$



Gambar 1. Penempatan Arestes pada Panel

Selain itu tegangan dasar arester ditentukan berdasarkan tegangan sistem maksimum yang mungkin terjadi. Tegangan ini dipilih berdasarkan kenaikan tegangan dari fasa-fasa sehat pada waktu

ada gangguan satu fasa ke tanah ditambah suatu toleransi.

$$E_r = \alpha \beta U_m$$

Dimana:

E_r = tegangan dasar arester.

α = koefisien pembumian.

β = toleransi, guna memperhitungkan fluktuasi tegangan, efek feranti, dan sebagainya.

U_m = tegangan sistem maksimum.

Koefisien α yang menunjukkan kenaikan tegangan dari fasa yang sehat pada waktu ada gangguan satu fasa ke tanah, tergantung dari impedansi-impedansi urutan positif, negative dan nol dilihat dari titik gangguan.

2.6 Jangkauan Perlindungan Oleh Arestes

Arestes mempunyai elemen katup yang terdiri dari tahanan tak linier yang terpasang seri dengan elemen sela. Tegangan diantara terminal arester pada waktu pelepasan, karena adanya jarak antara arester dan alat yang dilindungi serta adanya pemantulan (*reflection*) surja, maka tegangan pada terminal dari alat yang dilindungi lebih tinggi dari tegangan arester. Oleh karena itu, jarak antara arester dan alat yang dilindungi harus dibuat sependek mungkin.

Jika jarak itu terlalu jauh, tegangan abnormal yang sampai pada terminal dari peralatan akan lebih tinggi dari pada tegangan pelepasan arester. Hubungan antara tegangan terminal dari alat yang dilindungi dan jarak dari arester, dengan misalkan hanya ada satu saluran (paling gawat) dan gelombang yang datang berbentuk segitiga, adalah sebagai berikut:

$$e_1 = e_a + 2 \mu x v$$

dimana:

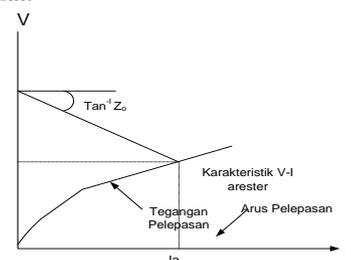
e_1 = tegangan terminal dari peralatan yang dilindungi (kV)

e_a = tegangan pelepasan dari arester (kV)

μ = kecuraman muka gelombang dari gelombang yang datang (kV/ μ s)

v = kecepatan rambat gelombang yang datang (Meter/detik)

x = jarak dari arester ke alat yang dilindungi (m) oleh karena itu jarak (x dalam persamaan) harus sekecil mungkin supaya e_1 tidak melebihi kekuatan isolasi alat.



Gambar 2. Tegangan dan arus Pelepasan pada Arestes

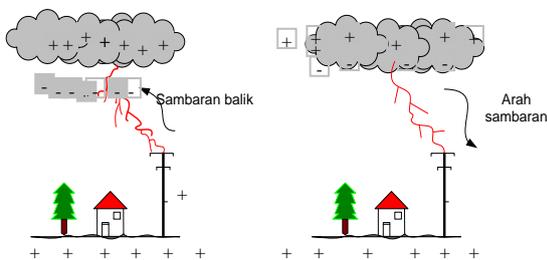
2.7 Pembentukan Awan Petir

Petir merupakan kejadian alam dimana terjadi loncatan muatan listrik antara awan dengan bumi. Loncatan muatan listrik tersebut diawali dengan mengumpulnya uap air di dalam awan. Ketinggian antara permukaan atas dan permukaan bawah pada awan dapat mencapai sekitar 8 km dengan temperatur bagian bawah sekitar 60°F dan temperatur bagian atas sekitar -60°F. Akibatnya, di dalam awan tersebut akan terjadi kristal-kristal es. Karena di dalam awan terdapat angin ke segala arah, maka kristal-kristal es tersebut akan saling bertumbukan dan bergesekan sehingga terpisahkan antara muatan positif dan muatan negatif.

Pemisahan muatan inilah yang menjadi sebab utama terjadinya sambaran petir. Pelepasan muatan listrik dapat terjadi di dalam awan, antara awan dengan awan dan antara awan dengan bumi tergantung dari kemampuan udara dalam menahan beda potensial yang terjadi.

Petir yang kita kenal sekarang ini terjadi akibat awan dengan muatan tertentu menginduksi muatan yang ada di bumi bila muatan di dalam awan bertambah besar, maka muatan induksi pun makin besar pula sehingga beda potensial awan dengan bumi juga makin besar. Kejadian ini diikuti pelopor menurun dari awan dan diikuti pula dengan adanya pelopor menarik dari bumi yang mendekati pelopor menurun, pada saat itulah yang terjadi apa yang dinamakan petir.

Panjang kanal petir bisa mencapai beberapa kilometer, dengan rata-rata 5 kilo meter. Kecepatan pelopor menurun dari awan bisa mencapai 3% dari kecepatan cahaya. Sedangkan kecepatan pelepasan muatan balik mencapai 10% dari kecepatan cahaya.



Gambar 3. Tahapan Proses Sambaran Petir

III. PEMBAHASAN

3.1 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Penangkal Petir

Untuk mendapatkan suatu sistem penangkal petir yang cukup aman, terlebih dahulu harus diteliti beberapa faktor yang mempengaruhi penangkal petir secara tepat dan cepat adalah suatu pekerjaan yang sangat sulit, sehingga sebagai dasarnya orang sering menggunakan faktor-faktor seperti penggunaan yang akan di proteksi, serta situasi letak bangunan itu sendiri, supaya nantinya sistem penangkal petir yang dapat dipasang dengan benar dan mengamankan setiap bangunan atau

gedung dari segala bahaya yang ditimbulkan oleh sambaran petir. Hal yang tak kalah pentingnya yang perlu diperhatikan adalah bangunan tersebut yang terbuat dari kerangka besi. Oleh karena itu, faktor yang sangat mempengaruhi baik atau tidaknya suatu penangkal petir adalah bagaimana cara pembumian yang dipakai pada penangkal petir yang terdapat pada suatu gedung bertingkat.

Ada beberapa macam pembumian yang sering digunakan atau dipakai antara lain:

- Pembumian Langsung
Disebut demikian apabila titik netral sistem langsung dihubungkan dengan tanah tanpa ada suatu tambahan impedansi dan luar.
- Pentanahan Lewat Impedansi
Disini dipasang impedansi antara titik netral sistem dengan tanah.

3.2 Konduktor Penyalur

Konduktor penyalur ini menggunakan kawat jenis BC Draad (*Bare Conductor*) atau konduktor tanpa isolasi diameter 50 mm². Dalam pemasangannya mempunyai jarak terhadap bangunan yaitu minimal 1,5 meter yang bertujuan untuk menghindari bangunan dari medan listrik yang ditimbulkan oleh petir. Pemasangan pada elektroda runcing harus benar-benar terhubung secara listrik dan di kunci erat melalui baut pengunci sehingga arus petir dapat langsung dibumikan untuk dinetralisir.

Konduktor penghantar menuju bumi tidak boleh berada dalam bangunan karena dapat membahayakan instalasi yang lain dalam bangunan, seperti pada instalasi listrik maupun pada instalasi telepon akibat gelombang elektromagnetik yang disebabkan oleh petir.

3.3 Sambungan ke Konduktor Luar dan Konduktor Netral

Untuk kabel penghubung ke Protektor Denyutan Voltase OBO biasanya dipilih penampang melintang konduktor yang sama untuk konduktor positif dan konduktor netral. Jika diinginkan pengurangan pada penampang melintang, maka elemen pelindung (sekring operasi) harus memastikan perlindungan hubungan pendek kabel penghubung, seperti yang ditetapkan. Jika, karena alasan ukuran, ini tidak dimungkinkan, maka metode instalasinya pada hakikatnya haruslah anti hubungan-pendek dan anti gangguan hubungan tanah (pada kabel inti tunggal pada saluran pengisolasi). Penampang melintang sambungan maksimum adalah 35 mm² kemudian ini harus dilindungi dengan 100 A gl. Terminal-terminal penangkal petir tidak boleh digunakan sebagai terminal cabang. Panjang kabel maksimum haruslah 0,2 meter.

Penampang melintang untuk kabel hubungan tanah penangkal petir, seperti halnya kabel untuk pengikat ekuiptensial utama. Batas atasnya 25

mm² Cu, dibutuhkan setidaknya 10 mm² Cu.

3.4 Menentukan Ukuran Kawat Penghantar

Untuk menentukan ukuran konduktor maka kita harus mengetahui arus yang akan melewati konduktor tersebut. Disini kita tidak mengetahui secara pasti arus petir yang akan terjadi, kita dapat melihat tabel dari hasil penelitian sebelumnya:

Tabel 1. Hubungan antara besaran arus puncak petir dan seringnya terjadi

Arus Petir (KA)	Seringnya Terjadi (%)
20	36
40	34
60	20
80	8
≥100	2

3.5 Kemampuan Hantar Arus Pada Konduktor

Kemampuan hantar arus suatu konduktor ditentukan oleh luas penampang dan jenis konduktor, semakin besar luas penampang maka semakin besar kemampuan hantar arusnya. Hal ini dapat dilihat dari persamaan dibawah ini:

$$I = \frac{V}{R}$$

Dimana:

I = Arus (ampere)

V = Tegangan (volt)

R = Tahanan (ohm)

Tahanan suatu konduktor ditentukan dari persamaan di bawah ini:

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A}$$

Dimana:

R = Tahanan (ohm)

ρ = Tahanan Jenis [Ωm]

l = Panjang Konduktor (m)

A = Luas Penampang (m²)

Jika luas penampang konduktor 50 mm², dengan luas penampang tersebut maka dapat diketahui arus yang melewati konduktor tersebut, adalah sebagai berikut:

$$T_m = 1083^{\circ}C$$

$$T_a = 30^{\circ}C$$

$$t = 0,75 \text{ detik}$$

$$A = 50 \text{ mm}^2 \text{ (98716,6 circular mils)}$$

$$1 \text{ circular mils} = 0,0005056 \text{ mm}^2$$

Maka:

$$A = I \sqrt{\frac{33 \cdot t}{\log_{10} \left(\frac{T_m - T_a}{234 + T_a} + 1 \right)}}$$

$$I = \frac{A}{\sqrt{\frac{33 \cdot t}{\log_{10} \left(\frac{T_m - T_a}{234 + T_a} + 1 \right)}}}$$

$$I = \frac{98716,6}{\sqrt{\frac{33 \cdot 0,75}{\log_{10} \left(\frac{1083^{\circ} - 30^{\circ}}{234 + 30^{\circ}} + 1 \right)}}}$$

I = 16,57 KA

Konduktor yang mempunyai luas penampang 50 mm², mampu melewatkan arus sebesar:

I = 16,75 KA

Dimana :

T_m = Suhu Maksimum Konduktor Yang diizinkan (°C)

T_a = Suhu Sekeliling Tahanan Maksimum (°C)

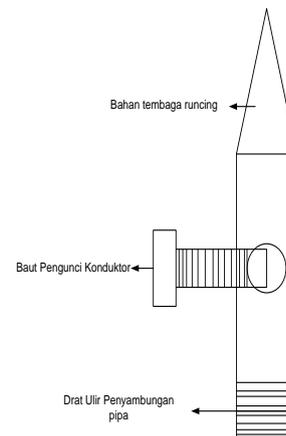
T = Lama Gangguan (detik)

A = Luas Penampang Konduktor (circular mils)

I = Arus Gangguan (detik)

3.6 Ujung Penangkal Petir (5.1)

Ujung penangkal petir ini dipasang pada ujung tower THREE, yang terbuat dari bahan tembaga dan diberi drak ulir yang diberi lubang tempat elektroda penghantar dan juga diberi baut pengunci, yang terbuat dari bahan tembaga, mempunyai resistansi yang kecil yang bertujuan untuk mempermudah pengendalian atau penangkap petir, karena sifat petir yang selalu menyambar bagian permukaannya yang tinggi dan runcing. Pada persambungan pada pipa besi tower diberi isolator agar antara kedua pipa besi dengan elektroda runcing tidak terhubung secara listrik, yang bertujuan untuk menjaga agar petir tidak terhubung langsung dengan pipa besi tower. Bentuk ujung elektroda petir dapat ditunjukkan pada Gambar 5.2 yaitu:



Gambar 4. Bentuk Ujung Penangkal Petir

3.7 Arrester Tipe V20-C/FS-SU

Tipe V20-C/FS-SU adalah penangkal denyutan yang dilengkapi dengan fasilitas pengiriman sinyal jarak jauh monitor sekring. Modul pemantauan ini memeriksa secara permanen modul-modul penangkal petir yang dihubungkan ke bagian bawah dan sekring-sekring yang dihubungkan seri. Jika penangkal petir atau sekring gagal, diaktifkanlah kontak pengalihan mengapung. Ini memungkinkan sinyal fungsi dan sinyal mal fungsi (tak berfungsi) diwujudkan.

Tipe V20-C adalah perlindungan denyutan arus dengan kelas kualitas C, sesuai dengan arus lebih kategori III. Alat ini digunakan untuk perlindungan instalasi konsumen arus rendah terhadap denyutan arus yang bisa terjadi karena pengosongan atmosfer (badai disertai guntur) dan proses pengasiran. Sebagai voltase tunggal yang membatasi unit aktif, alat ini dilengkapi dengan varistor zink-oksida berat.

Protector denyutan arus tipe V20-C diinstalasi sedekat mungkin dengan saluran atas alat konsumen yang akan dilindungi. Sambungan dibuat antara konduktor api (L₁,L₂,L₃) atau konduktor netral (N) dan hubungan instalasi konsumen. Saluran yang tidak dilindungi tidak boleh dibentangkan paralel dengan saluran yang dilindungi.

Tabel 1. Kelas persyaratan untuk arrester tipe V20-C/FS-SU

Kapasitansi varistor	2,3 nF
Arus pengosongan nominal bagian atas	15 kA
Arus tes impuls maksimum bagian atas	40 kA
Arus Test max. per blok	
1 x blok	40 kA
2 x blok	75 kA
3 x blok	100 kA
4 x blok	100 kA
Arus pengosongan dengan durasi lama (2000 μs)	200 A



Gambar 5. Arrester yang digunakan

IV. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan dan pengamatan di lapangan, maka dapat disimpulkan yaitu:

1. Petir lebih cenderung menyambar tempat yang tinggi di permukaan bumi. Hal ini karena kuat medan disekitar ujung tower atau puncak bangunan tersebut lebih rapat.
2. Kawat BC yang dipasang pada tower 3 (*three*) letaknya harus selalu tegak lurus yang bertujuan untuk mempermudah penyaluran muatan listrik ke tanah.
3. Tiap kaki tower ataupun sekeliling tower, pembumiannya/pentanahannya menjadi satu dimana tiap sudut diberi *stick copper rod* dan kaki tower dihubungkan langsung dengan kawat BC dan bertemu menjadi satu yang dihubungkan dengan *copper plate* yang lebih awal ditanam pada dasar pondasi kaki tower.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Arismunandar, Artono, 1968, *Teknik Tegangan Tinggi*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- [2]. Arismunandar, Artono. 1979, *Teknik Tenaga Listrik*, Jilid III, Gardu Induk, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- [3]. AS. Pabla, 1986, *Sistem Distribusi Daya Listrik*, (Diterjemahkan oleh Abdul Hadi) Erlangga Jakarta.
- [4]. Hutaaruk, T. S. 198, *Gelombang Berjalan Dan Proteksi Surja*, Erlangga, Jakarta.
- [5]. IEC, 1995, *Assement of The Risk of Damage Due to Lightning, Internasional Standard*, CEI IEC 1662 First Edition.
- [6]. P. Van Harten and Ir. E. Setiawan, 1981, *Instalasi Arus Kuat*, Bina Cipta, Bandung.
- [7]. Reynaldo Zoro, 1991, *Proteksi Terhadap Tegangan Lebih Pada Sistem Tenaga Listrik*, Penerbit ITB.
- [8]. Tobing, B. L. 2003, *Peralatan Tegangan Tinggi*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- [9]. <http://www.sttelkom.co.id>