

SISTEM PROTEKSI PETIR INTERNAL DAN EKTERNAL

Oleh:
Sepannur Bandri¹

¹Dosen Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Padang

Abstrak

Sistem proteksi petir merupakan suatu sistem yang sangat diperlukan pada saat ini, mengingat peralatan listrik semakin berkembang dengan pesat. Sistem ini melindungi kita baik dan peralatan listrik kita dari sambaran langsung maupun sambaran tidak langsung (*lightning electromagnetic pulse*). Di Indonesia sendiri sebagai kawasan dengan intensitas petir yang tinggi, sistem ini mutlak diperlukan. Secara umum, sistem proteksi petir terdiri dari dua yaitu sistem proteksi eksternal dan sistem proteksi internal. Dalam tulisan ini dibahas mengenai jenis-jenis proteksi terhadap petir baik internal maupun eksternal yang umumnya banyak digunakan manusia.

Kata Kunci : *Sytem Protection, lightning arrester, down conductor.*

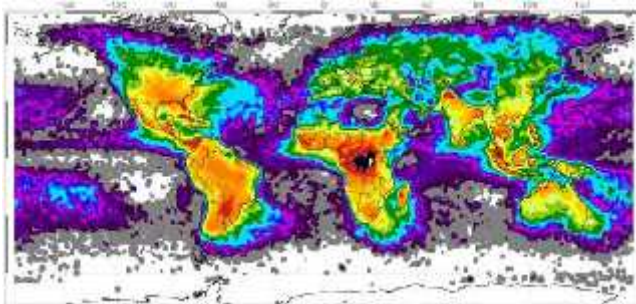
Abstrac

Lightning protection system is a system that is very necessary at this time, given the electrical equipment is growing with leaps and bounds. This system protects us both and our electrical appliances from direct hits or indirect lightning (lightning electromagnetic pulse). In Indonesia alone as a region with high lightning intensity, this system is absolutely necessary. In general, a lightning protection system consists of two systems, namely external protection and internal protection system. In this paper discussed about the types of protection against both internal and external lightning are generally much human use.

Keyword : *Sytem Protection, lightning arrester, down conductor.*

1. Pendahuluan

Pada masa sekarang ini masih sering terdengar ada orang meninggal karena tersambar petir, entah itu anak-anak, muda maupun dewasa. Di Indonesia sendiri kejadian semacam ini sangat sering terdengar. Seperti yang terjadi di Depok, seorang anak meninggal akibat tersambar petir. Siang itu cuaca mendung dan hujan gerimis. Di dalam rumah, anak laki-laki itu sedang menonton televisi bersama anggota keluarga lain. Tiba-tiba kilat menyambar antenna televisi dan masuk ke dalam rumah.



Gambar 1 Peta Distribusi Petir di Dunia

(sumber: NASA)

Gambar diatas adalah Peta Distribusi Petir di Dunia, daerah hitam di Afrika Tengah adalah tempat terjadinya petir dengan intensitas tertinggi di dunia, daerah yang berwarna merah, oranye dan kuning adalah daerah dengan intensitas petir tinggi sedangkan daerah yang berwarna putih atau berwarna biru adalah daerah dengan intensitas rendah.

Dari gambar Peta Distribusi Petir di Dunia diatas terlihat bahwa Indonesia termasuk dalam kategori daerah dengan intensitas petir tinggi. Menurut Prof Dr Ir H Djuheri, MM, salah satu daerah di Indonesia, yakni wilayah Bogor, Jawa Barat pernah tercatat sebagai wilayah yang memiliki sambaran petir per tahun tertinggi di dunia per harinya, yakni sekitar 322 hari atau 88 persen per tahun.

Table 3. Deaths of 1980, 1991, and 1991 and 1991 multiple strikes in 1980, 1990 and 1991

Kategori	1980			1991		
	1980	1991	1991	1980	1991	1991
Bunuh	29	15	35	135	43	41
Luka-luka	19	15	7	40	4	20
Udara	14	19	4	24	43	26
Tornado	3	19	36	113	154	196
Kerusakan	3	15	24	2	23	29
Kerusakan	15	19	54	215	149	175
Kerusakan	13	12	12	111	152	191
Transmisi	12	12	12	42	48	41
Transmisi	17	17	14	14	15	13
Jumlah	11	14	11	34	32	13

Tabel ini adalah tabel perbandingan kematian dan luka-luka yang dialami oleh manusia akibat bencana yang terjadi di Amerika Serikat pada tahun awal 90-an. Terlihat bahwa kematian akibat sambaran petir menempati peringkat kedua terbanyak yaitu sebanyak 74 orang setelah jumlah kematian yang disebabkan karena bencana banjir pada tahun 1990. Bahkan pada tahun 1991, menempati peringkat pertama. Untuk kasus luka-luka, pada tahun 1991 menempati peringkat kedua terbanyak setelah tornado. Hal yang sama juga terjadi di beberapa negara di Eropa.

Oleh karena kerugian-kerugian yang ditimbulkan sangat besar akibat sambaran petir, maka diperlukanlah suatu sistem proteksi petir yang mampu melindungi fisik maupun peralatan-peralatan akibat sambaran langsung maupun sambaran petir tidak langsung (*lightning electromagnetic pulse*).

2. Tinjauan Pustaka

Menurut Dr. Ir. Dipl. Ing. Reynaldo Zoro, ahli petir dan direktur PT Lapi Elpatsindo, ada tiga syarat untuk timbulnya petir.

Ada udara naik, kelembapan, dan partikel bebas atau aerosol. Ketiga elemen ini akan menyebabkan timbullah muatan dalam awan cumulonimbus. Umumnya muatan negatif terkumpul dibagian bawah dan ini menyebabkan terinduksinya muatan positif diatas permukaan tanah, sehingga membentuk medan listrik antara awan dan tanah. Jika muatan listrik cukup besar dan kuat medan listrik di udara dilampaui, maka terjadi pelepasan muatan berupa petir atau terjadi sambaran yang bergerak dengan kecepatan cahaya dengan efek merusak yang sangat dahsyat karena kekuatannya.

Menurut Guru Besar Bidang Ilmu Teknik Fisika, Universitas Nasional (Unas), Prof Djuheri, kilatan petir mengandung muatan listrik 100 juta volt, Energi sebesar itu bisa

memanaskan suhu udara hingga mencapai 40 ribu derajat Celsius. Bisa kita bayangkan, bagaimana jika petir tersebut menyambar makhluk hidup.

Sambaran petir terbagi menjadi dua yaitu sambaran langsung dan sambaran tidak langsung. Sambaran langsung terjadi karena arus impuls yang mengalir ke tanah, sedangkan sambaran tidak langsung terjadi karena pancaran energi dari gelombang elektromagnetiknya atau *lightning electromagnetic pulse*. Apabila petir ini menyambar sebuah gedung maka jumlah rata-rata frekuensi sambaran petir dapat dihitung:

1. Sambaran Langsung

Nilai rata-rata frekuensi sambaran petir langsung pertahun dapat digitung dengan rumus:

$$Nd = 4.10^{-2} . T^{1.26} (ab + 6h + (a + b) 9h^2)$$

Dimana:

a = Panjang atap gedung (m) b = Lebar atap gedung (m) h = Tinggi atap gedung (m) T = hari guruh pertahun

Nd = Jumlah rata-rata frekuensi sambaran petir langsung pertahun

2. Sambaran

Rata-rata frekuensi tahunan Nn dari kilat yang mengenai tanah dekat gedung dapat dihitung dengan perkalian kerapatan kilat ke tanah pertahun Ng dengan cakupan daerah di sekitar gedung yang disambar Ag

$$Nn = Ng . Ag$$

Daerah di sekitar sambaran petir (Ag) adalah daerah disekitar gedung dimana suatu sambaran ke tanah menyebabkan suatu tambahan lokasi potensial tanah yang dapat mempengaruhi gedung.

Mengacu pada IEC (*International Electrotechnical Commission*) TC 81/1989 tentang konsep *Lightning Protection Zone (LPZ)*, sistem proteksi petir yang sempurna terdiri dari 3 bagian :

1. Proteksi Eksternal, yaitu instalasi dan alat-alat di luar sebuah struktur untuk menangkap dan menghantar arus petir ke sistem pentanahan atau berfungsi sebagai ujung tombak penangkap muatan listrik/ arus petir di tempat tertinggi. Proteksi Eksternal yang baik terdiri atas *air terminal/interceptor*, *down conductor*, dan ekuipotensialisasi
2. Proteksi Pentanahan, merupakan bagian terpenting dalam instalasi sistem proteksi

petir. Kesulitan pada sistem pentanahan biasanya karena berbagai macam jenis tanah. Hal ini dapat diatasi dengan perencanaan dan teknik penerapan yang tepat, serta menghubungkan semua metal (ekuiopotensialisasi) dengan sistem pentanahan, sesuai dengan IEC TC 81

Proteksi Internal, merupakan proteksi peralatan elektronik terhadap efek dari arus petir. Terutama efek medan magnet dan medan listrik pada instalasi metal atau sistem listrik. Sesuai dengan standar DIV VDE 0185, IEC 1024-1. Proteksi Internal terdiri atas pencegahan terhadap dampak sambaran langsung, pencegahan terhadap dampak sambaran tidak langsung, dan ekuiopotensialisasi.

3. Pembahasan

Secara garis besar, berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh ERICO *Lightning Technologies* yang telah dilakukan selama 60 tahun, ada enam langkah untuk melindungi suatu infrastruktur dari sambaran petir yang diistilahkan "SIX POINT PLAN". Tujuan dari "SIX POINT PLAN" ini adalah untuk menyiapkan sebuah perlindungan yang efektif dan handal terhadap serangan sambaran petir. Keenam langkah tersebut yaitu,

1. Menangkap Petir

Dengan cara menyediakan sistem penerimaan yang dapat dengan cepat menyambut luncuran arus petir, lebih cepat dari sekelilingnya dan memproteksi secara tepat dengan memperhitungkan besaran petir.

2. Menyalurkan Petir

Luncuran petir yang telah ditangkap dilalurkan ke tanah/arde secara aman tanpa mengakibatkan terjadinya loncatan listrik ke bangunan atau manusia.

3. Menampung Petir

Dengan cara membuat sistem pentanahan sebaik mungkin.

4. Proteksi Grounding

5. Proteksi Jalur Power

6. Proteksi Jalur Data

Keenam langkah yang tergabung dalam "SIX POINT PLAN" diatas merupakan representasi dari sistem proteksi petir yang sesuai dengan standar IEC (*International Electrotechnical Commission*) TC 81/1989 yang bersifat proteksi internal maupun proteksi

eksternal.

1. Sistem Proteksi Petir Eksternal

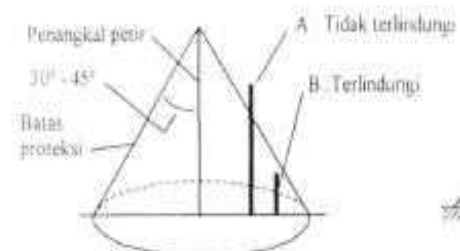
Sistem proteksi petir eksternal yang sering digunakan terdiri dari tiga bagian yaitu *Air Terminal*, *Down Conductor* dan *Earthing Systems*.

a. Air Terminal

Air Terminal merupakan bagian dari sistem proteksi petir eksternal yang bertujuan untuk menangkap kilatan petir. *Air Terminal* harus dipasang pada titik tertinggi dari suatu bangunan atau peralatan yang ingin dilindungi dari sambaran petir. Sebagai contohnya, jika sistem proteksi petir diaplikasikan dalam sebuah antenna. Maka *Air Terminal* harus dipasang diatas bagian tertinggi dari antenna tersebut, demikian juga jika dipasang pada gedung atau rumah.

Pemasangannya dipengaruhi oleh keadaan atap gedung yang akan diamankan. Untuk bangunan dengan atap datar, yaitu bangunan yang memiliki selisih tinggi antara bumbungan dan lisplang kurang dari 1 meter maka sistem yang sesuai adalah sistem faraday yaitu sistem penangkal petir keliling atap datar. Sedangkan untuk atap runcing atau selisih antara tinggi bumbungan dan lisplang lebih dari 1 meter, maka sistem yang sesuai adalah sistem franklin yaitu sistem penangkal petir dengan elektroda batang (*finial*).

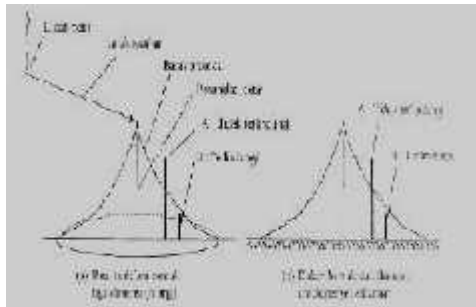
Pada awalnya ruang proteksi dari suatu penangkal petir berbentuk kerucut dengan sudut puncak kerucut berkisar antara 30° hingga 35° . pemilihan sudut proteksi ini menyatakan tingkat proteksi yang kita inginkan. Semakin kecil sudut proteksi semakin tinggi tingkat proteksi yang diperoleh (semakin baik proteksinya), tetapi semakin mahal biayanya.



Gambar 3 Ruang Proteksi Konvensional

Ruang proteksi model kedua adalah ruang proteksi menurut model elektro geometri, yaitu berbentuk kerucut juga seperti konsep

konvensional, hanya saja bidang miring dari kerucut tersebut melengkung dengan jari-jari tertentu. Besarnya jari-jari sama dengan besarnya jarak sambar dari lidah petir. Jarak sambar (kemampuan menyambar atau menjangkau suatu benda) dari lidah petir ini ditentukan oleh besarnya arus petir yang terjadi. Oleh karena itu, derajat kelengkungan dari bidang miring kerucut dipengaruhi oleh besarnya arus petir yang terjadi.



Gambar 4 Konsep Ruang Proteksi Menurut Elektrojeometri Model

b. Down Conductor

Down Conductor adalah bagian dari sistem proteksi petir eksternal yang menghantarkan arus yang bersumber dari kilatan petir dari *Air Terminal System* ke

Earthing Termination System. *Down Conductor* harus dipasang vertical tegak lurus sehingga tercipta jarak terpendek antara ujung bangunan dengan bumi.

Tabel 2. Material yang Digunakan untuk Membuat Down Conductor

Material	Down Conductor (mm ²)
Cu	16
Al	25
Fe	30

c. Earthing Systems

Earthing Systems yaitu bagian dari sistem proteksi petir eksternal yang berfungsi untuk mengalirkan arus dari petir ke tanah. Ujung *Down Conductor* dihubungkan dengan tahanan tanah yang besarnya maksimum bernilai 5 ohm. Untuk mendapatkan tahanan pembumian yang kecil, diperlukan elektroda pembumian. Prinsip dasar untuk memperoleh tahanan pembumian yang kecil adalah dengan

membuat permukaan elektroda bersentuhan dengan tanah sebesar mungkin,

Sesuai dengan rumus :

$$R = \rho (L/A)$$

dimana :

R = tahanan pembumian [ohm]

ρ = tahanan jenis tanah [.m]

L = panjang lintasan arus pada tanah [m]

A = luas penampang lintasan arus pada tanah [m²]

Fungsi pengetanahan adalah untuk membatasi tegangan yang timbul diantara peralatan dengan peralatan, peralatan dengan tanah dan meratakan gradien tegangan yang timbul pada permukaan tanah akibat arus kesalahan yang mengalir dalam tanah. 2. Sistem Proteksi Petir Internal

Berdasarkan pengertian dari IEC (*International Electrotechnical Commission*) TC 81/1989 tentang konsep *Lightning Protection Zone* (LPZ), sistem proteksi petir internal adalah proteksi peralatan elektronik terhadap efek dari arus petir. Terutama efek medan magnet dan medan listrik pada instalasi metal atau sistem listrik. Proteksi Internal terdiri atas pencegahan terhadap dampak sambaran langsung, pencegahan terhadap dampak sambaran tidak langsung, dan ekuipotensialisasi.

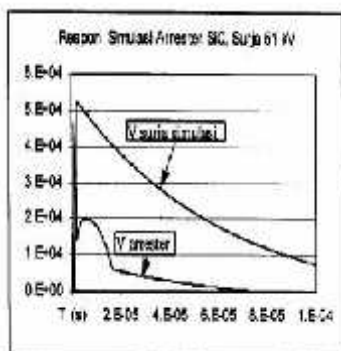
Ada banyak sistem yang dapat digunakan sebagai proteksi petir internal, namun pada tulisan ini penulis hanya akan membahas mengenai *Arrester* dan sangkar faraday.

a. Arrester

Gangguan surja petir merupakan salah satu gangguan alamiah yang akan dialami sistem tenaga listrik, dan salah satu metode untuk mengatasinya yaitu dengan menggunakan peralatan proteksi *arrester*.

Arrester ini bekerja dengan mengimplementasikan resistor nonlinier yang mempunyai nilai yang besar untuk peralatan listrik dari tegangan yang berlebihan dari petir. Pada saat *sparkover* maka tegangan akan turun dan tegangan *residu* arus *discharge*. Besarnya nilai *sparkover* dan tegangan *residu* arusnya tergantung dari karakteristik *arrester* yang digunakan. Seperti dalam gambar dibawah ini, pada saat tegangan surjanya 51 kV maka dalam waktu sepersekian detik nilai

tegangannya akan turun sesuai dengan tegangan *residu* dari *arrester*.



Gambar 6 Contoh Respon Simulasi Arrester SiC

Arrester ini sangat bermanfaat jika diaplikasikan pada peralatan-peralatan elektronika di suatu bangunan, mengingat efek yang ditimbulkan petir yang sangat besar terhadap peralatan elektronika.

b. Sangkar Faraday

Sangkar faraday adalah suatu piranti yang dimanfaatkan menjaga agar medan listrik di dalam ruangan tetap nol meskipun di sekelilingnya terdapat gelombang elektromagnetik dan arus listrik. Piranti tersebut berupa konduktor yang dipasang sedemikian rupa sehingga ruangnya terlindungi oleh konduktor tersebut.

Sangkar faraday ini diilhami oleh penemuan Michel Faraday, seorang ahli fisika dan kimia berkebangsaan Inggris. Faraday menyatakan bahwa:

“Muatan yang ada pada sangkar konduktor hanya terkumpul pada bagian luar konduktor saja tidak berpengaruh terhadap bagian dalam”.

Efek sangkar Faraday adalah suatu fenomena kelistrikan yang disebabkan oleh adanya interaksi partikel subatomik yang bermuatan (seperti : proton, elektron). Ketika ada medan listrik yang mengenai sangkar konduktor maka akan ada gaya yang menyebabkan partikel bermuatan mengalami perpindahan tempat, gerakan perpindahan tempat partikel bermuatan akan menghasilkan medan listrik yang berlawanan dengan medan listrik yang mengenyainya sehingga tidak ada medan listrik yang masuk kedalam sangkar konduktor tersebut.

Pada saat ini, banyak sekali piranti-piranti yang menggunakan *faraday cage* untuk melindungi peralatan didalamnya dari

pengaruh arus listrik dan gelombang elektromagnet yang tinggi, misalnya *mobile phones*, *coaxial cables*, RFID, beberapa bangunan nasional di Amerika Serikat, mobil, pesawat, dan peralatan-peralatan lainnya. Dengan pemanfaatan sangkar faraday ini, infrastruktur-infrastruktur maupun peralatan-peralatan elektronik dapat terhindar dari pengaruh yang ditimbulkan oleh sambaran petir.

4. Kesimpulan

1. Secara umum ada empat langkah proteksi petir eksternal, yaitu menangkap petir, menampung petir, menyalurkan petir, dan proteksi petir, yang keempat hal itu direpresentasikan oleh *air terminal*, *down conductor* dan *earthing systems*.
2. Selain berfungsi untuk melindungi dari sambaran petir secara langsung, sistem proteksi internal juga dapat digunakan untuk melindungi dari sambaran petir tidak langsung (*lightning electromagnetic pulse*), sebagai contohnya adalah pemanfaatan *arrester* dan sangkar faraday yang dapat digunakan untuk melindungi peralatan listrik dari tegangan surja berlebih maupun medan elektromagnetik yang timbul dari sambaran petir.

Daftar Pustaka

- [1]. Abdul Syakur, dkk. *Sistem Proteksi Penangkal Petir pada Gedung Widya Puraya*.(Online).(<http://www.elektro.undip.ac.id/transmisi/jun06/7>, diakses tanggal 25 oktober 2007)
- [2]. Alvarion. *Lightning Protection*. (Online), (www.buildingdesign.co.uk, diakses tanggal 25 oktober 2007)
- [3]. Herman Halomon Sinaga, dkk. *Model Arrester SiC Menggunakan Model Arrester ZnO IEEE WG 3.4.11*.(Online).(<http://www.petra.ac.id>, diakses tanggal 25 oktober 2007)
- [4]. NASA. *Lightning Map*. (Online). (<http://geology.com>, diakses tanggal 25 oktober 2007).
- [5]. OBO Betterman. *Transient and Lightning Protection Systems*.(Online).(www.obo-bettermann.com, diakses tanggal 25 oktober 2007).

- [6]. Prof. Dr. Eng. Christian Bouquegneau. *The Lightning Protection International Standar*.(Online). (www-conference.slu.se, diakses tanggal 25 oktober 2007).
- [7]. Radio Republik Indonesia. *Sambaran Petir di Indonesia Tertinggi di dunia*.(Online).(www.rri.co.id, diakses tanggal 25 oktober 2007).