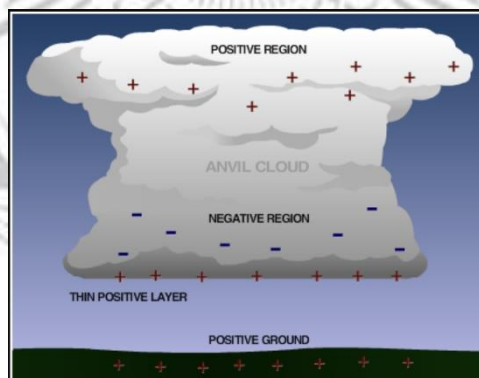


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fenomena Terjadinya Petir

Perpindahan muatan listrik yang signifikan di atmosfer menyebabkan petir [6]. Sambaran petir telah lama menyebabkan kerusakan pada peralatan dan manusia. Semakin banyak penggunaan alat elektronik dan peralatan tegangan rendah, semakin banyak kerusakan elektrostatis yang disebabkan oleh sambaran petir langsung atau tidak langsung. Di Indonesia, hari guruh yang tinggi dan banyak sambaran petir menyebabkan banyak kerugian dan kerusakan.

Pelepasan muatan terjadi ketika medan listrik di antara awan dan bumi melebihi kekuatan tembus udara (kurang lebih 30 kV/cm). Pada umumnya, bagian atas awan memiliki muatan positif, sementara bagian bawah awan memiliki muatan negatif. Ketika bagian yang bermuatan negatif berpindah ke bagian yang bermuatan positif, itu akan menyebabkan sambaran petir. Dengan adanya medan listrik yang kuat, muatan listrik mengalir dari awan ke tanah. Semakin tinggi muatan di atas awan, semakin banyak medan listrik yang dihasilkan. Petir terjadi ketika medan listrik lebih kuat daripada medan tembus udara.



Gambar 2. 1 Pelepasan Muatan Petir

2.2 Efek Kerusakan Akibat Sambaran Petir

Sambaran petir adalah percikan listrik yang mengosongkan muatan awan dalam waktu singkat dalam beberapa mikrosekon dengan arus puncak yang tinggi.

Menurut Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, sambaran petir juga dapat menyebabkan beberapa hal, seperti:

1. Beban termal (di mana komponen yang dialiri petir menjadi panas)
2. Beban mekanis yang disebabkan oleh arus puncak tinggi dan gaya elektrodinamis.
3. Beban korosi, yang merupakan proses elektrokimia yang membuang muatan awan.
4. Beban getaran mekanis akibat guntur.
5. Beban tegangan tambahan yang disebabkan oleh induksi dan pergeseran potensial di dalam gedung.

2.3 Sambaran Petir

Berdasarkan pada bagaimana petir menyambar, sambaran petir dikenal sebagai sambaran petir secara langsung dan sambaran petir secara tidak langsung [7].

1. Sambaran Petir Secara Langsung

Sambaran petir secara langsung adalah jenis sambaran yang mengenai objek langsung tanpa perantara [8]. Kerugian yang disebabkan oleh kerusakan struktur dapat menyebabkan kebakaran dan jika terkena manusia menyebabkan terluka bakar pada kulit. Sistem perlindungan eksternal dipasang untuk mengurangi sambaran petir langsung. Dengan mengalikan kepadatan petir tahunan (N_g) dan area perlindungan efektif gedung (A_e), kita dapat mengetahui frekuensi rata-rata sambaran petir langsung tahunan (N_d).

$$N_d = N_g \cdot A_e \quad (2.1)$$

Jumlah hari petir rata-rata di wilayah tersebut memengaruhi kerapatan sambaran petir ke tanah. Persamaan berikut menunjukkan hal ini:

$$N_g = 4 \cdot 10^{-2} \cdot T^{1.26} \quad (2.2)$$

Namun besar A_e ditentukan dengan persamaan berikut:

$$A_e = ab + 6h(a+b) + 9 \Pi h^2 \quad (2.3)$$

Keterangan:

a = panjang atap gedung (m)

b = lebar atap gedung (m)

h = tinggi atap gedung (m)

T = hari guruh pertahun

N_g = kerapatan sambaran petir ke tanah (sambaran / Km^2 /tahun)

A_e = luas daerah yang masih memiliki angka sambaran petir sebesar
 $N_d (Km^2)$

2. Sambaran Petir Secara Tidak Langsung

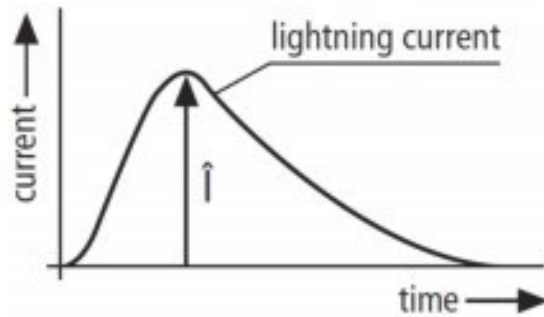
Intensitas arus petir menyebabkan samaran petir secara tidak langsung. Induksi medan magnet, arus yang mengalir ke peralatan, dan arus dari tanah ke sistem kelistrikan di rumah adalah akibat tidak langsung dari sambaran petir [8]. Sambaran petir tidak langsung dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan seperti kebakaran, tegangan sentuh, dan tegangan langkah. Pemasangan sistem sistem proteksi internal dapat mengurangi kerugian karena sambaran petir tidak langsung. Jumlah sambaran petir tahunan rata-rata (N_n) yang mengenai tanah di sekitar gedung dapat dihitung dengan perkalian kerapatan kilat ke tanah tahunan (N_g) dengan cakupan wilayah yang disambar (A_g).

$$N_n = N_g \cdot A_g \quad (2.4)$$

2.4 Parameter Petir

Ada empat parameter petir yang dapat digunakan untuk menyelidiki sistem proteksi petir ini. Setiap parameter memiliki dampak pada objek yang disambarnya [9].

1. Arus Puncak Petir Nilai arus puncak impuls petir adalah nilai maksimum dari impuls petir. Nilai ini digunakan untuk menggambarkan gelombang impuls gelombang petir dan menentukan tingkat perlindungan sistem proteksi petir gedung, seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. 2 Gelombang Arus Impuls

Seperti yang ditunjukkan pada gambar di atas, tegangan yang dihasilkan oleh petir di titik pembumian akan meningkat jika arus petir dengan puncak sebesar I_m masuk ke titik pembumian dengan resistansi R_{st} .

$$U_m = I_m \cdot R_{st} \quad (2.5)$$

Keterangan :

U_m : jatuh tegangan pada pembumian

I_m : arus puncak petir

R_{st} : tahanan pembumian

2. Muatan Petir atau Total (Q)

Jumlah energi (W) yang dihasilkan pada titik sambaran dan di setiap tempat dalam busur listrik yang menembus isolasi dapat dihitung dengan muatan petir (Q). Sesuai dengan persamaan yang tercantum di bawah ini:

$$Q = \int I \cdot dt \quad (2.6)$$

$$W = Q \cdot V_{a,k} \quad (2.7)$$

Muatan petir (Q) dapat melelehkan logam dan menyebabkan percikan api. Energi yang terjadi pada kaki busur listrik titik sambaran petir berbanding lurus dengan muatan petir (Q) dan tegan jatuh (V). Parameter muatan petir ini membantu menentukan dimensi panangkal petir.

3. Energi Spesifikasi Arus petir atau Arus Kuadrat Impuls dari Arus (E)

Sesuai dengan permasaman berikut, energi (E) dapat digunakan untuk mengukur pemanasan dan gaya impuls:

$$E = \int i^2 dt \quad (2.8)$$

Keterangan :

I = Arus petir

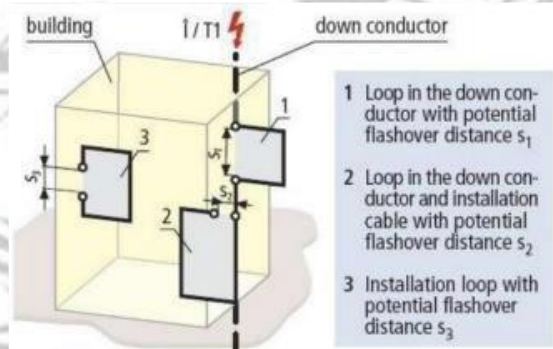
E = Energi yang timbul

t = Waktu

Parameter ini mempengaruhi efek mekanis, yang menghasilkan peningkatan suhu yang menyebabkan panas. Parameter ini berfungsi untuk menentukan ukuran perlindungan petir.

4. Kecuraman Arus Maksimum dari Petir

Karena kecuraman arus petir (di/dt) yang terjadi saat gedung terkena sambaran petir langsung, medan elektromagnetik diinduksi dalam loop di dalam rangkaian tertutup yang terletak pada konduktor yang dialiri arus petir. Loop ini terbentuk karena kabel catu daya dan TI terletak di dekat konduktor, seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. 3 Daerah Induksi dalam loop

Tabel berikut menunjukkan parameter petir ini.

Tabel 2. 1 Jenis-jenis parameter petir

Parameter Petir		Tingkat Proteksi		
		I	II	II-IV
Nilai arus puncak	$I(kA)$	200	150	100
Muatan Ideal	$Q \text{ total (C)}$	300	225	150
Muatan impuls	$Q \text{ impuls}$	100	75	50
Energi spesifik	$W/R (kJ/\Omega)$	10000	5600	2500
Kecuraman rata - rata	$Di/dt (kJ/\mu S)$	200	150	100

2.5 Dampak Sambaran Petir

Sambaran petir dapat membahayakan bangunan dan makhluk hidup dapat dilihat dalam uraian dibawah ini:

1. Makhluk Hidup

Sambaran petir yang begitu besar sampai 20 kA sangat berbahaya bagi makhluk hidup. Tubuh manusia akan mengalami shock, yang menghentikan jantung dan melumpuhkan jaringan otot, menyebabkan luka bakar.

2. Gedung Bangunan

Bangunan bertingkat sangat rentan terhadap sambaran petir karena berada di dekat awan dan dapat menimbulkan tegangan sentuh yang berpotensi menyebabkan kebakaran dan berbahaya bagi orang-orang yang tinggal di dalamnya.

2.6 Kategori Gedung yang Perlu Dipasang Sistem Penangkal Petir

Pemasangan penangkal petir diperlukan tergantung pada lokasi, bentuk, dan tujuan konstruksi, pemasangan yang dianggap rentan terhadap sambaran petir adalah:

1. Gedung bertingkat, seperti pabrik dengan menara dan cerobong asap.
2. Gedung yang menyimpan material ledakan dan kebakaran, seperti pabrik dan gedung amunisi bahan peledak.
3. Gedung bertingkat, agensi pemerintah, pusat perbelanjaan, dan sekolah.
4. Musium dan arsip negara dengan fungsi khusus.

2.7 Menentukan Tingkat Proteksi Resiko Petir

Untuk melindungi bagian-bagian peralatan bangunan dan orang-orang yang berada di dalamnya dari bahaya sambaran petir, sistem proteksi petir harus memiliki kemampuan yang cukup untuk melindungi. Untuk menentukan seberapa besar kebutuhan akan perlindungan sambaran petir ini, persyaratan Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP), *National Fire Protection Association (NFPA) 780*, dan standar NFC 17-102 harus dipatuhi.

1. Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir mengatakan bahwa jumlah indeks yang diperlukan untuk melindungi gedung dari petir dapat dihitung berdasarkan keadaan bangunan. Dengan persamaan-persamaan berikut:

$$R = \text{Indeks A} + \text{Indeks B} + \text{Indeks C} + \text{Indeks D} + \text{Indeks E}$$

Untuk menentukan nilai dari masing-masing Indeks A, B, C,

D, dan E serta memperkirakan besarnya risiko bahaya sambaran petir (R), dapat dilihat pada tabel-tabel berikut.

Tabel 2. 2 Indeks Penggunaan dan Isi

No.	Penggunaan dan Isi	Indeks A
1	Bangunan biasa yang tidak perlu diamankan baik bangunan maupun isinya	-10
2	Bangunan dan isinya jarang digunakan misalnya dengan di tengah sawah atau ladang, menara atau tiang dari metal	0
3	Bangunan yang berisi peralatan sehari-hari atau tempat tinggal misalnya rumah tinggal, pabrik kecil, dan stasiun kereta api	1
4	Bangunan atau isinya cukup penting misalnya menara air, toko barang-barang berharga, gedung pemerintahan	2
5	Bangunan yang berisi banyak sekali orang, misalnya bandara, sarana ibadah, sekolah, dan monumen sejarah yang penting	3
6	Instansi gas, minyak atau bensin, dan rumah sakit	5
7	Bangunan yang mudah meledak dan dapat menimbulkan bahaya yang tidak terkendali bagi sekitarnya, misalnya instansi nuklir	15

Tabel 2. 3 Indeks Konstruksi Bangunan

No.	Kontruksi Bangunan	Indeks B
1	Seluruh bangunan terbuat dari logan dan mudah menyalurkan listrik	0
2	Bangunan dengan kontruksi beton bertulang atau rangka besi dengan atap logam	1
3	Bangunan dengan kontruksi beton bertulang atau rangka besi denganatap bukan logam	2
4	Bangunan kayu dengan atap bukan logam	3

Tabel 2. 4 Indeks Konstruksi Bangunan

No.	Tinggi Bangunan (m)	Indeks C
1	0 Sampai Dengan 6	0
2	6 Sampai Dengan 12	2
3	12 Sampai Dengan 17	3
4	17 Sampai Dengan 25	4
5	25 Sampai Dengan 35	5

6	35 Sampai Dengan 50	6
7	50 Sampai Dengan 70	7
8	70 Sampai Dengan 100	8
9	100 Sampai Dengan 140	9
10	140 Sampai Dengan 200	10

Tabel 2. 5 Indeks Situasi Bangunan

No.	Situasi Bangunan	Indeks D
1	Di tanah datar pada semua ketinggian	0
2	Di kaki bukit samapai $\frac{3}{4}$ tinggi bukit atau di pegunungan sampai 1000 meter	1
3	Di puncak gunung atau pegunungan yang lebih dari 1000 meter	2

Tabel 2. 6 Indeks Hari Guruh

No	Hari Guruh	Indeks E
1	2	0
2	4	1
3	8	2
4	16	3
5	32	4
6	64	5
7	128	6

Tabel 2. 7 Indeks Perkiraan Bahaya

R	Perkiraan Bahaya	Pengamanan
<11	Diabaikan	Tidak Perlu
11	Kecil	Tidak Perlu
12	Sedang	Dianjurkan
13	Agak Besar	Dianjurkan

14	Besar	Sangat Dianjurkan
>14	Sangat Besar	Sangat Perlu

2. Standar National Fire Protection Association (NFPA) 780 menetapkan indeks besarnya kebutuhan perlindungan sambaran petir untuk gedung hampir sama dengan metode yang digunakan pada PUIPP. Menurut NFPA, ini dilakukan dengan menjumlahkan nilai indeks yang mewakili kondisi tempat bangunan tersebut, lalu hasil penjumlahannya dibagi dengan nilai indeks iso keraunic level (F) di wilayah tersebut. Persamaan-persamaannya adalah sebagai berikut:

$$R = \frac{A+B+C+D+E}{F} \quad (2.9)$$

Untuk menentukan nilai indeks A, B, C, D, dan E serta memperkirakan besarnya risiko bahaya sambaran petir (R), dapat merujuk pada tabel-tabel berikut.

Tabel 2. 8 Indeks Jenis Struktur

No.	Jenis Struktur	Indeks A
1	Rumah kediaman yang kurang dari 465 m ²	1
2	Rumah kediaman yang lebih dari 465 m ²	2
3	Perumahan kantor atau bangunan pabrik dengan tinggi kurang dari 15 meter. - Melingkupi area kurang dari 2323 m ² - Melingkupi area lebih dari 2323 m ²	3 5
4	Perumahan, kantor atau bangunan pabrik dengan tinggi 15-23 meter	4
5	Perumahan, kantor atau bangunan pabrik dengan tinggi 23-46 meter	5
6	Perumahan, kantor atau bangunan pabrik dengan tinggi 46 meter	8
7	Kantor pelayanan milik pemerintah misalnya pemadam kebakaran, kantor polisi dan perusahaan air minum	7
8	Hangar pesawat terbang	7
9	Pembangkit listrik dan sentral telpon	8
10	Menara air dan cooling tower	8
11	Perpustakaan, mesium dan bangunan bersejarah	8
12	Bangunan pertanian	9
13	Tempat bernaung di daerah rekreasi	9
14	Bangunan yang banyak berisi banyak orang misalnya sekolah, tempat ibadah, bioskop dan stadion olah raga	10
15	Struktur yang ramping dan tinggi misalnya cerobong asap, menara pengawas dan mercusuar	10

No.	Jenis Struktur	Indeks A
16	Rumah sakit, penampungan para lansia dan penyandang cacat	10
17	Bangunan tempat membuat dan menyimpan bahan berbahaya misalnya zat kimia	10

Tabel 2. 9 Indeks Jenis Atap

No.	Kerangka Struktur	Jenis Atap	Indeks B
1	Bukan logam	Kayu	5
		Campuran aspal atau genteng	3
		Logam yang saling tidak terhubung	4
		Logam yang saling terhubung secara elektrik	1
2	Kayu	Kayu	5
		Campuran aspal atau genteng	3
		Logam yang saling tidak terhubung	4
		Logam yang saling terhubung secara elektrik	1
3	Beton Bertulang	Kayu	5
		Campuran aspal atau genteng	3
		Logam yang saling tidak terhubung	4
		Logam yang saling terhubung secara elektrik	1
4	Kerangka Baja	Kayu	5
		Campuran aspal atau genteng	3
		Logam yang saling tidak terhubung	4
		Logam yang saling terhubung secara elektrik	1

Tabel 2. 10 Lokasi Bangunan

No.	Lokasi Bangunan	Indeks C
1	Bangunan dalam area bangunan yang lebih tinggi	
	- Bangunan kecil, melingkupi area kurang dari 929 m ²	1
	- Bangunan kecil, melingkupi area lebih dari 929 m ²	2
2	Bangunan dalam area bangunan yang lebih rendah	
	- Bangunan kecil, melingkupi area kurang dari 929 m ²	4
	- Bangunan kecil, melingkupi area lebih dari 929 m ²	5
3	Struktur diperpanjang sampai 15,2 m diatas permukaan tanah	7
4	Struktur diperpanjang sampai lebih dari 15,2 m diatas permukaan tanah	10

Tabel 2. 11 Indeks Lokasi

No.	Lokasi	Indeks D
1	Pada tanah datar	1
2	Pada sisi bukit	2
3	Di atas puncak bukit	4
4	Di atas puncak gunung	5

Tabel 2. 12 Indeks Penggunaan dan Isi Bangunan

No.	Pembangunan dan Isi Bangunan	Indeks E
1	Bahan yang tidak mudah terbakar	1
2	Perrabotan rumah tangga	2
3	Perlengkapan atau perabotan biasa	2
4	Ternak peliharaan	3
5	Bangunan terisi sedikit orang (kurang dari 50 orang)	4
6	Bahan yang mudah terbakar	5
7	Bangunan terisi banyak orang (50 orang atau lebih)	6
8	Peralatan atau barang berharga	7
9	Pelayanan umum seperti bandara dan kantor polisi	8
10	Peralatan operasi yang sensitif	8
11	Benda bersejarah	10
12	Peledak dan bahan pembuatnya	10

Tabel 2. 13 Indeks Iso Kerounic Level

No.	Iso Krounic Level	Indeks F
1	0-5	9
2	6-10	8
3	11-20	7
4	21-30	6
5	31-40	5
6	41-50	4
7	51-60	3
8	61-70	2
9	Lebih dari 70	1

Tabel 2. 14 Indeks Pengaman

No.	R	Pengaman
1	0-3	Tidak Perlu
2	2-3	Dianjurkan
3	3-4	Dianjurkan
4	4-7	Sangat Dianjurkan
5	Lebih dari 7	Sangat Perlu

3. Menurut standar NFC 17-102, tingkat perlindungan yang memadai untuk sistem perlindungan sambaran petir didasarkan pada frekuensi petir langsung lokal (N_d) di mana struktur yang dilindungi dan frekuensi petir lokal (N_c). Untuk menentukan apakah pemasangan sistem perlindungan sambaran petir diperlukan atau tidak, persamaan 2.10 berikut digunakan untuk menghitung N_d dan N_c :

- Jika nilai dari $N_d \leq N_c$ maka tidak diperlukan pemasangan sistem proteksi sambaran petir.
- Jika nilai dari $N_d \geq N_c$ maka diperlukan pemasangan sistem proteksi sambaran petir.

$$E \geq 1 \frac{N_c}{N_d} \quad (2.10)$$

Tabel 2. 15 Efisiensi Sistem Proteksi Petir

No	Tingkat Proteksi	Effisiensi SPP
1	I	0.98
2	II	0.95
3	III	0.90
4	IV	0.80

2.8 Jenis Proteksi Petir

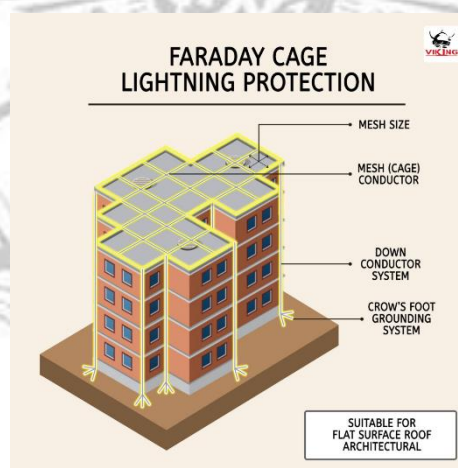
Menurut kebutuhan, proteksi sambaran petir dibagi menjadi beberapa tingkatan. Berikut ini adalah beberapa jenis metode yang dapat digunakan untuk menentukan tingkat perlindungan bangunan saat memasang sistem proteksi sambaran petir:

1. Penangkal Petir Konvensional

Alat penangkal petir konvensional adalah yang paling efektif untuk bangunan rumah. Rangkaian penangkal petir ini menyalurkan petir dan menerima sambaran petir secara pasif. Perangkat penangkal petir biasa terdiri dari dua jenis:

a. Sangkar Faraday/*Faraday Cage*

Sistem sangkar Faraday adalah sistem perlindungan petir yang terdiri dari rangkaian konduktor logam yang dipasang secara vertikal atau horizontal di sekitar gedung serta di atap untuk menyalurkan arus ke tanah. Sangkar Faraday akan menyalurkan sambaran petir dari luar gedung melalui konduktornya. Dengan demikian, diharapkan bahwa manusia dan peralatan elektronik di dalam gedung tidak akan terpengaruh oleh sambaran petir. Metode perlindungan dengan sangkar Faraday sering digunakan sebagai pelengkap sistem perlindungan roda Franklin karena, selain mencegah sambaran petir langsung, sangkar Faraday juga menyerap medan magnet yang dibuat oleh logam konduktor yang mengelilingi gedung. Dengan demikian, medan magnet tidak akan memengaruhi peralatan listrik di dalam gedung.

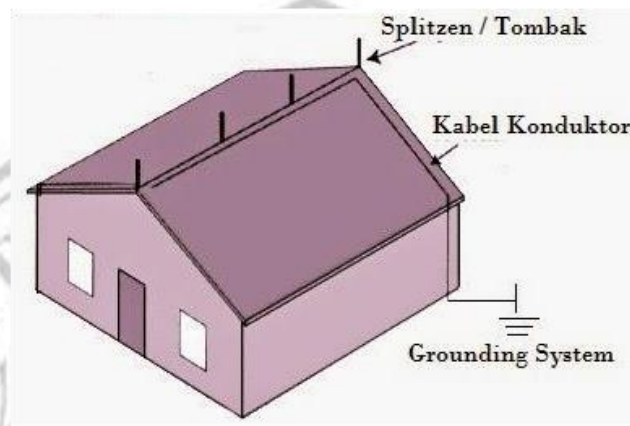


Gambar 2. 4 Pengangkal Petir Sangkar Faraday

b. Jalur Instalasi Tunggal/*Franklin Rod*

Penangkal petir Franklin rod adalah sebuah sistem yang terdiri dari kabel tunggal yang menghubungkan puncak gedung ke tanah atau grounding. Sistem ini menggunakan batang tembaga yang dipasang di puncak gedung dengan

sudut puncak 112 derajat, menciptakan daerah perlindungan berbentuk kerucut. Untuk memberikan perlindungan eksternal, batang Franklin dipasang di atas gedung dengan ketinggian antara 1 hingga 3 meter. Semakin jauh batang Franklin dipasang dari bangunan, semakin rendah tingkat perlindungannya terhadap area tersebut..



Gambar 2. 5 Sistem Penangkal Petir Franklin Rod

Pada kedua tipe penangkal petir konvensional, kita perlu mempertimbangkan standar keselamatan, kualitas instalasi, biaya pemasangan, dan estetika. Faktor-faktor ini menjadi tolak ukur dalam memilih sistem proteksi petir yang paling cocok untuk bangunan kita.

2. Penangkal Petir Radioaktif

Penyebab sambaran petir masih menjadi subjek penelitian yang sedang berlangsung. Semua ilmuwan setuju bahwa sambaran petir ini terjadi karena proses pelepasan muatan elektron dari proses ionisasi di atmosfer. Akibatnya, penggunaan zat iradasi seperti Radium 226 dan Ameresium 241 dapat mencegah proses ionisasi. Dua bahan tersebut memiliki kemampuan untuk menyebarkan ion radiasi, yang memiliki kemampuan untuk menetralkan muatan listrik pada awan. Oleh karena itu, menyebarkan ion radiasi juga memiliki manfaat lain, yaitu dapat meningkatkan muatan di ujung finial atau splitzer, sehingga awan dengan muatan besar akan menyambar dan mengenai penangkal petir. Dengan mempertimbangkan pengurangan zat radioaktif di masyarakat, menurut perjanjian internasional

Penggunaan penangkal petir jenis ini telah dilarang dan dianggap berbahaya bagi kesehatan manusia.

3. Penangkal Petir Elektrostatis

Cara kerja dari proteksi sambaran petir elektrostatis dengan mengambil dari sistem penangkal petir radioaktif, dimana dengan meningkatkan muatan pada ujung finial sehingga petir memilih ujung ini yang akan disambar. Perbedaan dari sistem radioaktif yaitu energi yang dikonsumsi. Pada penangkal petir radioaktif, muatan listrik yang dihasilkan oleh proses pelepasan bahan yang diradiasikan. Dimana pada penangkal petir elektrostatis menghasilkan energi listrik dengan cara menginduksi awan di permukaan tanah. Penangkal petir elektrostatis adalah jenis proteksi sambaran petir terbaik di dunia, bahkan anti petir Flash Vectron telah dirancang khusus untuk digunakan pada daerah tropis seperti Indonesia.

2.9 Sistem Proteksi Sambaran Petir

Sistem proteksi terhadap sambaran petir dapat dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan prinsip kerjanya:

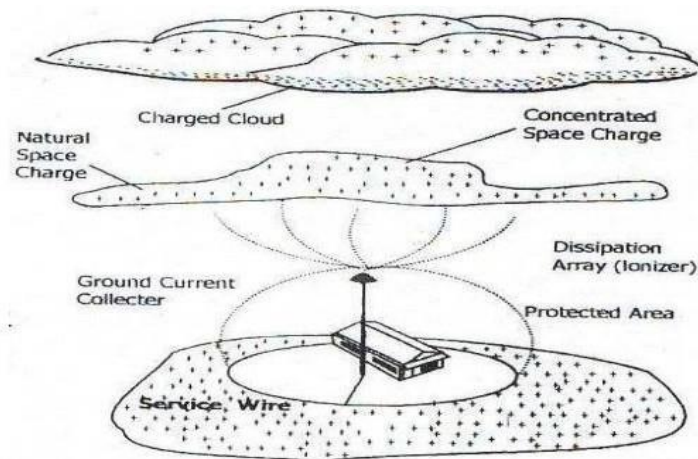
1. Sistem Dengan Menangkap Petir

Cara kerja sistem ini meliputi:

- a. Menyediakan titik aman pada ujung bangunan sebagai target sambaran petir agar petir menyambar pada titik tersebut.
- b. Membuat jalur yang membawa arus petir ke tanah.
- c. Menyediakan sistem grounding yang menyalurkan arus ke tanah secara merata untuk melindungi bangunan dan orang di dalamnya dari sambaran petir.

2. Sistem Dengan Disipasi

Prinsip kerja dasar dari Sistem Disipasi (Dissipation Array System) adalah menangkap sambaran petir pada konduktor udara, namun mencegah sambaran petir mengenai bagian yang dilindungi.



Gambar 2. 6 Sistem dari Disipasi

Awan bermuatan menginduksi muatan listrik di tanah atau di atas gedung di bawah awan saat bergerak ke wilayah tertentu. Kemudian, kumpulan muatan yang diinduksi dibawa ke sistem pentanahan DAS yang berbentuk ion, dan terjadi fenomena yang disebut pelepasan titik, dimana setiap bagian dari objek yang runcing diarahkan untuk mentransfer muatan yang diinduksi pada elemen udara di sekitarnya. Ketika ionizer berada pada medan elektrostatis, titik kontak posisinya akan mengumpulkan ribuan muatan titik secara mandiri dan dapat melepas muatan yang diinduksikan lebih awal. Ketika perbedaan potensial antara awan dan udara di sekitar ionizer berkurang, medan listrik yang dihasilkan akan semakin kecil dan udara yang digunakan untuk ditembus listrik akan semakin kecil. Akibatnya, sambaran petir dapat dihindari.

2.10 Standar pemasangan Pentanahan

Standar pemasangan sistem pentanahan dan penangkal petir biasanya mengikuti PUIL, di mana pada penelitian ini yang digunakan adalah PUIL 2000. Menurut PUIL 2000, nilai tahanan sistem pentanahan peralatan dan sistem pentanahan penangkal petir harus di bawah 5 Ohm.

Untuk instalasi listrik penangkal petir pada suatu bangunan, perlu mempertimbangkan beberapa aspek, antara lain:

1. Bahaya yang disebabkan oleh sambaran petir.

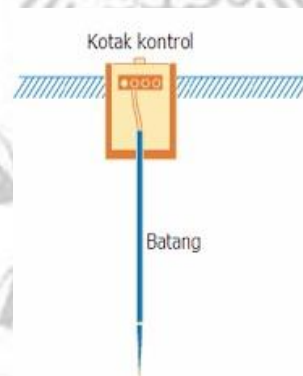
2. Penempatan penghantar pada sistem pentanahan.
3. Sistem pentanahan yang mampu menahan aliran petir.

2.11 Pembumian atau Grounding

Sistem pembumian adalah peralatan instalasi listrik yang digunakan untuk mengalirkan arus petir ke tanah dengan tujuan melepaskan muatan arus petir. Nilai konduktivitas listrik antara logam pembumian dan tanah yang ditanam menentukan tingkat keamanan sistem pembumian. Jika nilai konduktivitasnya lebih tinggi, sistem pembumiannya lebih baik. Kemampuan sistem pembumian untuk mencapai nilai tahanan maksimum 5 Ohm menentukan seberapa baik sistem tersebut [10]. Dalam kebanyakan kasus, sistem grounding terdiri dari dua jenis, yaitu:

1. Elektroda Batang

Sistem pentanahan yang menggunakan batang konduktor yang ditanam tegak lurus di atas tanah dikenal sebagai elektroda batang [11]. Untuk menghitung tahanan pentanahan, asumsikan arus atau distribusi muatan pada batang elektroda. Karena arus yang mengalir dari elektroda ke tanah sama dengan emisi fluks listrik dari konduktor dengan muatan terisolasi, analogi ini digunakan untuk menjelaskan hubungan antara resistansi dan kapasitansi.

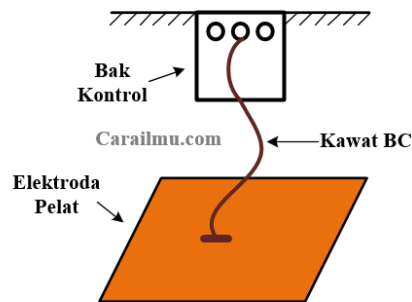


Gambar 2. 7 Elektroda Batang

2. Elektroda Plat

Elektroda plat terbuat dari plat besi berlubang dan plat besi utuh. Karena penanaman horiontal menghasilkan hasil yang sama dengan pemasangan vertikal, metode pemasangannya adalah menanam

elektrodanya secara vertikal. Penanaman vertikal juga lebih ekonomis dan praktis.



Gambar 2. 8 Elektroda Plat

2.12 Metode Perencanaan Sistem Terminasi Udara

Ada beberapa metode untuk menentukan posisi sistem terminasi udara. Ini termasuk metode Jala (*Mesh Method*), Bola bergulir (*Rolling Sphere*), Sudut proteksi (*Protective Angle*).

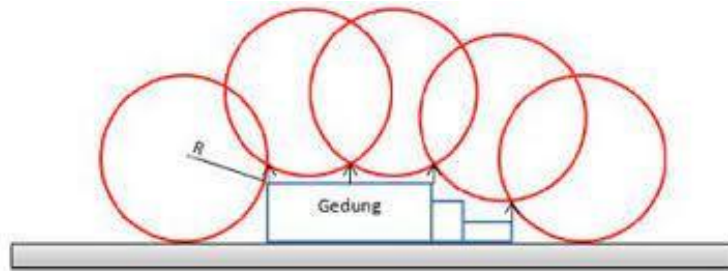
1. Metode Jala (*Mesh Method*)

Metode mesh juga dikenal sebagai teknik sangkar Faraday. Pendekatan ini melibatkan penempatan kabel konduktor di luar bangunan dengan syarat bahwa kabel tersebut berperan sebagai alat menerima sambaran petir. Dalam metode finial batang tegak, konduktor atap dihubungkan satu dengan lainnya dalam poligon tertutup yang disesuaikan ukuran untuk perlindungan eksternal.

2. Metode Bola Bergulir

Metode bola bergulir menggambarkan suatu bola dengan radius (S) yang bergulir di atas tanah, ke atas, ke sekitar, dan kembali ke tanah sampai bertemu dengan tanah [12]. Metode ini menganggap bahwa sambaran pada ujungnya secara bertahap mendekati bumi hingga puluhan atau ratusan meter di atas tanah dan tidak terpengaruh sampai sambaran mencapai jarak terakhir. Karena insulasi medan yang sangat kuat jika dibandingkan dengan insulasi udara, sambaran yang naik akan menyambut ujung sambaran yang turun sampai muatan petirnya dibuang ke bumi. Titik sambaran dapat

ditentukan dengan melihat hasil sambaran naik dari objek yang menyambut sambaran turun di titik terdekatnya.



Gambar 2. 9 Metode Bola Bergulir

Nilai arus puncak dan muatan listrik yang disimpan dalam sambaran turun berkorelasi satu sama lain untuk menentukan proporsionalitas. Kuat medan listrik di permukaan tanah bergantung pada muatan sambaran yang turun. Oleh karena itu, nilai arus puncak (I) dan jarak radius sambaran petir (R) mempunyai hubungan linier.

Radius sambaran petir yang dihitung oleh Amstrong, Whitehead adalah sebagai berikut:

$$r = 6,7 \times I^{0,8} \quad (2.11)$$

Keterangan : r = radius jarak bola bergulir

I = arus puncak

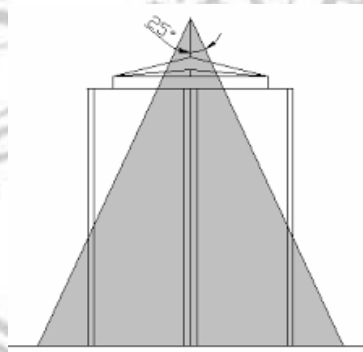
Diluar persamaan di atas, untuk menentukan radius jarak sambaran petir, para ahli berikut ini dapat digunakan selain persamaan di atas:

Tabel 2. 16 Konstanta Jarak Sambaran Petir

Persamaan	a	B
Young,et al.	27	0,32
Amstrong, Whitehead	6,7	0,8
Brown, Whitehead	7,1	0,75
Love	10	0,65
IEEE Working Group	8	0,65
Suzuki	3,3	0,78

3. Metode Sudut Proteksi

Metode sudut proteksi berasal dari petir geometris listrik model. Sudut perlindungan sendiri ditemukan dengan menghitung radius jari-jari bola bergulir yang diiris oleh garis miring hingga memperoleh luas yang sama. Metode sudut digunakan untuk struktur simetris atau di atas atap. Jenis proteksi petir dan ketinggian sistem terminasi udara di atas permukaan menentukan sudut proteksi. Area perlindungan berbentuk kerucut atau tenda.



Gambar 2. 10 Metode Sudut Proteksi

Tabel 2. 17 Terminasi Udara Berdasarkan Tingkat

Tingkat Proteksi	H (m) R (m)	20	30	45	60	Lebar jala
		α^0	α^0	α^0	α^0	
I	20	25	-	-	-	5
II	30	35	25	-	-	10
III	45	45	35	35	-	15
IV	60	55	45	35	25	20