



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Pengertian Petir

Petir adalah sebuah cahaya yang terang benderang yang dihasilkan oleh tenaga listrik alam yang terjadi diantara awan – awan atau awan ke tanah. Sering kali terjadi bila cuaca mendung atau badai. Petir merupakan peristiwa alam yaitu proses pelepasan muatan listrik (electrical discharge) yang terjadi di atmosfer.

Adapun teori yang mendasari proses terjadinya petir, diantaranya adalah :

##### a. Proses Ionisasi

Sambaran petir merupakan peristiwa alam yaitu proses pelepasan muatan listrik (Electrical Discharge) yang terjadi di atmosfer, hal ini disebabkan berkumpulnya ion bebas bermuatan negatif dan positif di awan, ion listrik dihasilkan oleh gesekan antar awan dan juga kejadian ionisasi ini disebabkan oleh perubahan bentuk air mulai dari cair menjadi gas atau sebaliknya, bahkan padat (es) menjadi cair. Ion bebas menempati permukaan awan dan bergerak mengikuti angin yang berhembus, bila awan – awan terkumpul disuatu tempat maka awan bermuatan ion tersebut akan memiliki beda potensial yang cukup untuk menyambar permukaan bumi maka inilah yang disebut petir.

##### b. Gesekan Antar Awan

Pada awalnya awan bergerak mengikuti arah angin, selama proses Bergeraknya awan ini maka saling bergesekan satu dengan yang lainnya, dari proses ini terlahir elektron – elektron bebas yang memenuhi permukaan awan. Proses ini bisa di simulasikan secara sederhana pada sebuah penggaris plastik yang digosokkan pada rambut maka penggaris ini akan mampu menarik potongan kertas. Pada suatu saat awan ini akan terkumpul disebuah kawasan, saat inilah petir dimungkinkan terjadi karena elektron – elektron bebas ini saling menguatkan



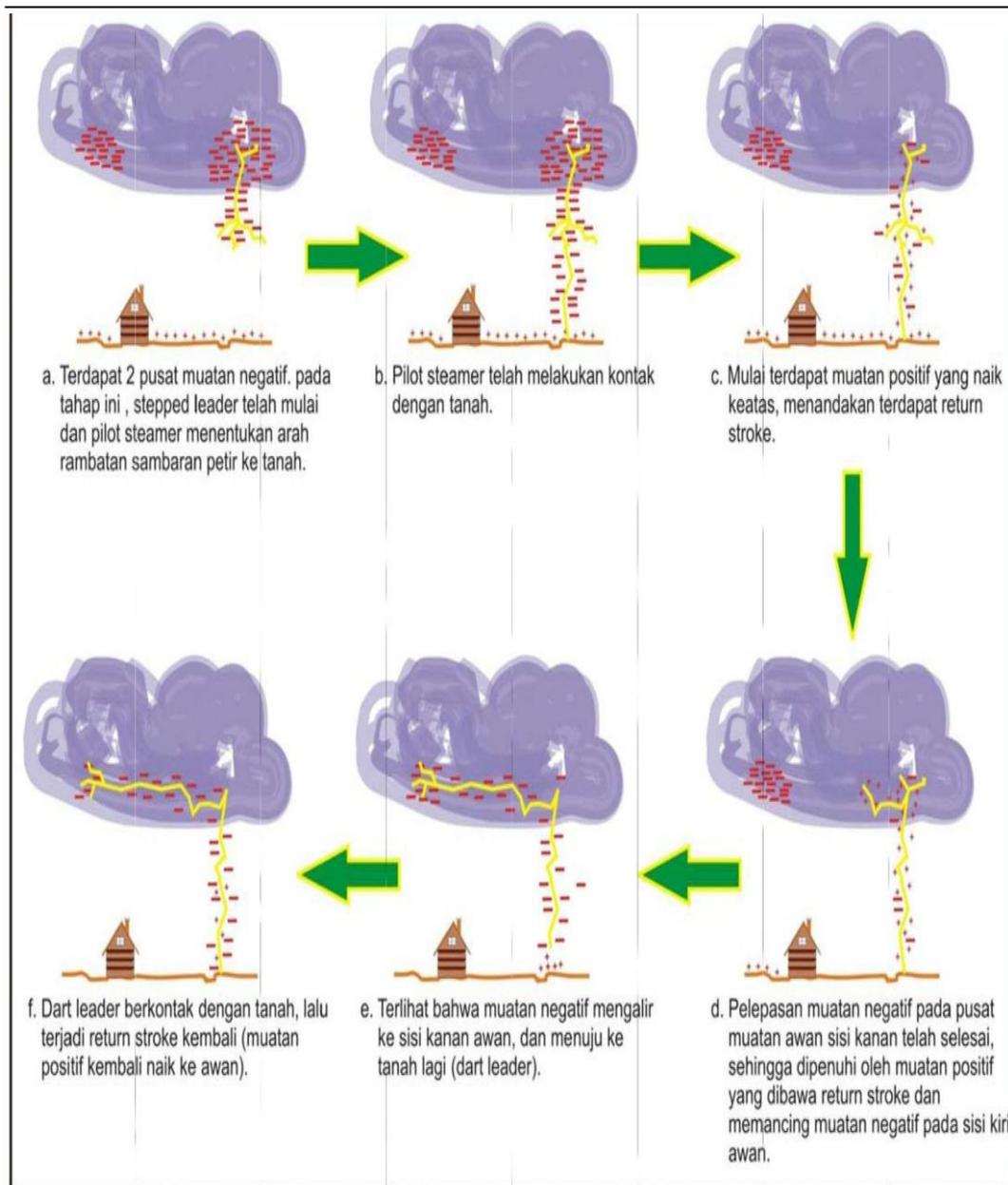
satu dengan lainnya. Sehingga memiliki cukup beda potensial untuk menyambar permukaan bumi.

### c. Mekanisme Terbentuknya Petir

Pelepasan petir yang diawali dengan *stepped downward leader* atau pelepasan perintis (Gambar 2.1a). Gerakan ke bawah ini bertahap sampai dekat ke tanah, sehingga muatan negatif yang dibawa oleh stepped leader tersebut memperbesar induksi muatan positif di permukaan tanah terutama pada benda-benda yang menonjol dari permukaan tanah, akibatnya gradien tegangan antara dasar awan dengan tanah semakin besar.

Jika gradien tegangan antara awan dan tanah cukup besar, maka akan terjadi pembuangan (pelepasan) muatan negatif elektron dari awan ke tanah dan dimulailah lintasan (steamer) pelepasan yang biasanya disebut lintasan pandu (*pilot steamer*) dari awan ke arah bumi (Gambar 2.1b). Apabila kedua akumulasi muatan ini saling tarik, maka muatan positif dalam jumlah yang besar akan bergerak ke atas menyambut gerakan stepped leader yang bergerak kebawah, akhirnya terjadi kontak pertemuan antara keduanya. Gerakan ke atas muatan positif tersebut membentuk suatu streamer yang bergerak ke atas (*upward moving streamer*), atau yang lebih populer disebut sebagai sambaran balik (*return stroke*) yang menyamakan perbedaan potensial (Gambar 2.1c dan 2.1d).

Apabila arus sambaran balik telah berhenti, dan ternyata dibagian lain dari awan masih tersedia cukup muatan untuk mengawali sambaran berikutnya, maka akan terjadi sambaran (pelepasan) perintis kedua. Sambaran ini mengalir secara langsung dari awan ke tanah melalui lintasan yang telah dibentuk oleh sambaran perintis pertama, tanpa mengalami percabangan. Sambaran perintis kedua ini disebut dengan pelopor panah (*dart leader*), yang diikuti oleh sambaran balik kedua (Gambar 2.1e). Sambaran pelopor tanah (*dart leader*) dan sambaran balik (*return stroke*) yang mengikutinya disebut dengan sambaran urutan (*multiple stroke*) (Gambar 2.1f).



Gambar 2.1 Mekanisme Terjadinya Petir

## 2.2 Kerusakan Akibat Sambaran Petir

Keadaan alam iklim tropis Indonesia pada umumnya termasuk daerah dengan hari petir yang tinggi setiap tahun. Karena keterbatasan data besarnya hari petir untuk setiap lokasi di Indonesia, pada saat ini diasumsikan bahwa lokasi-lokasi yang tinggi di atas gunung atau menara yang menonjol ditengah-tengah area yang bebas seperti sawah ladang mempunyai kemungkinan sambaran lebih tinggi dari



pada tempat-tempat di tengah-tengah kota yang dikelilingi bangunan-bangunan tinggi lainnya.

Tempat-tempat dengan tingkat sambaran tinggi frekuensi maupun intensitasnya mendapat prioritas pertama untuk penanggulangannya, sedangkan tempat-tempat yang relatif kurang bahaya petirnya mendapat prioritas ke dua dengan pemasangan protektor yang lebih sederhana. Lokasi yang mempunyai nilai bisnis tinggi industri kimia, pemancar TV, Telkom, gedung perkantoran dengan sistem perkantoran dan industri strategis seperti hankam, pelabuhan udara memerlukan proteksi yang dilakukan seoptimal mungkin, sedangkan lokasi dengan nilai bisnis rendah mungkin makin sederhana sistem protektor yang akan di pasang.

### **2.3 Taksiran Resiko (Risk Assesment)**

Suatu instalasi proteksi petir harus dapat melindungi semua bagian dari suatu bangunan, termasuk manusia dan peralatan yang ada di dalamnya terhadap bahaya dan kerusakan, akibat sambaran petir. Berikut ini akan dibahas cara penentuan kebutuhan besarnya kebutuhan bangunan akan proteksi petir menggunakan Peraturan Umum Instalasi Penyalur Petir (PUIPP) dan Standar Nasional Indonesia (SNI 03-7015-2004).

### **2.4 Besarnya Kebutuhan Proteksi Petir Pada Bangunan Menurut Peraturan Umum Instalasi Proteksi Petir (PUIPP)**

Besarnya kebutuhan suatu bangunan akan suatu proteksi eksternal ditentukan oleh besarnya kemungkinan kerugian serta bahaya yang ditimbulkan bila bangunan tersebut tersambar petir. Sehingga didapat perkiraan bahaya akibat sambaran petir (R) :

$$R = A + B + C + D + E \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

A = Indeks berdasarkan jenis bangunan



B = Indeks berdasarkan konstruksi bangunan

C = Indeks berdasarkan tinggi bangunan

D = Indeks berdasarkan situasi bangunan

E = Indeks berdasarkan hari guruh yang terjadi

Apabila menurut data – data yang dimasukkan ke dalam persamaan diatas, maka selanjutnya dapat diambil kesimpulan mengenai perlu atau tidaknya proteksi eksternal digunakan. Jika  $R > 13$ , maka bangunan tersebut dianjurkan menggunakan proteksi petir.

Semakin besar nilai R, maka semakin besar pula bahaya serta kerusakan yang ditimbulkan oleh sambaran petir, berarti semakin besar pula kebutuhan bangunan tersebut akan adanya suatu proteksi petir (eksternal).

Beberapa Indeks perkiraan bahaya petir di tunjukkan ke dalam tabel berikut ini :

Tabel 2.1 Indeks A : Bahaya Berdasarkan Jenis Bangunan

<b>Penggunaan dan Isi</b>	<b>Indeks A</b>
Bangunan biasa yang tak perlu diamankan baik bangunan maupun isinya	-10
Bangunan dan isinya jarang dipergunakan misalnya menara atau tiang dari metal	0
Bangunan yang berisi peralatan sehari-hari atau tempat tinggal misalnya rumah tinggal, industri kecil, stasiun kereta	1
Bangunan dan isinya cukup penting misalnya menara air, toko barang-barang berharga dan kantor	2



pemerintah	
Bangunan yang isinya banyak sekali orang misalnya sarana ibadah, sekolah dan atau monumen sejarah yang penting	3
Instalasi gas minyak atau bensin, dan rumah sakit	5
Bangunan yang mudah meledak dan menimbulkan bahaya yang tak terkendali bagi sekitarnya misalnya instalasi nuklir.	15

Sumber : Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. *Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir untuk Bangunan di Indonesia*. Hal 17.

Tabel 2.2 Indeks B : Bahaya Berdasarkan Konstruksi Bangunan

<b>Konstruksi Bangunan</b>	<b>Indeks B</b>
Seluruh bangunan terbuat dari logam dan mudah menyalurkan listrik	0
Bangunan dengan konstruksi beton bertulang atau rangka besi dengan atap logam	1
Bangunan dengan konstruksi beton bertulang, kerangka besi dan atap bukan logam	2
Bangunan kayu dengan atap bukan logam	3

Sumber : Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. *Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir untuk Bangunan di Indonesia*. Hal 18.



Tabel 2.3 Indeks C : Bahaya Berdasarkan Tinggi Bangunan

Tinggi Bangunan Berdasarkan.....(m)	Indeks C
6	0
12	2
17	3
25	4
35	5
50	6
70	7
100	8
140	9
200	10

Sumber: Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. *Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir untuk Bangunan di Indonesia* hal.19

Tabel 2.4 Indeks D : Bahaya Berdasarkan Situasi Bangunan

Situasi Bangunan	Indeks D
Pada tanah datar di semua ketinggian	0
Di kaki bukit sampai tiga per empat tinggi bukit atau pegunungan sampai 1000 meter	1
Dipuncak gunung atau pegunungan yang lebih dari 1000 meter	2

Sumber : Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. *Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir untuk Bangunan di Indonesia*. Hal 19.

Tabel 2.5 Indeks E : Bahaya Berdasarkan Hari Guruh

Hari Guruh Per Tahun	Indeks E
2	0
4	1



8	2
16	3
32	4
64	5
128	6
256	7

Sumber : Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. *Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir untuk Bangunan di Indonesia*. Hal 19.

Tabel 2.6 Perkiraan Bahaya Sambaran Petir Berdasarkan PUIPP

<b>R = A + B + C + D + E</b>	<b>Perkiraan Bahaya</b>	<b>Pengamanan</b>
Di bawah 11	Diabaikan	Tidak Perlu
Sama dengan 11	Kecil	Tidak Perlu
12	Sedang	Dianjurkan
13	Agak Besar	Dianjurkan
14	Besar	Sangat Dianjurkan
Lebih dari 14	Sangat Besar	Sangat Perlu

### 2.5 Besarnya Kebutuhan Proteksi Petir Pada Bangunan Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI 03-7015-2004)

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI 03-7015-2014), pemilihan tingkat proteksi langsung setempat (Nd) yang diperkirakan ke struktur yang diproteksi dan frekuensi sambaran petir tahunan setempat (Nc) yang diperbolehkan. Kerapatan kilat petir ke tanah atau kerapatan sambaran petir ke tanah rata – rata tahunan di daerah tempat suatu struktur berada dinyatakan sebagai berikut :

$$Ng = 4 \times Td^{1,26} \text{ Km}^2/\text{tahun}.....(2.2)$$



Dimana :

$N_g$  = Kerapatan sambaran petir ke tanah rata – rata tahunan ( $\text{km}^2/\text{tahun}$ )

$T_d$  = Jumlah hari guruh rata – rata pertahun di daerah tempat struktur yang akan diproteksi.

$$N_d = N_g \cdot A_e / \text{tahun} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana :

$N_d$  = Frekuensi sambaran petir langsung setempat ( $N_d/\text{tahun}$ )

$N_g$  = Kerapatan sambaran petir ke tanah rata – rata tahunan ( $\text{km}^2/\text{tahun}$ )

$A_e$  = Area cakupan ekuivalen ( $\text{Km}^2$ )

Dimana  $A_e$  adalah daerah area cakupan dari struktur ( $\text{m}^2$ ) yaitu daerah permukaan tanah yang dianggap sebagai struktur yang mempunyai frekuensi sambaran langsung tahunan.

Adapun area cakupan ekuivalen ( $A_e$ ) tersebut dapat dihitung berdasarkan persamaan dibawah ini :

$$A_e = ab + 6h(a+b) + 9\pi(h)^2 \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana :

$A_e$  = Area cakupan ekuivalen ( $\text{Km}^2$ )

$a$  = Panjang Atap Gedung (m)

$b$  = Lebar Atap Gedung (m)

$h$  = Tinggi Atap Gedung (m)

Pengambilan keputusan perlu atau tidaknya memasang proteksi petir pada bangunan berdasarkan perhitungan  $N_d$  dan  $N_c$  dilakukan sebagai berikut :

- a. Jika  $N_d \leq$  tidak perlu proteksi eksternal.



b. Jika  $N_d > N_c$  diperlukan proteksi eksternal dengan efisiensi :

$$E = 1 - N_c/N_d \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

E = Efisiensi (%)

$N_c$  = Frekuensi sambaran petir tahunan setempat (%)

$N_d$  = Frekuensi sambaran petir langsung setempat ( $N_d$ /tahun)

Maka setelah itu dihitung nilai E (efisiensi sistem proteksi) sesuai dengan persamaan diatas, kemudian dapat ditentukan tingkat proteksinya sesuai dengan tingkat proteksi tabel.

Tabel 2.7 Tingkat Proteksi dan Efisiensi Petir

Tingkat Proteksi Petir	Efisiensi Sistem Proteksi (%)
I	0,98
II	0,95
III	0,90
IV	0,80

Keterangan :

$E < 0$  % tidak diperlukan sistem proteksi petir

$0\% < E \leq 80$  % berada pada tingkat proteksi IV

$80\% < E \leq 90$  % berada pada tingkat proteksi III

$90\% < E \leq 95$  % berada pada tingkat proteksi II

$95 < E \leq 98$  % berada pada tingkat proteksi I

$E > 98$  % berada pada tingkat proteksi I dengan penambahan alat proteksi



Apabila sudah diketahui tingkatan proteksi yang dibutuhkan oleh suatu gedung, selanjutnya perlu diketahui radius proteksi, arus puncak, luas daerah proteksi serta jumlah penangkal petir yang dibutuhkan untuk gedung tersebut. Untuk mengetahui jumlah atau nilai dari besaran – besarnya dapat dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$R_p = \tan \alpha \cdot h \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

$$R_p = \text{Radius Proteksi (m)}$$

$$h = \text{Tinggi Gedung (m)}$$

Maka luas daerah proteksi ( $A_p$ ) pada gedung dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$A_p = \pi \cdot R_p^2 \dots\dots\dots(2.7)$$

Dan untuk mengetahui jumlah penangkal petir yang dibutuhkan untuk gedung digunakan persamaan berikut:

$$n = L_a / A_p \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana :

$$n = \text{Jumlah Penangkal Petir}$$

$$L_a = \text{Luas Area (m}^2\text{)}$$

$$A_p = \text{Luas Daerah Proteksi (m}^2\text{)}$$



## 2.6 Jenis – jenis Proteksi Petir

### 2.6.1 Penangkal Petir Konvensional

Berdasarkan teknologinya, penangkal petir konvensional dibedakan menjadi 2 (dua) yaitu :

1. Tipe Sangkar Faraday
2. Tipe Franklin

#### 1. Penangkal Petir Tipe Sangkar Faraday

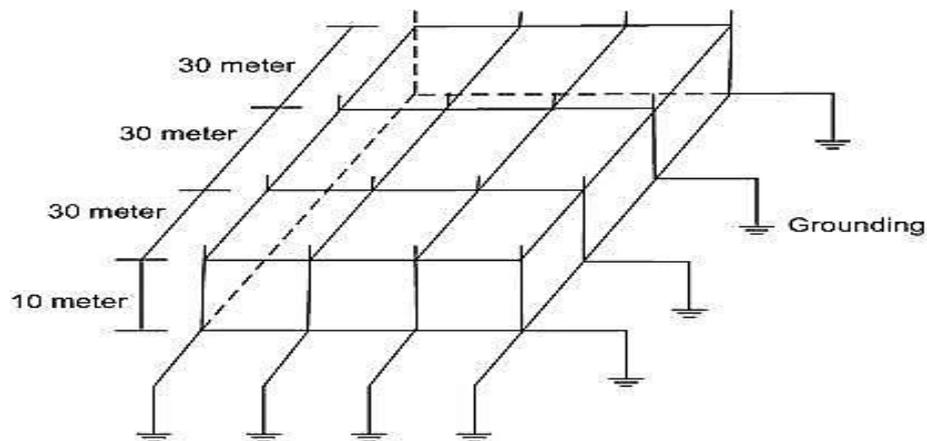
Penangkal petir sistem Faraday ini adalah dengan cara membuat kurungan Faraday atau sangkar Faraday adalah dengan menyusun dan mendirikan tiang – tiang yang tingginya di sesuaikan dengan bangunan yang akan dilindungi dari sambaran petir, diaman satu dan lainnya dihubungkan dengan kawat – kawat tembaga dan masing – masing kawat tembaga tersebut dihubungkan ke arde yang membentuk kurungan atau sangkar yang mempunyai mata jala dengan jarak tidak lebih dari 30 meter antara titik potongannya. Sistem penangkal petir jenis Faraday ini lebih mahal dibandingkan sistem penangkal petir jenis Franklin.

Metode sistem penangkal jenis Faraday ini mempunyai banyak terminal udara atau finial yang memiliki tinggi sekitar 1-2 meter dan terpasang kearah menjulang ke atas langit dan digabungkan dengan kawat tembaga menjadi satu kesatuan saling berhubungan pada jalur diatas sampai ke bawah sehingga membentuk sangkar berjala – jala yang tidak melebihi 30 meter dan pada tiap – tiap pertemuannya terdapat terminal udara (finial) seperti pada Gambar 2.2.

Adapun prinsip dari Sangkar Faraday adalah dimana konduktor-konduktor horizontal yang dipasang di bagian teratas lalu terhubung melalui konduktor saluran ke tanah dan terhubung ke elektroda pentanahan dari bangunan seolah-olah membentuk sangkar pelindung yang melindungi bangunan tersebut terhadap induksi atau masuknya muatan dari luar yang membahayakan bangunan tersebut.

Untuk memperbaiki sistem Sangkar Faraday ini perlu ditambahkan beberapa batang penangkal petir yang pendek (finial) pada bagian-bagian dari atap bangunan yang diperkirakan mudah tersambar kilat, finial ini dihubungkan secara listrik dengan konduktor horizontal yang terdekat ( tujuan dari pemasangan finial ini adalah untuk memperlancar mengalirnya arus muatan dari bumi ke awan dan sebaliknya dari awan ke bumi ).

Adapun keuntungan memakai sistem Sangkar Faraday ini yaitu memiliki jangkauan yang lebih luas dari sistem Franklin. Selain itu, sistem ini memiliki kekurangan yaitu biayanya yang sedikit mahal dan hanya dapat dipakai pada bangunan yang mempunyai atap luas saja.



Gambar 2.2 Penangkal Petir Sangkar Faraday

## 2. Penangkal Petir Tipe Franklin

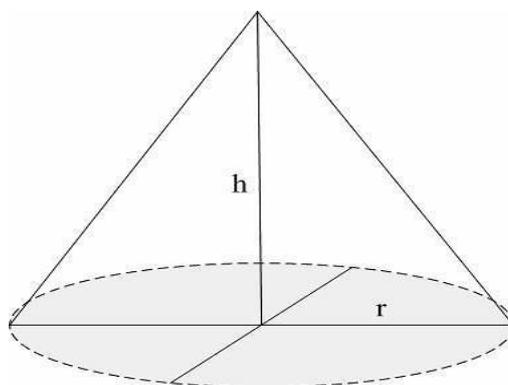
Pengamanan bangunan terhadap sambaran kilat dengan menggunakan sistem penangkal petir Franklin merupakan cara yang tertua namun masih sering digunakan karena hasilnya dianggap cukup memuaskan, terutama untuk bangunan-bangunan dengan bentuk tertentu, seperti misalnya : menara, gereja dan bangunan-bangunan lain yang beratap runcing.

Telah banyak buku-buku atau paper-paper yang membahas mekanisme kilat, biasanya bila pada awan terjadi aktivitas pembentukan atau pengumpulan muatan, maka pada permukaan bumi ( merupakan bayangan dari awan )

terinduksi muatan dengan polaritas yang berlawanan itu, timbulah medan listrik yang amat kuat diantara awan dan bumi. Medan listrik yang amat kuat itu menyebabkan obyek-obyek di permukaan bumi yang letaknya relatif tinggi seperti misalnya puncak pohon, ujung atap bangunan dan sebagainya serentak melepaskan muatan yang berasal dari bumi berupa ion-ion positif. Ion-ion ini membentuk saluran seperti pita udara yang bergerak ke arah pita yang dibentuk oleh ion-ion yang berasal dari muatan negatif dari awan. Bila kedua ujung pita ini bertemu di suatu titik udara, maka terjadilah sambaran balik.

Berdasarkan dari teori diatas, Franklin menempatkan sebuah batang penangkal petir dengan ujungnya dibuat runcing di bagian teratas dari bagian yang akan dilindungi. Ujung batang penangkal petir ini dibuat runcing dengan tujuan agar pada keadaan dimana terjadi aktivitas penumpukan muatan di awan, maka diujung itulah akan terinduksi muatan dengan rapat muatan yang relatif lebih besar bila dibandingkan dengan rapat muatan dari muatan-muatan yang terdapat pada bagian-bagian lain dari bangunan, dengan demikian dapat diharapkan bahwa kilat akan menyambar ujung dari batang penangkal petir itu terlebih dahulu.

Batang penangkal petir ini kemudian di ketanahkan melalui penghantar turun ke elektroda pengetanahan. Tujuan dari penghantar turun dan elektroda pengetanahan adalah sebagai jalan “ by pass “ bagi muatan bumi dan juga arus kilat untuk keluar atau memasuki bumi sehingga muatan bumi atau arus kilat tidak mengambil jalan melalui bagian-bagian lain dari bangunan yang bersangkutan.



Keterangan :

$h$  = Tinggi Bangunan

$r$  = Jari – jari lingkaran yang terlindung

Gambar 2.3 Penangkal Petir Franklin

### 2.6.1.1 Macam –macam Air Terminal Proteksi Petir Konvensional

Dalam sistem proteksi petir konvensional di Indonesia Air Terminal juga disebut sebagai splitzen dan untuk orang awam di Indonesia mengenalnya sebagai tombak penangkal petir ( walaupun seharusnya penangkap petir bukan penangkal petir). Splitzen atau tombak ini di pasang vertikal diatas atap bangunan dengan posisi ujung tombak yang runcing menghadap ke atas.

Ada 2 bentuk Tombak atau Splitzen yang pada umumnya dipasang dalam sistem proteksi petir konvensional di bangunan rumah atau gedung, yang pertama berbentuk tombak lurus (yang banyak digunakan saat ini pada bangunan gedung dan rumah), yang kedua berbentuk trisula (dipercaya beberapa orang memiliki radius penangkapan sambaran petir lebih luas dari yang berbentuk lurus.

#### 1. Splitzen Tombak Lurus

Splitzen dengan ujung runcing mirip tombak dengan ukuran bervariasi disesuaikan dengan kebutuhan dengan area yang akan diproteksi.

Ukuran :

- Untuk pipa/tiang dengan sock  $\frac{3}{4}$  inc panjang 30 cm, 25 cm dan 60 cm.
- Untuk pipa/tiang dengan sock 1 inc panjang 30 cm, 25 cm dan 60 cm.



Gambar 2.4 Splitzen Tombak Lurus

## 2. Splitzen Trisula

Splitzen Trisula mempunyai bentuk yang cukup unik yaitu dengan 3 kepala konduktor yang berfungsi untuk menerima sambaran petir dengan radius tertentu.

Ukuran :

- Untuk pipa/tiang dengan sock  $\frac{3}{4}$  inc.
- Untuk pipa/tiang dengan sock 1 inc.



Gambar 2.5 Splitzen Trisula

### 2.6.2 Persyaratan Teknis Instalasi Penangkal Petir

1. Pada perencanaan dan pemasangan instalasi penangkal petir, tanpa mengabaikan faktor atau keserasian arsitektur, perhatian utama adalah diperoleh nilai perlindungan terhadap sambaran petir yang efektif.
2. Suatu instalasi penangkal petir akan dapat berfungsi sebagaimana mestinya serta dapat diandalkan jika direncanakan dan dikerjakan dengan baik dan memenuhi persyaratan yang berlaku.
3. Pengaman suatu bangunan atau objek terhadap sambaran petir pada hakikatnya adalah penyediaan suatu sistem yang direncanakan dan dilaksanakan dengan baik, sehingga jika terjadi sambaran petir maka sarana inilah yang akan menyalurkan arus petir ke dalam tanah dengan aman tanpa menimbulkan bahaya bagi manusia atau benda berbahaya yang berada di dalam atau disekitar bangunan.
4. Hasil sumber perencanaan diperiksa dan direkomendasikan oleh Depnaker (Departemen Tenaga Kerja).



5. Secara berkala diadakan pemeriksaan dan pemeliharaan, untuk setiap perluasan dan penambahan.

### **2.6.3 Syarat Pemasangan Proteksi Petir**

#### **a. Batang Persyaratan Pemasangan Penangkal Petir Konvensional**

Batang persyaratan pemasangan penangkal petir konvensional adalah batang tembaga yang ujungnya runcing. Batang persyaratan pemasangan penangkal petir konvensional ini dibuat runcing karena muatan listrik mempunyai sifat mudah berkumpul dan lepas pada ujung logam yang runcing, sehingga dapat memperlancar proses tarik menarik dengan muatan listrik yang ada di awan. Batang runcing persyaratan pemasangan penangkal petir konvensional ini dipasang pada bagian puncak suatu bangunan/gedung.

#### **b. Batang Persyaratan Pemasangan Penangkal Petir Radius**

Batang persyaratan pemasangan penangkal petir radius adalah sebuah terminal unit persyaratan pemasangan penangkal petir yang bisa menyebarkan elektrostatis. Persyaratan pemasangan penangkal petir radius proteksi ini sangat tergantung pada posisi penempatannya dari atas bangunan, semakin tinggi letak posisi terminal persyaratan pemasangan penangkal petir radius maka akan menghasilkan jarak perlindungan yang semakin besar. Selain itu intensitas petir (curah petir tahunan) disebuah wilayah juga dapat mempengaruhi radius proteksi terminal unit persyaratan pemasangan penangkal petir radius tersebut. Bila sebuah wilayah memiliki intensitas sambaran petir yang sangat tinggi misalnya di daerah pegunungan atau daerah berbukit maka standar kinerja persyaratan pemasangan penangkal petir radius atau proteksi terminal unit persyaratan pemasangan penangkal petir harus di nilai 85% dari kinerja optimal, karena perlu waktu singkat (jeda pendek) untuk mengisi ulang kapasitor.

#### **c. Kabel Konduktor / Kabel BC**

Kabel konduktor / kabel bc persyaratan pemasangan penangkal petir terbuat dari jalinan kawat tembaga. Diameter jalinan kabel konduktor sekitar 1 cm hingga



2 cm (Gambar 2.4). Kabel konduktor / kabel bc persyaratan pemasangan penangkal petir berfungsi meneruskan aliran muatan listrik dari batang persyaratan pemasangan penangkal petir bermuatan listrik ke tanah atau bumi. Kabel konduktor / kabel bc persyaratan pemasangan penangkal petir tersebut dipasang pada dinding di bagian luar bangunan sebagai alat proteksi persyaratan pemasangan penangkal petir.



Gambar 2.6 Kabel Konduktor / Kabel BC

#### **d. Cara Kerja Persyaratan Pemasangan Penangkal Petir**

Pada saat muatan listrik negatif dibagian bawah wansudah tercukupi, maka muatan listrik positif di tanah (bumi) akan segera tertarik keatas. Muatan listrik itu kemudian segera merambat naik melalui kabel konduktor persyaratan pemasangan penangkal petir, menuju ke ujung batang persyaratan pemasangan penangkal petir konvensional atau batang persyaratan pemasangan penangkal petir radius. Pada saat muatan listrik negatif berada cukup dekat diatas atap, daya tarik menarik antara kedua muatan semakin kuat, muatan positif di ujung – ujung persyaratan pemasangan penangkal petir tertarik ke arah muatan negatif. Pertemuan kedua muatan menghasilkan aliran listrik. Aliran listrik itu akan mengalir ke dalam tanah melalu kabel konduktor/ kabel persyaratan pemasangan penangkal petir / kabel bc persyaratan pemasangan penangkal petir, sehingga sambaran petir tidak mengenai bangunan / gedung. Tetapi sambaran petir dapat merambat ke dalam bangunan melalui kawat jaringan listrik dan bahayanya dapat merusak alat – alat elektronik di bangunan yang terhubung ke jaringan listrik tersebut, selain itu juga dapat menyebabkan kebakaran atau ledakan. Untuk mencegah kerusakan akibat jaringan listrik tersambar petir, biasanya di dalam bangunan dipasang alat persyaratan pemasangan penangkal petir internal yang



disebut penstabil arus listrik (surge arrestor) persyaratan pemasangan penangkal petir.

## 2.7 Sistem Proteksi Eksternal

Proteksi eksternal adalah instalasi dan alat – alat diluar suatu struktur untuk menangkap dan menghantarkan arus surya petir ke sistem pembumian. Proteksi eksternal petir berfungsi sebagai proteksi terhadap tegangan lebih petir jika terjadi sambaran langsung ke sistem atau bangunan yang dilindungi. Adapun hal –hal yang harus diperhatikan di dalam merencanakan sistem proteksi petir eksternal yaitu :

- a. Macam, fungsi, dan bagian dari bangunan; ukuran denah bangunan, bentuk dan kemiringan atap.
- b. Terminasi udara ( air termal ) dimana jumlahnya haruslah cukup untuk memberikan daerah proteksi yang diinginkan.
- c. Konduktor penyalur ( down conductor ) haruslah mampu menyalurkan arus petir yang diterima dari terminasi udara menuju bumi.
- d. Pembumian ( Grounding ) dimana resistansi pembumian  $< 1 \text{ Ohm}$ .

### 2.7.1 Terminasi Udara ( Air Termination)

Terminasi udara adalah bagian sistem proteksi petir eksternal yang dikhususkan untuk menangkap sambaran petir, berupa elektroda logam yang dipasangkan tegak maupun mendatar. Mempunyai bentuk dengan ujung yang runcing, sehingga memungkinkan muatan listrik berkumpul dan lepas pada ujung yang runcing tersebut dan juga dapat mempermudah proses tarik menarik dengan muatan listrik yang ada di awan. Penangkap petir ditempatkan sedemikian rupa sehingga mampu menangkap semua petir yang menyambar tanpa mengenai bagian bangunan atau daerah yang dilindungi ( zona proteksi ).



### 2.7.2 Konduktor Penyalur Arus Petir ( Down Conductor)

Konduktor penyalur arus petir ( down conductor ) berfungsi sebagai penyalur arus petir yang mengenai terminasi udara dan diteruskan ke pembumian/grounding. Pemilihan jumlah dan posisi konduktor penyalur sebagainya memperhitungkan kenyataan bahwa, jika arus petir dibagi kedalam beberapa konduktor penyalur, resiko loncatan ke samping dan gangguan elektromagnetik dalam bangunan akan berkurang.

### 2.7.3 Pembumian ( Grounding )

Sistem pembumian (*grounding system*) adalah suatu perangkat instalasi yang berfungsi untuk melepaskan arus petir ke dalam bumi, salah satu kegunaannya untuk melepas muatan arus petir. Tingkat kehandalan sebuah *grounding* ada di nilai konduktivitas logam terhadap tanah yang ditancapinya. Semakin konduktif tanah terhadap benda logam, maka semakin baik. Kelayakan *grounding* harus bisa mendapatkan nilai tahanan sebaran maksimal 5 ohm (PUIL 2000 : 68) dengan menggunakan *earth ground tester*. Namun begitu, untuk daerah yang resistansi jenis tanahnya sangat tinggi, resistansi pembumian total seluruh sistem boleh mencapai 10 ohm (PUIL 2000 : 68).

Pada umumnya elektroda pentanahan yang digunakan gedung ada dua macam elektroda yaitu elektroda batang (Driven Rod) dan elektroda plat (Plate Electrode).

#### 1. Elektroda Batang ( Driven Rod)

Elektroda batang menurut PUIL 2000 pasal 3.18.2.2 ialah elektroda yang dibuat dari pipa atau besi baja profil yang ditanamkan tegak lurus (vertikal) ke dalam tanah dengan kedalaman antara 1 sampai 10 meter.

Dasar perhitungan tahanan pentanahan dengan anggapan bahwa distribusi arus atau muatan *uniform* sepanjang batang elektroda. Hubungan tahanan dan kapasitansi dapat dijelaskan dengan suatu analogi. Analogi ini merupakan dasar perhitungan karena aliran masuk ke dalam tanah dari elektroda

pentanahan mempunyai kesamaan dengan emisi fluks listrik dari konfigurasi yang sama dari konduktor yang mempunyai yang mempunyai muatan yang terisolir.



Gambar 2.7 Elektroda Batang

Untuk menghitung tahanan pentanahan elektroda batang ( $R_{btI}$ ) digunakan persamaan berikut :

$$R_{btI} = \frac{\rho}{4 \cdot \pi \cdot L} \left\{ \ln \left( \frac{4 \cdot L}{d} \right) - 1 \right\} \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana :

$R_{btI}$  = Tahanan Pentanahan Elektroda Batang ( $\Omega$ )

$\rho$  = Tahanan Jenis Tanah ( $\Omega$ )

$L$  = Panjang Elektroda Batang yang Tertanam (m)

$d$  = Diameter Elektroda Batang (m)

$\ln$  = Logaritmus (dasar  $e = 2,7182818$ )

## 2. Elektroda Plat ( Plate Elektroda)

Elektroda pelat menurut PUIL 2000 pasal 3.18.2.3 ialah elektroda yang dibuat dari pelat logam utuh, pelat logam berlubang. Cara penanaman biasanya secara vertikal, sebab dengan menanam secara horizontal hasilnya tidak berbeda jauh dengan vertikal. Penanaman secara vertikal adalah lebih praktis dan ekonomis.



Gambar 2.8 Elektroda Plat

Untuk menghitung tahanan pentanahan plat ( $R_p$ ) dapat menggunakan persamaan berikut :

$$R_p = \rho / (4,1 L) (1+1,84 b / t) \dots \dots \dots (2.10)$$

Dimana :

$R_p$  = Tahanan Pentanahan Elektroda Plat (Ohm)

$\rho$  = Tahanan Jenis Tanah (Ohm-meter)

$L$  = Panjang Elektroda Plat (meter)

$b$  = Lebar Plat (meter)

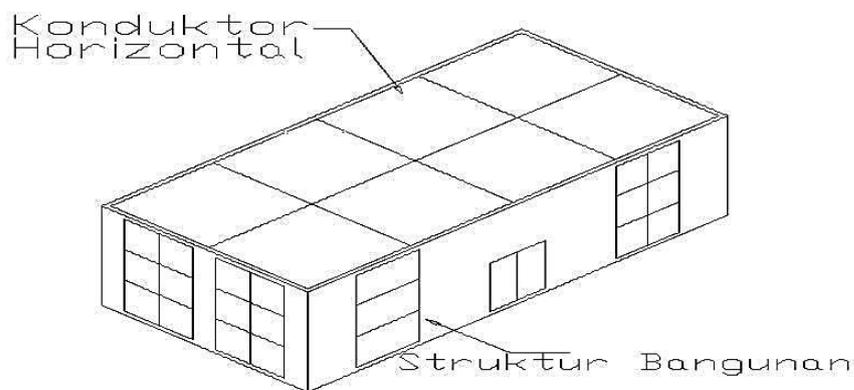
$T$  = Kedalaman Plat Tertanam dari Permukaan Tanah (meter)

## 2.8 Metode Perencanaan Proteksi Eksternal

Untuk menentukan penempatan terminasi udara dan untuk mengetahui daerah proteksi, tulisan ini menggunakan metode yang terdapat di dalam SNI 03-7015-2004.

### 2.8.1 Metode Jala (*Mesh Sized Method*)

Metode jala dikenal juga dengan metode sangkar Faraday. Sistem yang dikembangkan Faraday bahwa kabel penghantar berada pada sisi luar bangunan dengan pertimbangan bahwa kabel penghantar juga berfungsi sebagai material penerima sambaran petir, yaitu sangkar elektris. Pada metode ini finial batang tegak, konduktor atap, saling dihubungkan sehingga membentuk poligon tertutup (jala), dengan ukuran yang sesuai pada proteksi eksternal. Metode ini digunakan untuk keperluan permukaan yang datar karena bisa dilindungi seluruh permukaan bangunan seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.5.



Gambar 2.9 Daerah Proteksi dengan Metode Jala

Untuk keperluan perlindungan permukaan yang datar, SPP (Sistem Proteksi Petir) jala diyakini melindungi seluruh permukaan jika dapat memenuhi kondisi berikut:

- a. Konduktor terminasi udara ditempatkan pada :
  - Garis pinggir sudut atap.
  - Serambi atap.
  - Garis bubungan atap jika kemiringan lebih dari 1/10
- b. Permukaan samping pada bangunan/gedung yang tingginya lebih dari radius bola gulir yang relevan dengan tingkat proteksi yang dipilih harus sesuai dan dilengkapi dengan sistem terminasi udara.
- c. Dimensi jala pada jaringan terminasi udara tidak lebih dari nilai yang telah ditentukan.



- d. Jaringan system terminasi udara disempurnakan sedemikian rupa hingga arus petir akan selalu mengalir melalui dua lintasan logam berbeda, tidak boleh ada instalasi logam menonjol keluar dari volume yang dilindungi oleh system terminasi udara.
- e. Konduktor terminasi udara harus mengikuti lintasan terpendek yang dimungkinkan.

Dilihat dari metode di atas, maka di dalam perencanaan terminasi udara pada bangunan, metode di atas dapat dikombinasikan untuk membentuk zona proteksi dan meyakinkan bahwa bangunan tersebut terproteksi seluruhnya.

Standar SNI ini tidak memberikan kriteria untuk pemilihan system terminasi udara karena dianggap batang, kawat rentang, dan konduktor jala adalah sama.

Tabel 2.8 Penempatan terminasi udara berdasarkan tingkat proteksi

Tingkat Proteksi	H (m)	20	30	45	60	Lebar Jala
	R (m)	$\alpha^{\circ}$	$\alpha^{\circ}$	$\alpha^{\circ}$	$\alpha^{\circ}$	
I	20	25	-	-	-	5
II	30	35	25	-	-	10
III	45	45	35	25	-	15
IV	60	55	45	35	25	20

Sumber : SNI 03-7015-2004 *Sistem Proteksi Petir pada Bangunan*. Hal 21

## 2.9 Hari Guruh

Hari guruh adalah banyaknya hari dimana terdengar guntur paling sedikit satu kali dalam jarak kira-kira 15 km dari stasiun pengamatan. Hari guruh biasa disebut juga hari badai guntur (thunderstormdays), Isokeraunik Level adalah jumlah hari guruh dalam satu tahun di suatu wilayah yaitu garis pada peta yang menghubungkan daerah-daerah dengan rata-rata jumlah hari guruh yang sama. Di Indonesia yang berada di wilayah khatulistiwa mempunyai kondisi iklim tropis yang lembab dan wilayah perairan yang sangat luas sehingga banyak sekali terjadi



pembentukan awan bermuatan sangat tinggi. Hal ini memungkinkan terjadinya banyak sambaran petir setiap tahunnya, khususnya di daerah-daerah tertentu. Parameter dan karakteristik gelombang surja petir terdiri atas besar arus dan tegangan sambaran petir, kecepatan pembangkitan serta bentuk gelombang petir tersebut.