

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Baron Technopark merupakan salah satu tempat *research* dan pengembangan mengenai teknologi energi terbarukan dan juga tempat ini difungsikan sebagai tempat sarana media edukasi mengenai IPTEK Energi Terbarukan. Baron Technopark dipimpin oleh Sub Koordinator Pengelolaan Technopark Energi yaitu Bapak Saiful Mukhid, SP.



Gambar 2. 1 Gedung Utama BRIN Baron Technopark

Gedung Utama BRIN Baron Technopark Yogyakarta merupakan bangunan yang difungsikan sebagai bangunan utama untuk semua kegiatan perkantoran, sebagai pusat kontrol untuk pembangkit energi terbarukan yang ada, tempat penyimpanan *battery bank* dengan kapasitas 288 KVAh, serta terbatat juga *Fuel Cell* dengan kapasitas 5 Kw.

Gedung Utama BRIN Baron Technopark Yogyakarta menggunakan sistem proteksi salur sambar petir yang konvensional yaitu ketika ada sambaran petir langdung ataupun tidak langsung maka sistem penyalur sambar petir akan langsung menghantarkan ke pembumian, nambun berdasarkan pada penelitian yang dilakukan oleh Dwito Agus Cahyono, Muh. Ridho, Tri Budi S, dan Abrar Bayu pada saat Prkatek Kerja Nyata didapatkan bahwa sistem proteksi penyalur sambar petir yang ada masih belum dapat memproteksi bangunan dari sambaran petir,

sehingga perlu adanya perancangan ulang dan optimasi dari sistem penyalur sambar petir yang ada.

2.2 Proses Terjadinya Petir

Ada berbagai teori-teori yang membahas terjadinya proses awal terbentuknya fenomena petir. Teori yang pada umumnya didengar ialah petir yang merupakan sebuah fenomena alam yang terbentuk akibat adanya proses interaksi di awan, dimana partikel-partikel yang ada di awan menjadi bermuatan dan ada proses pemisahan antara partikel bermuatan listrik yang ada di awan. Pada awan petir terdapat dua ion muatan yang berbeda yaitu memiliki muatan positif yang terdapat dibagian atas awan dan memiliki muatan negatif dibagian bawah awan, namun tidak semua konsentrasi muatan positif berada pada bagian atas awan dan ada juga partikel awan yang memiliki muatan positif yang terdapat dibagian bawah awan. Akibat adanya interaksi antara partikel bermuatan positif dan partikel bermuatan negatif yang ada di area sekitar awan inilah yang menimbulkan proses pelepasan muatan ke permukaan bumi yang dikatakan sebagai fenomena petir.



Gambar 2. 2 Proses Terbentuknya Petir

Sebuah konsep serupa yang dijelaskan oleh Lee R. Kump tentang proses pembentukan petir adalah bahwa fenomena petir dapat terjadi ketika awan yang bergerak ke atas dan melewati tingkat pembekuan partikel air. Di dalam awan, pembentukan kristal es yang massanya lebih kecil berinteraksi dengan kristal es yang massanya lebih besar atau berat sehingga terbentuk kristal es yang massanya lebih besar. Daerah permukaan tanah bumi yang terletak di bawah awan bermuatan positif karena partikel bermuatan negatif di bagian bawah awan [10]. Objek bermuatan positif yang menonjol di permukaan, seperti gedung, pohon, dan tiang, juga bermuatan positif [10].

2.3 Efek Sambaran Petir

Bahaya yang timbul akibat dari sambaran petir dapat dilihat dari sambaran yang terjadi ke permukaan baik efek sambaran langsung ataupun efek sambaran tidak langsung .

1.3.1 Sambaran Petir Langsung

Sambaran petir dari awan yang mengarah langsung ke objek fisik yang berada di permukaan bumi sehingga dapat menyebabkan kerusakan pada objek fisik tersebut seperti bangunan, pohon, manusia.

1.3.2 Sambaran Petir Tidak Langsung

Sambaran petir mengarah ke sekitar objek fisik yang berada di permukaan bumi. Sambaran petir tidak langsung disebut sebagai sambaran yang bersifat prantara atau disebut sambaran loncat, dimana sambaran tidak langsung memberikan kerusakan ke objek dipermukaan melainkan akibat medan elektrostatis yang tercipta dari sambaran petir. Adanya proses sambaran petir yang terjadi secara tidak langsung dapat menyebabkan timbulnya kerusakan pada komponen elektronik yang berada di dalam bangunan karena sambaran petir yang terjadi di sekitar struktur dari bangunan tersebut dan berpotensi menimbulkan induksi terhadap komponen-komponen elektronik yang merambat melalui celah dari struktur jaringan bangunan seperti, kabel telepon, kabel listrik, kabel data, pipa metal, dan benda lain dipermukaan bumi yang bisa disebut sebagai gelombang bergerak yang dapat menyebabkan memuncaknya tegangan bumi dan akan mengakibatkan rusaknya komponen elektronik yang berada di dalam bangunan[11].

2.4 Kebutuhan Akan Sistem Proteksi Petir

Menentukan jumlah proteksi petir yang dibutuhkan pada sebuah bangunan terhadap kerusakakn akibat sabaran petir dapat menggunakan Standar Peraturan Umum Instalusi Penyalur Petir (PUIPP) sebagai acuan untuk menentukan indeks-indeks yang dibutuhkan untuk perkiraan bahaya sambaran petir (R) yang dapat ditentukan yaitu:

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

Ket :

R = Perkiraan sambaran petir

A = Bahaya menurut penggunaan dan isi gedung

B = Bahaya menurut konstruksi gedung

C = Bahaya menurut tinggi gedung

D = Bahaya menurut situasi gedung

E = Bahaya menurut hari guruh

Tabel 2. 1 Indeks A : Bahaya Berdasarkan Penggunaan dan Isi Bangunan

Kegunaan dan Isi	Indeks A
Bangunan yang tidak perlu diproteksi baik bangunannya ataupun isinya	-10
Bangunan dan isinya jarang dipergunakan seperti gudang, menara, tiang dsb	0
Bangunan dan isinya yang dipergunakan untuk kegiatan sehari – hari seperti rumah tinggal, industri kecil	1
Bangunan dan isinya yang kegunaannya cukup penting misalnya gedung pemerintah, toko barang berharga	2
Bangunan yang berisi banyak orang, misalnya bioskop, tempat ibadah, sekolah, hotel, dan monumen bersejarah yang penting	3
Bangunan yang sangat dibutuhkan dan berbahaya jika terbakar misalnya instalasi gas, gardu induk, rumah sakit, POM bensin, dsb	5
Bangunan yang mudah meledak dan dapat menyebabkan bahaya yang tidak terkontrol bagi lingkungan sekitarnya misalnya instalasi nuklir.	15

Tabel 2. 2 Indeks B : Bahaya Berdasarkan Konstruksi Bangunan

Kontruksi Bangunan	Indeks B
Konstruksi bangunan menggunakan bahan logam yang mudah menyalurkan listrik	0
Konstruksi bangunan dengan beton bertulang atau kerangka besi dengan atap logam	1
Konstruksi bangunan dengan beton bertulang atau kerangka besi dan atap bukan logam	2
Konstruksi bangunan kayu dan atap bukan logam	3

Tabel 2. 3 Indeks C : Bahaya Berdasarkan Ketinggian Bangunan

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

Tabel 2. 4 Indeks D : Bahaya Berdasarkan Situasi Bangunan

Situasi Bangunan	Indeks D
Berada di tanah lapang atau datar pada semua ketinggian	0
Berada di perbukitan atau di pegunungan dengan ketinggian sampai 1000 m	1
Berada di puncak pegunungan dengan ketinggian lebih dari 1000 m	2

Tabel 2. 5 Indeks E : Bahaya Berdasarkan Jumlah Hari Guruh

Jumlah Hari Guruh per Tahun	Indeks E
2	0
4	1
8	2
16	3
32	4
64	5
128	6
256	7

Tingkat bahaya dapat dihitung dengan menilai keadaan bangunan yang akan dipasang sistem perlindungan petir. Tingkat bahaya dapat dihitung dengan penjumlahan dari indeks-indeks di atas, sehingga dapat diketahui tingkat bahaya dan perlindungan yang diperlukan bangunan.

Tabel 2. 6 Indeks R : Perkiraan Bahaya Sambaran Petir Berdasarkan PUIPP

R	Perkiraan Bahaya	Kebutuhan Proteksi
Dibawah 11	Diabaikan	Tidak dibutuhkan
Sama dengan 11	Kecil	Tidak dibutuhkan
12	Sedang	Dibutuhkan
13	Agak Besar	Dibutuhkan
14	Besar	Sangat dibutuhkan
Lebih dari 14	Sangat besar	Diharuskan

Merujuk : Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan Peraturan Umum
Instalasi Penyalur Petir (PUIPP).

2.5 Sistem Penyalur Sambar Petir

Sistem perlindungan sambar petir merupakan suatu sistem pengamanan eksternal pada bangunan yang digunakan untuk menangkap, menyalurkan sambaran dan menetralkan arus muatan petir dengan menyalurkannya langsung ke bumi. Pada sistem proteksi eksternal sambaran petir ada 3 komponen penting dalam sistem proteksi ini yaitu penerima/batang penangkal petir (*air terminal/rod*), Penghantar penurunan (*down conductor*), dan *grounding system*[12].

2.5.1 Batang Penangkal Petir (*Air Terminal*)

Batang penangkal petir atau air terminal merupakan komponen yang berfungsi untuk menangkap sambaran petir. Air terminal ini haruslah ditempatkan di bagian tertinggi dari suatu bangunan yang di proteksi agar lebih efektif untuk menangkap petir.



Gambar 2. 3 *Air terminal*

Gambar 2. 3 Air terminal memiliki informasi bahwa pemasangan air terminal pada sistem penangkal petir bergantung pada kondisi atap bangunan yang akan dilindungi. Untuk bangunan yang memiliki atap runcing atau selisih tinggi lebih dari 1 meter antara bumbung dan lipsang, pemasangan air terminal dipengaruhi oleh kondisi atap. Dengan kondisi tersebut maka penggunaan sistem proteksi petir berupa *Franklin Rod* dengan pemasangan satu atau lebih finial/batang konduktor penangkap secara tegak pada bangunan yang di proteksi. Sedangkan apabila bangunan yang memiliki atap datar atau selisih tinggi bumbungan atap bangunan dengan lipsang memiliki selisih tidak lebih dari 1 meter, maka dapat menggunakan sistem proteksi petir Faraday.

a) Elektrostatis *Flash Vectron*

Penyalur petir *Flash Vectron* berfungsi sebagai komponen penangkap dan penyalur sambar petir elektrostatis yang bekerja dengan sistem ESE (emisi awal streamer). Mereka menangkap sambaran petir dan mengirimkannya langsung ke pembumian tanpa menghasilkan efek radioaktif. Penyalur *Flash vectron* memiliki jangkauan proteksi yang sangat luas dengan jangkauan proteksi minimal 50 meter dan jangkauan maksimal proteksinya hingga 150 meter.



Gambar 2. 4 Penyalur Flash Vectron

Adapun bagian utama dari penyalur petir elektrostatik Flash Vectron FV6 ialah *main rod*, elektroda, *ion generator*, dan *wing disseminator* :

- a) Batang penangkap utama, dengan bahan konduktor logam, berfungsi untuk menangkap sambaran petir langsung.
- b) Elektroda berfungsi sebagai bilah picu dan mengumpulkan energi awan dari lingkungan sekitar bangunan yang dilindungi. Energi ini akan digunakan untuk menghidupkan penghantar emisi awal alur. Bilah pemicu ini bekerja dengan dua sistem yang saling berkesinambungan yaitu pertama, menangkap dan kemudian menghimpun energi awan melalui sistem induksi dan sensor dan kedua karbon inti digunakan untuk mengumpulkan energi awan dari induksi awan.
- c) Ion Generator adalah alat yang memiliki kapasitor, ion pembangkit, dan sensor petir. Ion Generator mengunci penyalur flash Vectron.
- d) *Wing Disseminator* merupakan konduktor yang berfungsi untuk menembakkan ion ke udara[7].

2.5.2 Penghantar Penurunan (*Down Conductor*)

Penghantar penurunan, juga dikenal sebagai penghantar penurunan, adalah komponen kabel atau kawat konduktor yang berfungsi sebagai mentransmisikan muatan listrik dari sambaran petir yang telah ditangkap oleh sistem terminasi udara atau air dan kemudian menetralkan muatan tersebut dengan meneruskannya ke pembumian atau sistem *grounding*.

Luas penampang sistem penyalur petir dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut [7]:

$$A_0 = I_0 \times \sqrt{\frac{(8,5 \times 10^{-6}) \times S}{\log_{10}(\frac{T}{274} + 1)}} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dengan :

A_0 = Luas penampang kawat penghantar

I_0 = Arus puncak petir

S = Lama waktu sambaran petir

T = Suhu Konduktor yang dapat di tahan

2.5.3 Pentanahan/Grounding system

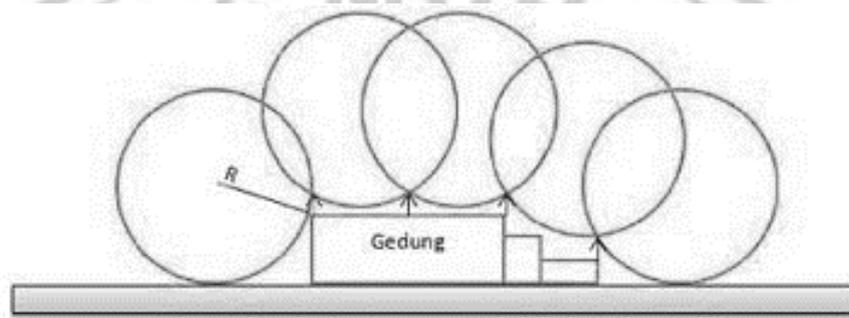
Sistem *grounding*, juga dikenal sebagai sistem pentanahan, berdasarkan PUIL nilai tahanan pada sistem *grounding* harus memiliki nilai pentanahan atau resistansi pembumian kurang dari 5 ohm, dan nilai grounding yang lebih baik sebanding dengan nilai grounding yang lebih rendah. Beberapa faktor, termasuk kadar air pada tanah, jumlah mineral yang ada di dalam tanah, dan jenis tanah, dapat memengaruhi tingkat pentanahan. Dalam penentuan jenis bahan dan luas penampang yang digunakan pada sistem terminasi udara, Penghantar penurunan (*Down Conductor*), dan sistem pembumian berdasarkan SNI 03-7015-2004 sebagai berikut :

Tabel 2. 7 Jenis Bahan dan Luas Penampang Sistem Penangkal Petir

Tingkat Proteksi	Bahan	Terminasi Udara (mm²)	Kawat Konduktor (mm²)	penta(mm²)
I sampai IV	Cu	35	16	50
	Al	70	25	-
	Fe	50	50	80

2.6 Metode Bola Bergulir (*Rolling Sphere Method*)

Metode bola bergulir (*Rolling Sphere Method*) merupakan metode yang dikembangkan dari metode terdahulu dan dianggap optimal dan efisien. Metode bola bergulir digunakan untuk menentukan penempatan terminasi udara dan mengetahui daerah proteksi sistem penangkal petir. Biasanya metode bola bergulir digunakan pada bangunan yang memiliki struktur yang rumit. Metode ini diilustrasikan sebagai sebuah bola dengan radius (R) yang bergulir ke berbagai arah hingga bertemu dengan tanah atau permukaan yang dapat berkerja sebagai penghantar.



Gambar 2. 5 Metode Bola Bergulir (*Rolling Sphere Method*)

Titik sentuh bola bergulir pada struktur merupakan area yang rentan terhadap sambaran petir, sehingga pada area tersebut harus dilindungi oleh terminasi udara [13].

Tabel 2. 8 Penempatan terminasi udara dengan metode bola bergulir

Tingkat Proteksi	Radius bola bergulir (R)
I	20 m
II	30 m
III	45 m
IV	60 m

Ada beberapa parameter yang digunakan pada metode bola bergulir yaitu:

a) Arus puncak petir (I)

Besarnya nilai radius guliran bola (R) yang berkaitan dengan besar nilai arus puncak petir (I). Berdasarkan IEC 62305-1-2010, nilai kekuatan arus puncak petir dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$R = 10 \cdot I^{0,65}$$

$$I = \sqrt[0.65]{\frac{R}{10}} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dengan :

I = Arus puncak petir (kA)

R = Radius (m)

b) Jarak sambaran petir (S)

Jarak sambaran petir ialah besarnya jarak air terminal untuk menangkap sambaran petir yang mengarah ke bangunan yang diproteksi. Dengan menggunakan persamaan *White Head* nilai jarak sambaran petir dapat dicari dan diperhitungkan dengan rumus berikut :

$$S = 8 \cdot I^{0.65} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dengan :

S = jarak sambaran petir (m)

c) Radius perlindungan (Rp)

Radius perlindungan (Rp) dari rangkaian suatu sistem yang dirancang pada sistem air terminal untuk bangunan diproteksi dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$R_p = H_t \sqrt{\pm \left[\frac{D}{H_t} \right] - 1} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dengan :

Rp = Radius perlindungan (m)

Ht = Tinggi air terminal dari puncak bangunan (m)

D = Nilai radius bola bergulir (R) berdasarkan tingkat proteksi

Dengan diketahuinya nilai parameter-parameter yang ada, maka dapat dihitung luas daerah perlindungan dari sistem penangkal petir (SPP) dengan persamaan berikut :

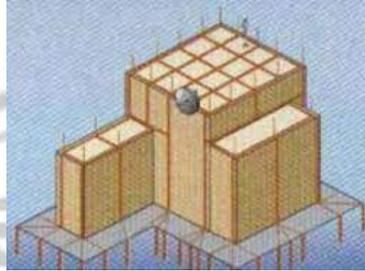
$$A_x = \pi \cdot R_p^2 \dots\dots\dots (2.6)$$

Dengan :

Ax = Luas daerah proteksi SPP

2.7 Metode Jala (*Mesh Size Method*)

Metode Jala atau *Mesh Size Method* merupakan salah satu metode penyalur sambaran petir dengan menggunakan sistem jala yang pada semua struktur bangunan, dimana batang penangkap satu dan lainnya terhubung dengan kawat penghantar sehingga membentuk seperti kurungan.



Gambar 2. 6 Metode Jala (*Mesh Size Method*)

Metode jala dapat dimanfaatkan sebagai pelindung sebuah permukaan bangunan dari sambaran petir, dimana daerah terlindungi ialah seluruh area permukaan bangunan yang berada di dalam struktur jala-jala [14]. Jarak antara jala-jala yang digunakan pada sistem penyalur sambaran petir yang sesuai dengan tingkat proteksi dapat dilihat pada tabel 2.9 berikut.

Tabel 2. 9 Ukuran jala berdasarkan tingkat proteksi

Tingkat Proteksi	Lebar Jala
I	5 m
II	10 m
III	30 m
IV	20 m

2.8 Tingkat Proteksi Suatu Bangunan

Menurut SNI 03-7015-2004, ada beberapa standar yang dapat digunakan untuk menentukan tingkat proteksi petir suatu bangunan terhadap kerusakan akibat sabaran petir, yaitu:

- a) Penentuan tingkat proteksi petir
- b) Desain sistem terminasi udara
- c) Sistem penghantar penurunan/down conductor
- d) Sistem pembumiannya.

Tingkat proteksi petir pada sistem proteksi petir suatu bangunan dapat dihitung dengan menghitung nilai kerapatan sambar. Banyaknya hari sambaran petir rata-rata per tahun di wilayah tersebut memengaruhi kerapatan sambaran petir ke permukaan tanah, yang dapat digambarkan sebagai berikut:

$$Ng = 4.10^{-2}.Td^{1,25} \dots\dots\dots (2.7)$$

Untuk mengetahui luas daerah perlindungan efektif gedung (Ae), persamaan berikut dapat digunakan:

$$Ae = ab + 6h(a + b) + 9\pi h^2 \dots\dots\dots (2.8)$$

Nilai kepadatan sambaran ke bumi per tahun (Ng) dan luas daerah perlindungan efektif gedung (Ae) dapat dikalikan untuk menentukan frekuensi sambaran petir langsung rata-rata per tahun (Nd)..

$$Nd = Ng.Ae.10^{-6} \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan:

- a = Panjang atap gedung (m)
- b = Lebar atap gedung (m)
- h = Tinggi atap gedung (m)
- Td = Hari guruh pertahun
- Ng = Kerapatan sambaran petir ke tanah (sambaran/Km²/tahun)
- Ae = Luas daerah perlindungan efektif pada gedung (Km²)

Nilai Nd dan Nc dihitung untuk menentukan apakah suatu bangunan perlu memasang sistem perlindungan sambaran petir. Nilai frekuensi sambaran petir yang diizinkan (Nc) pada lokasi bangunan adalah 10⁻¹ per tahun, jadi aturan berikut dapat digunakan untuk menentukan apakah suatu bangunan perlu memasang sistem perlindungan sambaran petir:

- a) Apabila $Nd \leq Nc$ maka bangunan tidak perlu dipasang proteksi sambar petir.
- b) Apabila $Nd \geq Nc$ maka bangunan perlu dipasang sistem proteksi sambar petir dengan nilai efisiensi (E) pada sistem proteksi dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :[6]

$$E \geq 1 - \frac{Nc}{Nd} \dots\dots\dots (2.10)$$

Sehingga dari persamaan 2.9 dapat ditentukan tingkat proteksi sambar petir yang dibutuhkan suatu bangunan sesuai tabel berikut.

Tabel 2. 10 Tingkat Proteksi Berdasarkan Nilai Efisiensi Sistem Proteksi Petir

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

Dari parameter proteksi yang telah didapatkan bisa digunakan sebagai acuan yang sesuai dengan standar untuk mengetahui titik penempatan sistem terminasi udara, sudut lindung SPP, dan juga lebar jala untuk penempatan penangkap petir atau finial yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. 11 Penempatan terminasi udara sesuai dengan tingkat proteksi SPP

Tingkat Proteksi	h (m)	20	30	45	60	Lebar Jala (m)
	R (m)	α°	α°	α°	α°	
I	20	25	-	-	-	5
II	30	35	25	-	-	10
III	45	45	35	25		15
IV	60	55	45	35	25	20

2.9 Sistem Penumbumian (Grounding System)

Grounding system merupakan sistem pengamanan yang berupa kawat penghantar sebagai penyalur dari sistem terminasi udara ataupun dari sistem instalasi listrik yang berfungsi untuk membuang arus berlebih baik itu arus berlebih yang berasal dari sistem kelistrikan bangunan ataupun arus berlebih akibat sambaran petir. Secara umum tujuan dari pemasangan sistem pentanahan yaitu :

- Berfungsi untuk melindungi manusia dalam suatu bangunan dari sengatan listrik atau tegangan kejut listrik.
- Mengamankan peralatan elektronik dan sistem instalasi listrik dari kerusakan akibat dari bahaya sengatan listrik ataupun arus dan tegangan berlebih.
- Berfungsi menyalurkan sambaran petir langsung ke tanah.[5]

Berdasarkan persyaratan umum instalasi listrik (PUIL 2011) besar nilai tahanan pentanahan suatu bangunan pada sistem instalasi listrik yang diperbolehkan ialah sebesar 5 Ω , dimana semakin kecil nilai tahnannya maka semakin baik pula sistem pentanahannya. Nilai tahanan sistem pentanahan tahanan dipengaruhi oleh jenis tanah, kawat penghantar, dan kedalaman penanaman elektroda pembedaan.

2.9.1 Tahanan Jenis Tanah

Nilai tahanan pentanahan setiap tipe tanah berbeda karena struktur tanah, komposisi partikel, lapisan, dan kelembaban dan suhu tanah. Tabel 2.12 berikut menunjukkan nilai tahanan umum berdasarkan jenis tanah yang sesuai pada PUIL 2011.

Tabel 2. 12 Tahanan berdasarkan jenis tanah

Jenis tanah	Tahan Jenis Tanah
Tanah Rawa	30 Ω .m
Tanah Liat dan Tanah Ladang	100 Ω .m
Pasir Basah	200 Ω .m
Kerikil Basah	500 Ω .m
Pasir dan Kerikil Kering	1000 Ω .m
Tanah Berbatu	3000 Ω .m

2.9.2 Elektroda Batang

Elektroda batang merupakan komponen penghantar pada sistem proteksi petir yang memiliki fungsi sebagai penghantar atau melepaskan arus sambaran petir dari sistem penangkap petir ke dalam bumi. Elektroda pentanahan batang banyak terbuat dari baja profil atau bahan logam lainnya yang mampu menghantarkan arus sambaran. Pemasangannya cukup mudah karena batangnya ditanam tegak ke dalam tanah [15]. Untuk mendapatkan nilai pentanahan sesuai dengan yang diinginkan biasanya elektroda batang yang ditanam lebih dari satu atau beberapa batang dan kedalaman tergantung penanamannya tergantung dari nilai yang diinginkan, dimana semakin dalam dan semakin mendekati air tanah penanaman batang elektroda maka semakin kecil pula nilai pentanahan yang akan dihasilkan.



Gambar 2. 7 Elektroda Batang Grounding

Ukuran dan bahan dari elektroda pembumian yang digunakan yang sesuai dengan dengan standar PUIL dapat dilihat pada tabel di bawah ini

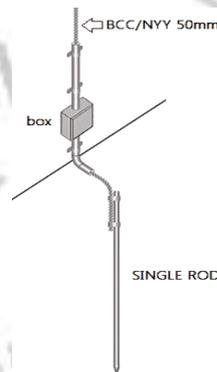
Tabel 2. 13 Ukuran dan Bahan dari Elektroda Pembumian Sandar PUIL

No	Jenis Elektroda	Baja Digalvanisasi dengan Proses Pemanasan	Baja Berlapis Tembaga	Tembaga
1	Elektroda Pita	Pipa baja 100 mm ² dengan tebal minimal 3mm	50 mm ²	Pita tembaga 50 mm ² dengan tebal minimal 22 mm
		Penghantarpilin 95 mm ² (bukan kawat halus)		Penghantar pilin 35 mm ² (bukan kawat halus)
2	Elektroda Batang	<ul style="list-style-type: none"> • Pipa baja 25 mm • Baja profil (mm) L 65 x 65 x 7 U 6,5 T 6 x 50 x 3 • Batang profil lain yang setaraf 	Baja berdiameter 15 mm dilapisi dengan tembaga setebal 250µm	
3	Elektroda Pelat	Pelat besi setebal 3 mm, luas 0,5-1 m ²		Pelat tembaga tebal 2 mm, luas 0,5 – 1 m ²

Berbagai metode penggunaan elektroda pembumian yang dapat digunakan agar mendapatkan nilai pentanahan yang sesuai dengan standar yaitu dapat menggunakan sistem *single rod grounding*, *parallel rod grounding*, dan *multi rod grounding*

2.9.3 Single Rod Grounding

Single rod grounding atau sistem pentanahan yang hanya menggunakan satu batang elektroda/rod untuk pelepasan muatan listrik ke dalam tanah.



Gambar 2. 8 *Single Rod Grounding*

Nilai tahanan pentanahan pada sistem yang menggunakan elektroda tunggal dapat dirumuskan sebagai berikut : [13]

$$R_{bt} = \frac{\rho}{4\pi L} \ln \left(\frac{4(L.L)}{d.h} \right) - 1 \dots\dots\dots (2.11)$$

Dengan :

R_{bt} = Nilai tahanan pembumian elektroda ()

ρ = Tahanan jenis tanah (ohm meter)

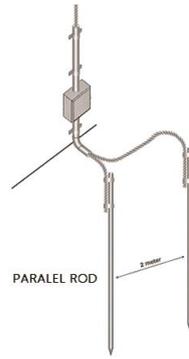
l = Panjang batang elektroda (m)

d = Diameter batang elektroda (m)

h = Kedalaman elektroda ditanam (m)

2.9.4 Parallel Rod Grounding

Parallel Rod Grounding digunakan apabila sistem atau sistem pentanahan single rod masih mendapatkan nilai pentanahan yang buruk atau memiliki nilai pentanahan $> 5 \Omega$. *Parallel Rod Grounding* atau sistem pentanahan yang menggunakan 2 batang elektroda atau lebih yang ditanam dan saling terhubung untuk pelepasan muatan listrik ke dalam tanah, dan bisa juga mengelilingi bangunan yang di proteksi sehingga menyerupai cicin atau cakar ayam.



Gambar 2. 9 *Parallel Rod Grounding*

Nilai tahanan pentanahan pada sistem *Parallel Rod Grounding* atau menggunakan beberapa batang elektroda dapat dirumuskan sebagai berikut:[16]

$$R_{xparallel} = \frac{\frac{\rho}{2\pi L}[\ln(\frac{4L}{a})-1]}{n} \times F \dots\dots\dots (2.12)$$

Dengan :

- $R_{xparallel}$ = Nilai tahanan pembumian elektroda ()
- ρ = Tahanan jenis tanah (ohm meter)
- L = Kedalaman elektroda ditanam (m)
- a = Jari jari batang elektroda (m)
- n = Jumlah banyaknya elektroda ditanam (m)
- F = Faktor Perkalian

Untuk faktor perkalian (F) berdasarkan *Intitute of Electrical and Electronics Engineers IEEE std 142-2007, (IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems)* dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

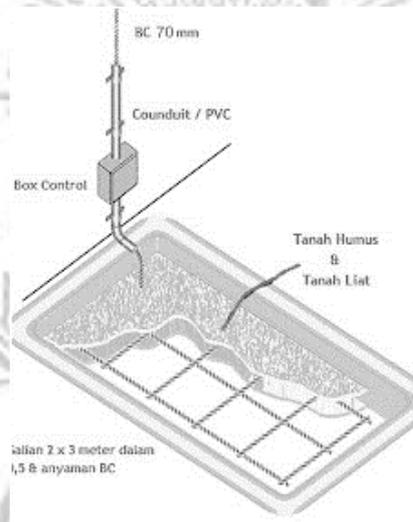
Tabel 2. 14 Faktor Perkalian (F) Standar IEEE

Jumlah Elektroda Batang	F
2	1,16
3	1,29
4	1,36
8	1,68
12	1,80
16	1,92
20	2,00
24	2,16

2.9.5 Mutli Grounding

Multi grounding system merupakan metode alternatif yang digunakan ketika metode single dan parallel grounding masih belum bisa menghasilkan sistem pembumian dengan nilai tahanan yang baik. Buruknya nilai pentanahan yang didapat dengan metode sistem yang sebelumnya dapat dikarenakan berberapa hal seperti jenis tanah yang sulit untuk menghantarkan listrik salah satu cirinya ialah tanah kering, berkapur, pasir. Berikut cara pengaplikasian metode pada *Multi grounding system* :

1. Pada titik penanaman rod dibor terlebih dahulu selebar ± 2 inci atau lebih.
2. Selanjutnya bak yang telah dibuat diisi dengan tanah humus hingga penuh lalu diisi air.
3. Setelah itu barulah batang elektroda/rod dimasukkan.
4. Parit yang menghubungkan antar batang elektroda/rod yang telah terhubung satu dengan yang lain dengan kawat koduktor dapat ditimbun dengan tanah humus.[5]



Gambar 2. 1 *Multi Grounding System*

Dengan metode-metode sistem pentanahan yang ada diharapkan nilai pentanahan yang didapat sesuai dengan standar yaitu memiliki nilai pentanahan kurang dari 5Ω .