

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Literatur

Penelitian Hakim,dkk (2013), menjelaskan Masjid Raya Mujahidin memiliki struktur bangunan yang tinggi, dimana 4 buah tower masing-masing memiliki tinggi ± 62 meter dan kubah yang berada di tengah tinggi ± 40 meter. Mengingat hari guruh di wilayah kota Pontianak yang sangat tinggi yaitu 219 hari/tahun, maka masjid raya sangat rentan akan sambaran petir. Oleh karena itu untuk menghindari dampak dari sambaran petir, masjid raya Mujahidin sangat perlu dipasang proteksi petir eksternal. Metode yang digunakan dalam menentukan proteksi petir adalah metode Bola Bergulir (*Rolling Sphere Method*). Setelah melakukan simulasi dengan metode bola bergulir maka jumlah finial yang digunakan sebanyak 5 buah dengan tinggi 2 meter dan penampang konduktor penyalur yang digunakan adalah kabel BC 50 mm². Sistem pembumian yang digunakan adalah *Single Rod Grounding* dengan panjang batang pembumian 6 meter dengan resistansi 0,6 – 1,2 Ohm.

Penelitian Hosea,dkk (2010), menjelaskan tentang Penentuan terminasi udara menggunakan tiga metode yaitu metode jala, sudut proteksi dan bola bergulir pada gedung W Universitas Kristen Petra yang membutuhkan tambahan sistem proteksi petir berdasarkan analisis dengan metode bola bergulir. Hasil dari kesimpulan bila bahwa radius bola bergulir yang digunakan pada gedung W UK. Petra Surabaya sebesar 45 meter maka arus petir yang $\geq 160,06$ kA akan ditangkap oleh sistem proteksi petir. Bangunan gedung W Universitas Kristen Petra Surabaya masih membutuhkan tambahan penangkap petir sesuai dengan analisis menggunakan metode bola bergulir sehingga arus yang akan ditangkap oleh sistem proteksi petir adalah yang $\geq 3,39$ kA.

Penelitian Kurniasari,dkk (2015), menjelaskan bahwa gedung OP Mall yang terletak pada daerah Jakabaring merupakan gedung yang memiliki ketinggian yaitu 30 meter. Gedung ini memiliki indeks perkiraan akan bahaya petir (R) sangat besar yaitu 16 sehingga sangat perlu untuk memiliki sistem proteksi petir. Efisiensi sistem proteksi petirnya adalah 87,4 %. Dengan

perhitungan berdasarkan penempatan terminasi udara yaitu dengan menggunakan metode Bola Bergulir, dari perhitungan didapat luas area proteksi (A_p) sebesar $6358,5 \text{ m}^2$ (34,355 %) dari luas area 18512 m^2 , dan radius proteksi (R_p) 45 meter, sehingga dibutuhkan penyalur petir sebanyak 3 buah.

Penelitian Rahmadan (2016), menjelaskan bahwa gedung Fakultas Ushuluddin UIN Suska Riau memiliki atap yang berbentuk rumit yaitu berbentuk vertikal, horizontal dan kerucut. Pengujian ini dilakukan untuk menentukan penempatan terminasi udara pada gedung Fakultas Ushuluddin UIN Suska Riau. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan menggunakan metode Bola Bergulir (*Rolling Sphere Method*). Hasil dari perhitungan berdasarkan penempatan terminasi udara dengan menggunakan metode Bola Bergulir (*Rolling Sphere Method*) didapat setelah dilakukan perancangan dengan menambahkan panjang terminasi udara sebesar 2 meter dan merubah tempat penempatannya, sehingga mampu melindungi 135,445% dari luas daerah bangunan. Pada sistem pembumian dilakukan penanaman batang elektroda sepanjang 55 m, sehingga didapatlah nilai tahanan pentanahan sebesar 4,58 Ohm, yang mana nilai tersebut sudah memenuhi standar sistem pembumian dibawah 5 Ohm.

Berdasarkan penelitian-penelitian diatas, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian tentang sistem proteksi petir eksternal pada bangunan *Islamic Center* UIN Suska Riau juga menggunakan Metode Bola Bergulir (*Rolling Sphere Method*). Bentuk bangunan yang seolah meruncing ke atas membuat bangunan ini membutuhkan satu penangkal petir di puncak bangunan. Penangkal petir pada bangunan *Islamic Center* UIN Suska Riau yang terpasang saat ini adalah penangkal petir konvensional berupa batang tembaga tegak dengan jumlah hanya satu buah, sehingga penangkal petir konvensional ini belum optimal. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan merancang sistem terminal udara (penangkal petir) dengan Metode Bola Bergulir (*Rolling Sphere Method*).

Keunggulan penelitian ini yang membuat penelitian ini berbeda dengan penelitian sebelumnya adalah perancangan dilakukan terhadap bentuk bangunan yang rumit dan struktur bangunan yang sangat tinggi dengan atap berupa kubah berbahan logam sebagai puncak bangunan yang membuat bangunan ini sangat

rawan terhadap sambaran petir. Pada penelitian ini perancangan dilakukan dengan menggunakan aplikasi Autocad 2007, dimana dengan menggunakan Autocad kita bisa menentukan penempatan terminasi udara sesuai dengan alur mengelindingnya bola diatas struktur bangunan/gedung dan menghasilkan luas daerah perlindungannya dari sambaran petir sehingga nilai yang dihasilkan ari perancangan lebih akurat.

2.2 Petir

Petir adalah peristiwa alam yang sering terjadi di bumi, terjadinya seringkali mengikuti peristiwa seperti hujan, peristiwa ini dimulai dengan munculnya awan hitam atau gelap dan menimbulkan lidah api listrik yang bercahaya terang yang terus memanjang kearah bumi dan kemudian diikuti suara yang menggelegar yang efeknya akan fatal bila mengenai makhluk hidup.



Gambar 2.1 Kilatan atau petir yang menyambar ke permukaan bumi
(Sumber : DEHN+SOHNE,2007)

Petir sebenarnya merupakan loncatan muatan elektrostatis, banyak terjadi pada daerah panas dan lembab sebagai akibat adanya angin ke atas yang menghasilkan awan konveksi (*awan cumulonibus*) sehingga membentuk awan bermuatan listrik. Bila muatan awan melebihi dari *critical* potensialnya maka akan terbentuk saluran sebagai akibat *discharge* muatan yang dapat terjadi dari awan ke awan dan awan ketanah yang disebut “*Stepped Leader*”. Jika *Leader* mendekati bumi, kenaikan medan listrik yang cepat menyebabkan loncatan muatan (*upward streamer*), dengan demikian saluran ionisasi antara awan dan bumi telah lengkap terbentuk dan akan memudahkan terjadinya sambaran ulang yang biasa disebut *Return Stroke*.

2.3 Mekanisme Terjadinya Petir

Jika pada suatu daerah terdapat udara yang lembab, terjadinya pergerakan keatas dan terdapatnya inti *higroskopis* maka akan terbentuk awan bermuatan. Sumber kelembaban dapat berasal dari konsentrasi air yang banyak dan luas seperti laut, dan sumber setempat seperti danau dan sungai disekitar terbentuknya awan. Sedangkan gerakan udara keatas, umumnya terjadi karena naiknya udara akibat pemanasan permukaan bumi oleh sinar matahari menyebabkan terjadinya kondensasi. Disamping itu dapat terjadi juga gerakan keatas karena angin melalui bukit dan gunung atau kontur permukaan tanah sehingga terjadi kondensasi secara *orografis*, atau pertemuan dua massa udara panas dan dingin menyebabkan naiknya udara sehingga terjadi kondensasi. Adanya partikel *Aerosol* dan kelembaban menyebabkan terbentuknya awan petir.

2.4 Macam – Macam Petir

Faktor – faktor yang mempengaruhi pembentukan dan pengumpulan muatan di awan begitu banyak dan tak pasti serta di tambah dengan kondisi labilitas dalam atmosfer, sehingga proses terjadinya sambaran petir bisa juga berbeda-beda, misalkan muatan yang terjadi tidak terpisah secara horizontal sehingga menimbulkan pelepasan di antara awan itu sendiri atau proses pemisahan muatannya terjadi secara sebaliknya sehingga menyebabkan arah pelepasan atau petirnya juga terbalik (Hutagaol,2010).

Secara garis besar jenis-jenis petir dapat dikategorikan dalam beberapa macam, yaitu:

2.4.1 Berdasarkan polaritas muatan, yakni :

1. Muatan positif
2. Muatan negatif

2.4.2 Berdasarkan arah sambaran, yakni :

1. Arah ke bawah (bumi atau objek), disebut *downward lightning*
2. Arah ke atas (awan), disebut *upward lightning*

2.4.3 Berdasarkan jenis sambaran, yakni :

1. Sambaran dalam awan (*indra cloud lightning*)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Sambaran antar awan (*inter cloud lightning*)
3. Sambaran awan ke bumi (*cloud to ground lightning*)

2.5 Efek Sambaran Petir

Sambaran petir akan menimbulkan kerusakan. Efek dari sambaran petir dapat terjadi terhadap manusia, bangunan, telekomunikasi, jaringan, instalasi listrik, terhadap peralatan elektronik dan sebagainya. Arus sambaran petir berkisar antara 2000 A sampai 200 kA, sehingga apabila suatu objek atau benda terkena sambaran petir, maka bisa dikatakan akan berdampak buruk bagi seperti kebakaran gedung, bahkan kematian terhadap makhluk hidup (Supriadi, 2016).

1. Kerusakan Akibat Sambaran Langsung

Kerusakan ini terjadi karena sambaran petir mengenai suatu struktur bangunan dan merusak bangunan tersebut sekaligus peralatan elektronik yang ada didalamnya. Kerusakan yang diakibatkan dapat berupa kebakaran gedung, keretakan dalam dinding bangunan, kebakaran pada peralatan elektronik, kontrol, telekomunikasi, jaringan data dan lainnya.

2. Kerusakan Akibat Sambaran Tidak Langsung

Kerusakan jenis ini terjadi karena petir menyambar suatu titik lokasi misalnya pada suatu menara transmisi atau menara telekomunikasi kemudian terjadi hantaran secara induksi melalui kabel aliran listrik, kabel telekomunikasi atau peralatan lainnya yang bersifat konduktif sampai jarak tertentu yang tanpa disadari telah merusak peralatan elektronik yang jaraknya jauh dari lokasi sambaran semula.

2.6 Parameter Petir

Parameter petir menyatakan karakteristik atau penggambaran petir terutama yang berkaitan dengan usaha-usaha sistem proteksi petir. Parameter petir terdiri atas beberapa hal, antara lain :

1. Bentuk gelombang arus petir

Bentuk gelombang arus petir menggambarkan besar arus, kecuraman kenaikan arus, sertadurasi gelombang. Pada kenyataannya, bentuk gelombang arus petir tidak sama persis antara satu dengan yang lainnya, bukan saja antara satu

kejadian dengan kejadian lainnya, akan tetapi pada satu kilat dengan sambaran ganda. Bentuk gelombang arus petir bisa berbeda cukup lumayan antara sambaran petir pertama dengan sambaran susulan. Bentuk gelombang arus petir dinyatakan dalam dua besaran, yakni waktu muka (T_f) yang menyatakan lamanya muka gelombang dan kecuraman arus petir (T_t).

2. Arus puncak petir

Parameter arus puncak petir menentukan kenaikan temperatur pada peralatan yang disambar. Biasanya, nilai arus puncak ini digunakan dalam menyatakan suatu gelombang impuls petir. Arus puncak petir akan menentukan jarak sambaran petir terhadap bangunan.

Menurut standar SNI 03-7015 tahun 2004, hubungan antara parameter-parameter arus petir dengan tingkat proteksi bangunan terhadap sambaran petir akan ditunjukkan dalam tabel berikut :

Tabel 2.1 Kaitan Parameter Arus Petir dengan Tingkat proteksi

PARAMETER PETIR		TINGKAT PROTEKSI		
		I	II	III-IV
Puncak Arus Petir	I (KA)	200	150	100
Muatan Ideal	QTotal (C)	300	225	150
Muatan Impuls	QImpuls (C)	100	75	50
Energi Spesifik	W/R (kJ/Ω)	10000	5600	2500
Kecuraman rata-rata	di/dt 30/90% (kA/μS)	200	150	100

Sumber : (SNI 03-7015-2004)

3. Kerapatan sambaran petir (N_g)

Kerapatan sambaran petir ke bumi (N_g) menyatakan aktifitas petir atau sambaran petir ke bumi dalam rentang satu tahun di suatu wilayah. Parameter ini dinyatakan dalam sambaran ke bumi per kilometer persegi pertahun.

4. Kecuraman gelombang

Kecuraman gelombang merupakan parameter petir yang menyatakan kecepatan kenaikan arus petir dalam setiap satuan waktu (di/dt). Semakin besar

nilai arus dalam setiap satuan waktu, berarti semakin curam bentuk gelombang arusnya dan makin pendek durasi muka gelombang. (Hutagaol, 2010).

2.7 Hari guruh

Hari guruh (*thunderstorm days*) merupakan hari dimana guruh terdengar minimal satu kali dalam satu hari. Jumlah hari guruh yang terjadi pada suatu daerah dalam satu tahun disebut *Isokraunic Level* dan disimbolkan dengan (IKL).

Hari guruh adalah banyaknya hari dimana terdengar Guntur paling sedikit satu kali dalam jarak kira-kira 15 Km dari stasiun pengamatan. Hari guruh yang tinggi memungkinkan banyak terjadi bahaya dan kecelakaan akibat sambaran petir. (Hakim,2013)

Menurut definisi *WMO (World Metereologi Organization)*, hari guruh adalah banyaknya hari terdengar guntur paling sedikit satu kali dalam jarak kira-kira 15 km dari stasiun pengamatan. Petir yang terjadi memiliki intensitas sambaran yang harus selalu diamati setiap periode untuk dapat memperkirakan faktor resiko sambaran pada suatu wilayah, sehingga dapat diperkirakan kebutuhan bangunan akan Sistem Proteksi Petir. Hal utama yang perlu diperhatikan adalah *Isokraunic Level (IKL)*. (Hutagaol, 2010)

Petir yang terjadi memiliki intensitas sambaran yang harus selalu diamati setiap periode untuk dapat memperkirakan faktor resiko sambaran pada suatu wilayah, sehingga dapat diperkirakan kebutuhan bangunan akan proteksi petir. Adapun hal-hal yang diperlukan didalam memperkirakan faktor resiko sambaran, yaitu :

1. *IKL (Isokeraunic Level)* : Jumlah hari sambaran per-tahun.
2. *Lighting Strike Rate* : Jumlah sambaran ke tanah per-Km² per-tahun.

Lighting Strike Rate / curah petir menentukan tingkat bahaya sambaran pada suatu wilayah dan besarnya ditentukan oleh *Isokeraunic Level*.

2.8 Sistem Proteksi Petir Eksternal

Sistem Proteksi Petir Eksternal merupakan instalasi dan alat-alat yang berada diluar suatu struktur bangunan/gedung untuk menangkap dan menghantarkan arus petir ke sistem pembumian. Proteksi petir eksternal berfungsi

sebagai proteksi tegangan lebih akibat sambaran langsung dari petir yang menuju ke suatu sistem atau bangunan yang dilindungi.

Dalam hal ini sistem proteksi petir eksternal pada dasarnya terdiri dari :

1. Terminasi Udara (*Air Terminal*)
2. Konduktor Penyalur Arus Petir (*Down Conductor*)
3. Penumaian (*Grounding*)

2.8.1 Terminasi Udara

Terminasi Udara (*Air Terminal*) merupakan bagian sistem proteksi petir eksternal yang berupa batang elektroda tembaga yang ujungnya dibuat runcing dan dipasang secara tegak maupun mendatar dititik tertinggi suatu bangunan/gedung yang bertujuan untuk menangkap petir dan menyalurkannya ke bumi.

Salah satu kunci dari sistem proteksi terhadap bahaya sambaran petir adalah kualitas sistem kerja dari terminal udara pada suatu bangunan. Tujuan utama dari terminal udara adalah menangkap sambaran petir di titik-titik yang akan tersambar, sehingga arus petir dapat dialirkan melalui penghantar penyalur ke tanah. Pemasangan terminal udara namun tidak pada tempat kemungkinan sambaran petir merupakan hal yang sia-sia dan pemborosan uang. Hal yang menjadi aspek penting dalam pemasangan terminal udara adalah mempertimbangkan letak dan jumlah terminal udara cakupan area proteksi serta cakupan area proteksi terminal udara.

Perancangan sistem terminal udara pada suatu bangunan membutuhkan metode perancangan untuk menentukan penempatan dan jumlah terminal udara sehingga menghasilkan daerah perlindungan yang baik berdasarkan konstruksi bangunan.

Adapun kriteria penting dalam metode perancangan sistem terminal udara adalah sebagai berikut :

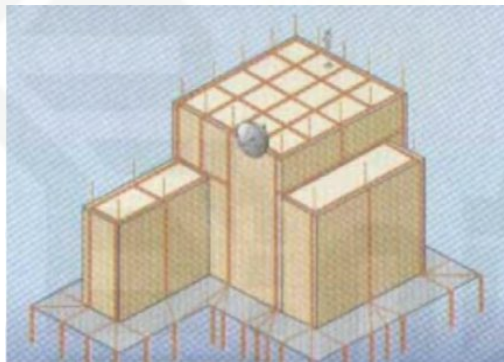
1. Mengalami peningkatan yang signifikan dari metode sebelumnya.
2. Memiliki landasan ilmiah.
3. Telah dipraktekkan dan teruji lebih dari satu dekade.
4. Mempertahankan kesederhanaan sehingga dapat dilakukan penggunaannya secara umum.(Ugahari, 2008)

Dalam menentukan penempatan terminasi udara, ada 3 metode yang digunakan dalam perancangan system proteksi petir, yaitu :

1. Metode Jala (*Mesh size method*)

petir sistem Faraday ini ialah dengan cara membuat kurungan Faraday atau sangkar Faraday dengan menyusun dan mendirikan tiang-tiang yang tingginya di sesuaikan dengan bangunan yang akan dilindungi dari sambaran petir, dimana 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 dengan sistem penangkal petir jenis Franklin.

Metode ini digunakan untuk keperluan perlindungan permukaan yang datar karena bisa melindungi seluruh permukaan bangunan. Daerah yang diproteksi adalah keseluruhan daerah yang ada di dalam jala-jala.



Gambar 2.2 Metode Jala
 (Sumber : Supriadi,2016)

Pada metode ini, logam dipasang disekujur sisi bangunan dengan lebar mata jala yang telah ditentukan sesuai tabel berikut :

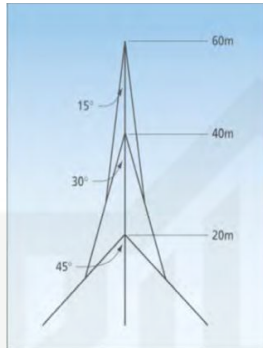
Tabel 2.2 Perancangan terminal udara dengan metode jala

Tingkat Proteksi	Lebar Mata Jala (m)
I	5
II	10
III	10
IV	20

Sumber : (SNI 03-7015,2004)

2. Metode Sudut Lindung (*Protective Angle Method*)

Metode Sudut Lindung pertama kali diperkenalkan oleh Benjamin Franklin dengan *Franklin rod*, yaitu alat proteksi petir berupa kerucut tembaga dengan daerah perlindungan berupa kerucut. Dimana daerah yang diproteksinya berada didalam kerucut dengan sudut proteksi sesuai dengan tingkat proteksi.



Gambar 2.3 Metode Sudut Lindung

(Sumber : Supriadi,2016)

Terminal udara ditempatkan sedemikian rupa sehingga semua bagian bangunan diproteksi berada disebelah dalam permukaan selubung yang dihasilkan oleh proyeksi titik-titik dari terminal udaratersebut dengan sudut α ke garis vertikal dalam semua arah.

Tabel 2.3 Perancangan terminasi udara dengan metode sudut lindung

Tingkat Proteksi	Besarnya Sudut Terminasi Udara (°)			
	Ketinggian Bangunan			
	20 m	30 m	45 m	60 m
I	25	-	-	-
II	35	25	-	-
III	45	35	-	-
IV	55	45	35	25

Sumber : (SNI 03-7015-2004)

Namun dalam penerapannya, Metode Sudut Lindung masih memiliki kelemahan. Pada bangunan yang cukup tinggi, performa metode ini tidak bekerja optimal, petir masih dapat menyambar bangunan walaupun telah terproteksi. Jika semakin tinggi suatu bangunan atau struktur bangunan, maka semakin kecil sudut perlindungan yang diberikan penangkal petir, sehingga menyebabkan makin

melemahnya radius perlindungan yang diberikan sistem terminal udaraterhadap sambaran petir (Ugahari, 2008)

Penangkal petir metode Franklin menggunakan ide kerucut, dimana jari-jari alasnya sama dengan tinggi kerucut. Dengan menggunakan rumus dibawah ini :

Rumus luas alas kerucut :

$$L = \pi \cdot r^2 \tag{2.1}$$

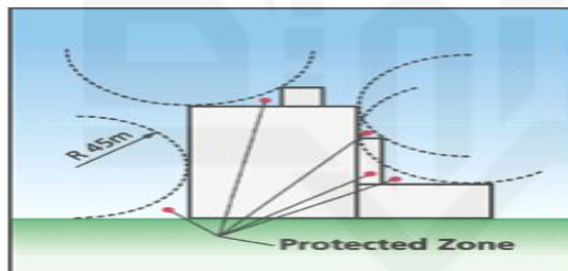
Rumus volume kerucut :

$$V = 1/3 \cdot \pi^2 \cdot h \tag{2.2}$$

$$\text{Persentase} = \frac{\text{Luas Daerah Perlindungan}}{\text{Luas Bangunan}} \times 100 \% \tag{2.3}$$

3. Metode Bola Bergulir (*Rolling Sphere Method*)

Untuk menyempurnakan metode terdahulu (Metode Sudut Lindung dan Metode Jala), maka dikembangkanlah suatu metode yang dianggap lebih efisien dan optimal, yaitu Metode Bola Bergulir. Metode ini dapat diterapkan pada bangunan yang bentuknya rumit.



Gambar 2.4 Metode Bola Bergulir
 (Sumber : Saodah,dkk,2013)

Metode bola bergulir sebaiknya digunakan pada bangunan yang bentuk atapnya rumit. Dengan metode ini seolah-olah ada suatu bola dengan radius (*R*) yang bergulir di atas tanah, sekeliling struktur dan di atas struktur ke segala arah hingga bertemu dengan tanah atau struktur yang berhubungan dengan permukaan bumi yang mampu bekerja sebagai penghantar. Titik sentuh bola bergulir pada struktur adalah titik yang dapat disambar petir dan pada titik tersebut harus

diproteksi oleh konduktor terminasi udara. Semua petir yang berjarak (R) dari ujung penangkap petir akan mempunyai kesempatan yang sama untuk menyambar bangunan/gedung.

Tabel 2.4 Perancangan terminasi udara dengan metode bola bergulir

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

Sumber : (SNI 03-7015,2004)

Ada 3 parameter yang dihitung dalam Metode Bola Bergulir, yaitu :

1. Arus puncak petir (I)

Besar nilai Radius Bola Bergulir (R) berhubungan dengan nilai arus puncak petir (I). Nilai arus puncak petir berdasarkan standar *IEC 62305-1* tahun 2010 adalah :

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

$$I = \sqrt[0,65]{\frac{R}{10}} \quad (2.4)$$

Keterangan :

I = Arus puncak petir (kA)

R = Radius (m)

2. Jarak sambaran petir (S)

Jarak sambaran petir (S) adalah jarak antara usaha terminal udara untuk menarik sambaran petir jika mengarah ke struktur bangunan. Nilai jarak sambaran petir dipengaruhi oleh nilai arus puncak petir (I). Untuk menghitung nilai jarak sambaran petir digunakan persamaan *White Head* sebagai berikut (Supartono, 2015) :

$$S = 8 \cdot I^{0,65} \quad (2.5)$$

Keterangan :

S = Jarak sambaran petir (m)

3. Radius perlindungan (Rp)

Untuk menghitung radius perlindungan (Rp) dari perancangan suatu terminal udara, digunakan persamaan berikut (Mulyadi, 2014):

$$R_p = h_t \sqrt{\pm \left[\frac{D}{h_t} \right]} - 1 \quad (2.6)$$

Keterangan :

Rp = Radius perlindungan (m)

Ht = Tinggi terminal udara dari puncak bangunan (m)

D = Nilai R (Radius bola bergulir) berdasarkan tingkat proteksi (m)

Sehingga didapat luas daerah perlindungan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$A_x = \pi \cdot R_p^2 \quad (2.7)$$

Keterangan :

Ax = Luas daerah perlindungan

2.8.2 Konduktor Penyalur Arus Petir (*Down Conductor*)

Konduktor penyalur (*Down Conductor*) merupakan bagian sistem proteksi eksternal yang berfungsi sebagai penyalur arus petir dari sistem terminasi udara dan diteruskan ke pembumian (*grounding*).

Adapun ukuran minimum bahan konduktor penyalur berdasarkan SNI 03-7015 tahun 2004 yang ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 2.5 Ukuran minimum bahan konduktor penyalur

Tingkat Proteksi	Bahan	Konduktor Penyalur(mm ²)
I sampai IV	Tembaga (Cu)	16
	Aluminium (Al)	25
	Besi (Fe)	50

Sumber : (SNI 03-7015,2004)

Cara penempatan konduktor penyalur dengan melihat kondisi bangunan yang diproteksi adalah sebagai berikut :

1. Konduktor penyalur eksternal sebaiknya dipasang antara terminasi udara dan sistem terminasi bumi.
2. Konduktor penyalur sebaiknya disambung pada titik simpul sambungan jaringan terminasi udara dan dipasang secara vertical ke titik simpul dari sistem terminasi bumi.

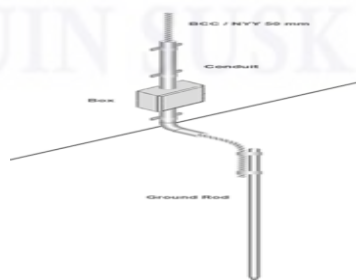
Penyalur konduktor terdistribusi banyak secara merata lebih sering digunakan dari pada sebuah konduktor tunggal yang panjang. Hal ini karena pada saat salah satu konduktor tersebut mengalami kegagalan dalam menyalurkan arus petir ke bumi, maka arus petir akan tetap mengalir ke tanah melalui konduktor lainnya. (SNI 03-7015, 2004)

2.8.3 Sistem Terminasi Bumi (*Grounding System*)

Sistem terminasi bumi ialah menanamkan beberapa elektroda ke dalam tanah dengan cara tertentu untuk mendapatkan tahanan pembumian yang diinginkan, dan berfungsi untuk mengalirkan arus petir ke tanah/bumi tanpa menyebabkan tegangan lebih yang berbahaya pada manusia maupun peralatan yang terdapat disekitar daerah yang di proteksi.

1. *Single Grounding Rod*

Sistem pentanahan yang hanya terdiri batang pelepas tunggal di dalam tanah dengan kedalaman tertentu (misalnya 6 meter). Untuk daerah yang memiliki karakteristik tanah yang konduktif, biasanya mudah untuk didapatkan tahanan sebaran tanah di bawah 5 ohm dengan satu pembuang arus.

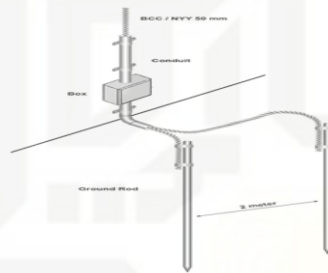


Gambar 2.5 Pentanahan Pelepas Tunggal

(Sumber : Tabrani,2009)

2. Paralel Grounding Rod

Jika sistem pelepas tunggal masih mendapatkan hasil kurang baik (nilai tahanan sebaran >5 ohm), maka perlu ditambahkan pelepas ganda ke dalam tanah yang jarak antar batang minimal 2 meter dan dihubungkan dengan kabel BC/BCC. Penambahan batang pelepas muatan dapat juga ditanam mendatar dengan kedalaman tertentu, bisa mengelilingi bangunan membentuk cincin atau cakar ayam. Kedua teknik ini bisa diterapkan secara bersamaan dengan acuan tahanan sebaran/resistans kurang dari 5 ohm setelah pengukuran dengan *earth ground tester*.



Gambar 2.6 Pentanahan Pelepas Ganda
 (Sumber : Tabrani,2009)

Syarat-syarat pemasangan elektroda bumi berdasarkan SNI 03-7015 tahun 2004 antara lain :

1. Elektroda bumi harus dipasang di luar ruang terproteksi dengan kedalaman minimal 0,5 meter dan didistribusikan merata mungkin.
2. Kedalaman dan jenis elektroda bumi yang harus ditanam sedemikian rupa sehingga mengurangi efek kerusakan seperti korosi.

Berdasarkan Peraturan Umum Instalasi Penyalut Petir (PUIPP) tahanan pentanahan diusahakan lebih kecil dari 5 ohm, untuk itu perhitungan dalam merancang sistem pentanahan berdasarkan persamaan standar yang sudah ada yaitu sebagai berikut (Hermawan, 2010) :

$$R_{bt} = \frac{\rho}{4\pi l} \ln\left(\frac{4(L.l)}{d.h}\right) - 1 \quad (2.8)$$

Keterangan :

R_{bt} = Tahanan pembumian elektroda (Ω)

ρ = Tahanan jenis tanah (Ωm)

l = Panjang elektroda (m)

d = diameter bahan elektroda (m)

h = Kedalaman penanaman elektroda (m)

Jika tahanan pembumian yang dihasilkan elektroda batang tunggal (*single rod*) tidak mencapai ohm standar, maka sebaiknya elektroda batang dikombinasikan (*multi rod*) dengan persamaan berikut (Hermawan, 2010) :

$$R_{bt \text{ total}} = \frac{1}{n \times \frac{1}{R_{bt}}} \quad (2.9)$$

n = Jumlah elektroda bumi

Adapun ukuran minimum bahan terminasi bumi berdasarkan SNI 03-7015 tahun 2004 yang ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 2.6 Ukuran minimum bahan terminasi bumi

Tingkat Proteksi	Bahan	Terminasi bumi(mm ²)
I sampai IV	Tembaga (Cu)	50
	Aluminium (Al)	-
	Besi (Fe)	80

Sumber : (SNI 03-7015,2004)

Tahanan jenis tanah (ρ) dan tahanan pembumian (R_{bt}) suatu elektroda dalam sistem terminasi bumi harus dipertimbangkan.

Nilai tahanan jenis tanah (ρ) ditentukan berdasarkan standar Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) tahun 2000 yang ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 2.7 Nilai tahanan jenis tanah (ρ)

No	Jenis Tanah	Nilai Tahanan Tanah (ρ) (Ωm)
1	Tanah rawa	30
2	Tanah liat dan Tanah ladang	100
3	Pasir basah	200
4	Kerikil basah	500
5	Pasir dan Kerikil kering	1000
6	Tanah berbatu	3000

Sumber : (PUIL,2000)

Adapun nilai tahanan pembumian (R_{bt}) suatu elektroda ditentukan berdasarkan SNI 03-7015 tahun 2004 sesuai dengan tingkat proteksi bangunan yang ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 2.8 Standar nilai tahanan pembumian elektroda (R_{bt})

No.	Tahanan jenis tanah (ρ)	Tahanan pembumian (Ω) sehubungan dengan Tingkat Proteksi		
		I	II	III-IV
1	100	4	4	6
2	200	6	6	4
3	500	10	10	10
4	1000	10	15	20
5	2000	10	15	40
6	3000	10	15	60

Sumber : (SNI 03-7015,2004)

2.9 Prakiraan Bahaya Menurut Standar Peraturan Umum Instalasi Penyalur Petir (PUIPP)

Besarnya kebutuhan suatu bangunan akan instalasi penangkal petir, ditentukan oleh besarnya kemungkinan kerusakan serta bahaya yang ditimbulkan bila bangunan tersebut tersambar petir.

Besarnya keperluan pemasangan sistem penangkal petir pada suatu bangunan ditentukan oleh penjumlahan indeks-indeks berdasarkan standar Peraturan Umum Instalasi Penyalur Petir (PUIPP) tahun 1983 yang mewakili keadaan dilokasi gedung tersebut. Penjumlahan indeks-indeks ini akan menghasilkan nilai perkiraan bahaya bangunan akibat sambaran petir. Nilai-nilai

indeks yang terdapat dalam standar PUIPP akan ditunjukkan pada tabel-tabel di bawah ini :

Tabel 2.9 Indeks A - Macam struktur bangunan

NO	PENGUNAAN DAN ISI	INDEKS A
1	Bangunan dan isinya jarang digunakan	0
2	Bangunan tempat tinggal, toko, pabrik kecil	2
3	Bangunan dan isinya cukup penting misalnya menara air, pabrik, gedung pemerintahan	2
4	Bangunan untuk umum, misalnya bioskop, sekolah, masjid, dan gereja	3
5	Instalasi gas, bensin, dan rumah sakit	5
6	Bangunan yang mudah meledak	15

Sumber : (Tabrani,2009)

Tabel 2.10 Indeks B - Macam konstruksi bangunan

NO	KONSTRUKSI BANGUNAN	INDEKS B
1	Seluruh bangunan terbuat dari logam (mudah menyalurkan arus listrik)	0
2	Bangunan dengan konstruksi beton bertulang atau rangka besi dengan atap logam	1
3	Bangunan dengan konstruksi beton bertulang atau rangka besi dengan atap bukan logam	2
4	Bangunan kayu dengan atap bukan logam	3

Sumber : (Tabrani,2009)

Tabel 2.11 Indeks C - Macam konstruksi tinggi bangunan

NO	TINGGI BANGUNAN (METER)	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

Sumber : (Tabrani,2009)

Tabel 2.12 Indeks D - Macam situasi bangunan

NO	SITUASI BANGUNAN	INDEKS D
1	Pada tanah datar di semua ketinggian	0
2	Di kaki bukit sampai tiga per empat tinggi bukit atau di pegunungan sampai 1000 meter	1
3	Di puncak gunung atau pegunungan lebih dari 1000 meter	2

Sumber : (Tabrani,2009)

Tabel 2.13 Indeks E - Macam hari guntur per tahun

NO	HARI GUNTUR PER TAHUN	INDEKS E
1	2	0
2	4	1
3	8	2
4	16	3
5	32	4
6	64	5
7	128	6
8	256	7

Sumber : (Tabrani,2009)

Tabel 2.14 Indeks F - Perkiraan bahaya

R=A+B+C+D+E	PERKIRAAN BAHAYA	INSTALASI PETIR
< 11	Diabaikan	Tidak Perlu
11	Kecil	Tidak Perlu
12	Sedang	Agak Dianjurkan
13	Agak Besar	Dianjurkan
14	Besar	Sangat Dianjurkan
>14	Sangat Besar	Sangat Perlu

Sumber : (Tabrani,2009)

Indeks-indeks yang menyatakan faktor-faktor tertentu seperti yang ditentukan pada Tabel 2.9 sampai dengan Tabel 2.13 sedangkan Tabel 2.14 merupakan dari indeks-indeks yang dipilih dari tabel-tabel sebelumnya dimana hasil penjumlahan tersebut (R) merupakan indeks perkiraan bahaya akibat sambaran petir, jadi :

$$R = A + B + C + D + E \quad (2.10)$$

Keterangan :

R = Perkiraan bahaya bangunan akibat sambaran petir

A = Bahaya berdasarkan jenis bangunan

B = Bahaya berdasarkan konstruksi bangunan

C = Bahaya berdasarkan tinggi bangunan

D = Bahaya berdasarkan situasi bangunan

E = Bahaya berdasarkan hari guruh yang terjadi

Dimana semakin besar nilai R maka semakin besar pula bahaya serta kerusakan yang di timbulkan dari sambaran petir.

2.10 Tingkat Proteksi Bangunan Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-7015-2004

Berdasarkan (SNI 03-7015-2004) terdapat berbagai macam standar untuk sistem proteksi petir pada bangunan gedung, dalam skripsi ini penulis mengacu pada beberapa standar yang terdapat dalam (SNI 03-7015-2004), yaitu :

1. Pemilihan tingkat proteksi petir
2. Rancangan sistem terminasi udara
3. Konduktor penyalur
4. Sistem terminasi bumi

Pemilihan tingkat proteksi untuk sistem proteksi petir ialah berdasarkan pada jumlah rata-rata frekuensi sambaran petir langsung (N_d). Adapun perhitungan jumlah rata-rata frekuensi sambaran petir langsung (N_d) dipengaruhi oleh kerapatan sambaran petir ke tanah (N_g) dan luas daerah perlindungan ekivalen (A_e).

Kerapatan sambaran petir ketanah dipengaruhi oleh rata-rata guruh tahunan didaerah tersebut, berdasarkan SNI-03-7015 tahun 2004 dihitung dengan persamaan berikut:

$$N_g = 4 \cdot 10^{-2} \cdot T_d^{1,56} / \text{km}^2 \text{ tahun} \quad (2.11)$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Sedangkan area cakupan ekivalen (A_e) dapat dihitung berdasarkan SNI-03-7015 tahun 2004 dihitung dengan persamaan berikut:

$$A_e = ab + 6h(a+b) + 9\pi h^2 \quad (2.12)$$

Sehingga, dari substitusi persamaan (2.11) dan (2.12) ke Persamaan (2.13) dapat diperoleh persamaan nilai (N_d), berdasarkan SNI-03-7015 tahun 2004 dihitung dengan persamaan berikut:

$$N_d = N_g \cdot A_e \cdot 10^{-6} / \text{tahun} \quad (2.13)$$

Keterangan :

N_d = Jumlah rata-rata frekuensi sambaran petir langsung pertahun

a = Panjang atap gedung (m)

b = Lebar atap gedung (m)

h = Tinggi atap gedung (m)

T = Hari guruh pertahun

T_d = Jumlah hari guruh pertahun

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

A_e = Luas daerah yang masih memiliki angka sambaran petir sebesar N_d (km^2)

Pengambilan keputusan perlu / tidaknya memasang sistem proteksi petir pada bangunan berdasarkan perhitungan (N_d) dan (N_c) dilakukan sebagai berikut:

1. Jika $N_d \leq N_c$, maka tidak perlu sistem proteksi petir.
2. Jika $N_d \geq N_c$, maka diperlukan.

Nilai efisiensi sistem proteksi petir bangunan yang dikehendaki sebaiknya ditentukan sebagai fungsi frekuensi sambaran petir langsung (N_d) ke bangunan,

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

dan frekuensi tahunan rata-rata sambaran petir langsung (N_c). Efisiensi adalah rasio antara sambaran petir langsung rata-rata tahunan yang tidak dapat menyebabkan kerusakan pada bangunan gedung terhadap jumlah sambaran langsung petir pada bangunan gedung. Efisiensi sistem proteksi petir (E) berdasarkan SNI-03-7015 tahun 2004 dihitung dengan persamaan berikut:

$$E \geq 1 - \frac{N_c}{N_d} \tag{2.14}$$

Setelah melakukan perhitungan nilai E (efisiensi sistem proteksi petir), tahap selanjutnya menentukan tingkat proteksinya. Tahapan inilah yang digunakan untuk mengetahui seberapa besar proteksi yang dibutuhkan dalam perancangan sistem proteksi petir.

Nilai efisiensi sistem proteksi petir (E) dapat menentukan tingkat proteksi bangunan yang ditunjukkan tabel berikut :

Tabel 2.15 Efisiensi sesuai dengan tingkat proteksi

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

Sumber : (SNI 03-7015,2004)

Pada perancangan sistem proteksi petir (SPP) harus memenuhi persyaratan yang diberikan dalam standar untuk tingkat proteksi yang dipilih dan jenis bangunan gedung. Jika nilai (E_c) yang terpasang lebih kecil dari nilai (E), maka harus dilengkapi proteksi tambahan.