

PERANCANGAN INSTALASI PENANGKAL PETIR EKSTERNAL UNTUK GEDUNG BERTINGKAT TIGA SEKOLAH ISLAM INAYAH

Mitratul Qhuaris¹⁾, Azriyenni Azhari Zakri ²⁾ Fri Murdia ²⁾

^{1,2)}Program Studi Teknik Elektro S1, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293
Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
E-mail : Mitratul.qhuaris@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Lightning protection systems are indispensable for buildings that have very vital functions, such as schools. The three-storey building of inayah Islamic school is a place of teaching and learning process that has an area (p x l x t) 39 m x 24 m x 11.2 m. To protect the building from direct and indirect lightning strikes, an external lightning rod is required. This design uses The Volume Collection Method and Rolling Ball Method which is tailored to puipp requirement standards. The calculation result using a collection volume method with angle 0 and peak current of 60 kA obtained a strike distance value of 118,903 m, protection radius value of 70,152 m, collection volume of 1106685,131 m³ and protection angle of 80.39. For the Ball rolling method, the determination of the value of the radius of the ball was determined using the researchers' equations Wagner, Brown & Whitehead, and Anderson & IEEE 1985. The down conductor value is obtained for the Collection Volume method of 7,027 m² and the Rolling Ball method of 11.71 m². The earthing systems of both methods both produce 4,098 ohm prisoners for the use of one electrode and 3,321 ohms for the use of two electrodes.

Keywords: Lightning strike, Collection Volume Method, Rolling Sphere Metho

I. PENDAHULUAN

Keadaan geografis yang dekat ke khatulistiwa menyebabkan Indonesia termasuk sebagai wilayah yang memiliki hari guruh per tahun (*thunderstorm days*) tinggi dengan jumlah sambaran petir yang banyak sehingga memungkinkan banyak terjadi bahaya dan kecelakaan akibat sambaran petir. Sambaran petir dapat menimbulkan gangguan pada sistem tenaga listrik. Pada bangunan / gedung bertingkat, efek gangguan akibat sambaran petir ini semakin besar sesuai dengan semakin tingginya bangunan tersebut.

Sekolah Islam Inayah yang memiliki bangunan bertingkat tiga yang sangat berkemungkinan untuk menjadi area sambaran petir. Apalagi di sekolah terdapat banyak peralatan yang berhubungan dengan listrik

seperti komputer, televisi, radio, telepon, air conditioner dan peralatan listrik lainnya akan mengalami kerusakan apabila terkena sambaran petir. Dan yang paling berbahaya dapat menyebabkan korban jiwa karena di sekolah terdapat banyak orang yang melakukan kegiatan belajar mengajar.

Untuk menghindari atau meminimalkan kerugian akibat sambaran petir ini, maka diperlukanlah suatu sistem proteksi yang dapat melindungi semua bagian dari bangunan tersebut, termasuk manusia dan peralatan yang ada didalamnya. Karena ditinjau dari segi kelistrikan, suatu bangunan belum dapat dikatakan aman apabila bangunan tersebut belum dilengkapi dengan sistem pengamanan dari bahaya petir.

Dan cara yang dapat dilakukan untuk melindungi sekolah bertingkat dari sambaran petir adalah dengan pemasangan atau instalasi penangkal petir yang handal dan memenuhi persyaratan yang berlaku, sehingga jika terjadi gangguan maka peralatan inilah yang akan menyalurkan arus petir ke tanah tanpa menimbulkan bahaya bagi manusia atau peralatan lainnya yang berada di dalam, diluar atau di sekitar bangunan. Dan pemasangannya juga didasari oleh perhitungan resiko akibat kerusakan akibat sambaran petir terhadap bangunan. Perhitungan resiko itu nantinya akan digunakan sebagai standar untuk mengetahui kebutuhan pemasangan sistem penangkal petir pada bangunan tersebut.

II. LANDASAN TEORI

II.1 Pengertian Petir

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. Pelepasan muatan ini dapat terjadi dalam 2 (dua) kemungkinan, yaitu :

1. Lightning Flash yaitu pelepasan muatan diantara awan-awan ataupun antara pusat-pusat muatan di dalam awan tersebut.
2. Lightning Strike yaitu pelepasan muatan antara awan bermuatan dengan tanah.

II.1.1 Hari Guruh

Menurut definisi WMO (*World Meteorological Organization*), 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 (*thunder storm days*), *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.

II.2 Bahaya Sambaran Petir

II.2.1 Terhadap Manusia

Apabila aliran listrik akibat sambaran petir mengalir melalui tubuh manusia maka organ-organ tubuh yang oleh aliran tersebut akan

mengalami kejutan. Arus tersebut dapat menyebabkan berhentinya kerja jantung.

II.2.2 Terhadap benda-benda

Pelepasan muatan antara awan dengan bumi (tanah) $\pm 25\%$ dari seluruh pelepasan muatan yang terjadi di alam cukup banyak menimbulkan kerusakan pada harta benda yang ada di permukaan bumi.

II.2.3 Terhadap Bangunan

Kerusakan pada bangunan dapat berupa kerusakan thermis, seperti terbakar pada gedung yang tersambar, bisa juga berupa mekanis seperti runtuh, bangunan retak dan lain-lain.

II.3 Taksiran Resiko

Beberapa faktor yang menentukan kebutuhan suatu bangunan akan adanya sistem penangkal petir diantaranya:

1. Konstruksi dari suatu bangunan
2. Banyaknya hari guruh di daerah tersebut
3. Situasi letak bangunan
4. Besar arus dan frekuensi dari kilat
5. Letak geografis dari suatu bangunan.

Cara menentukan besarnya kebutuhan bangunan akan proteksi petir, diantaranya :

II.3.1 Berdasarkan Peraturan Umum Instalasi Penyalur Petir (PUIPP)

Berdasarkan PUIPP besarnya kebutuhan proteksi terhadap sambaran petir ditentukan berdasarkan penjumlahan indeks-indeks tertentu yang mewakili keadaan bangunan di suatu lokasi dan dituliskan sebagai:

$$R = A + B + C + D + E \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:

- R = Perkiraan Bahaya Petir
- A = Penggunaan dan Isi Bangunan
- B = Konstruksi Bangunan
- C = Tinggi Bangunan
- D = Situasi Bangunan
- E = Pengaruh Kilat

II.3.2 Berdasarkan International Electrotechnical Commision (IEC) 1024-1-1

Daerah yang diproteksi adalah daerah disekitar struktur sejauh 3h dimana h adalah tinggi struktur yang diproteksi. Pengambilan keputusan perlu atau tidaknya memasang sistem proteksi petir pada bangunan

berdasarkan perhitungan N_d dan N_c dilakukan sebagai berikut (SNI, 2006):

1. Jika $N_d \leq N_c$ tidak perlu sistem proteksi petir.
2. Jika $N_d > N_c$ diperlukan sistem proteksi petir dengan efisiensi :

$$E \geq 1 \frac{N_c}{N_d} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana :

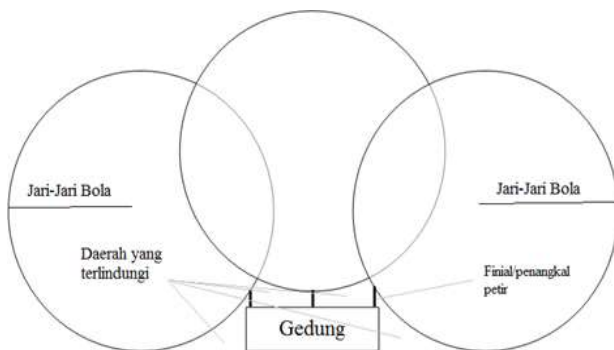
N_c = frekuensi sambaran petir tahunan setempat

N_d = frekuensi sambaran petir langsung setempat

II.4 Metode Penangkal Petir

II.4.1 Metode Bola Bergulir

Adapun metode optimasi yang digunakan dalam menganalisis penempatan penambahan penangkal petir pada sistem metode bola bergulir dari bangunan tingkat tiga sekolah Islam Inayah dengan melihat bagian mana yang tidak terlindungi secara optimal untuk memproteksi bangunan tersebut.



Gambar 1. Metode Bola Bergulir

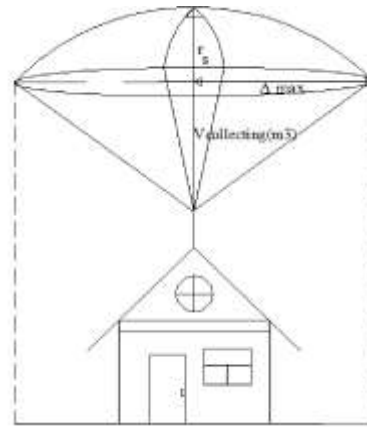
Langkah-langkah yang diperlukan dalam menentukan perancangan instalasi penangkal petir adalah sebagai berikut :

- a. Menentukan tingkat proteksi bangunan
 $R = A + B + C + D + E$
- b. Menentukan kerapatan sambaran petir ketanah rata-rata tahunan
 $N_g = 0,04 T_d^{1,26}$ sambaran/km²/tahun
- c. Menentukan luas area cakupan ekivalen (A_e)
 $A_e = ab + 6h(a+b) + 9\pi h^2$
- d. Menghitung frekuensi sambaran petir langsung (N_d) $N_d = N_g \times A_e \times 10^{-6}$ /tahun
- e. Menentukan efisiensi SPP

$$E = 1 \frac{N_c}{N_d}$$

II.4.2 Metode Collection Volume

Metode *collection volume* merupakan kandidat terkuat saat ini sebagai metode yang paling akurat dalam menentukan area proteksi dan penangkapan dari proteksi eksternal sambaran petir.



Gambar 2. Metode Collection Volume

Besar sambaran bergantung pada tinggi bangunan yang dihubungkan dengan besar arus yang berbeda beda. Jika kita kombinasikan ketinggian bangunan dengan arus puncak, maka didapat persamaan ketika sambaran perintis berada dalam posisi vertikal terhadap bangunan (Ugahari, 2008):

$$r_s \approx 0,8 [(h + 15)i_0]^{2/3} \dots \dots \dots (3)$$

Menurut teori *collection volume*, terdapat

sudut sebesar θ_m yaitu sudut maksimum dimana probabilitas sambaran petir adalah nol jika melewati sudut θ_m . Δ_{max} adalah nilai *maximum literal displacement*. Nilai ini digunakan sebagai *attractive radius*, yang berguna untuk mengetahui luas wilayah penangkapan dari terminal udara yang terpasang. Besar *attractive radius* dapat dicari melalui persamaan 4 (Rendi, 2014) :

$$\Delta_{max} = 0,59 r_s \dots \dots \dots (4)$$

Besar *collection volume* memiliki sudut yang konstan. Konsep ini didukung oleh penelitian di lapangan yang memberikan keakuratan data sebesar 95%, seperti yang telah diuji oleh N.I Petrov dan Waters di menara televisi moskow yang memiliki ketinggian 540 m. Maka besar volume penangkapan dari sambaran petir melalui persamaan (Rendi, 2014):

$$V_{col} = \frac{2\pi}{3} (0,21A^3 + 0,085B^3 + 0,38A^2B + 0,29AB^2) \dots\dots\dots(5)$$

Dengan :

$$A = 0,8 [(h + 15)i_0]^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots(6)$$

$$B = 2,4 i_0^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots(7)$$

Nilai Δ_{max} juga menentukan besar sudut perlindungan dari terminal udara pada suatu ketinggian tertentu.

Besar sudut perlindungan dari terminal udara menggunakan persamaan (Rendi,2014):

$$\theta_s = \arctan\left(\frac{0,47 [(h+15)i_0]^{2/3}}{h}\right) \dots\dots\dots(8)$$

II.5 Sistem Proteksi Petir Eksternal

II.5.1 Air Terminal

Batang penangkal petir berupa batang tembaga yang ujungnya runcing. Dibuat runcing karena muatan listrik mempunyai sifat mudah berkumpul dan lepas pada ujung logam yang runcing.

II.5.2 Down Conductor

Luas penampang penghantar turun (A) dari suatu instalasi penangkap petir tergantung pada besarnya arus petir maksimum yang berkisar antara 5 kA – 220 kA (Dept PU, 1987). Untuk itu persamaan yang digunakan adalah (Andreas,2000) :

$$A = I_0 \sqrt{\frac{8,5 \times 10^{-6} S}{\log 10 \left[\frac{T}{274} + 1 \right]}} \dots\dots\dots(9)$$

II.5.3 Grounding System

Sistem pentanahan harus dirancang sedemikian rupa sehingga tahanan pentanahan yang didapatkan serendah mungkin. Karena semakin kecil tahanan pentanahan maka akan semakin baik.

Nilai elektroda pentanahan menggunakan persamaan berikut (Ria,2009) :

Untuk satu batang elektroda.

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln \frac{4L}{d} - 1 \right] \dots\dots\dots(10)$$

Untuk dua atau lebih batang elektroda.

$$R = \frac{\rho \left(\ln \frac{4L}{d} - 1 \right)}{n} \times F \dots\dots\dots(11)$$

Dimana:

R = Tahanan pentanahan (Ohm)

ρ = Tahanan spesifik tanah (Ωm)

L = Panjang batang elektroda (m)

d = Diameter batang elektroda (cm)

n = Jumlah elektroda

F = Faktor perkalian

III. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini digunakanlah dua metode yaitu metode Bola bergulir dan metode *Collection Volume*. Ada beberapa tahapan penting yang dilakukan dalam penelitian ini, diantaranya sebagai berikut :

1. Membuat Desain Gedung Sekolah Menggunakan *Autocad*

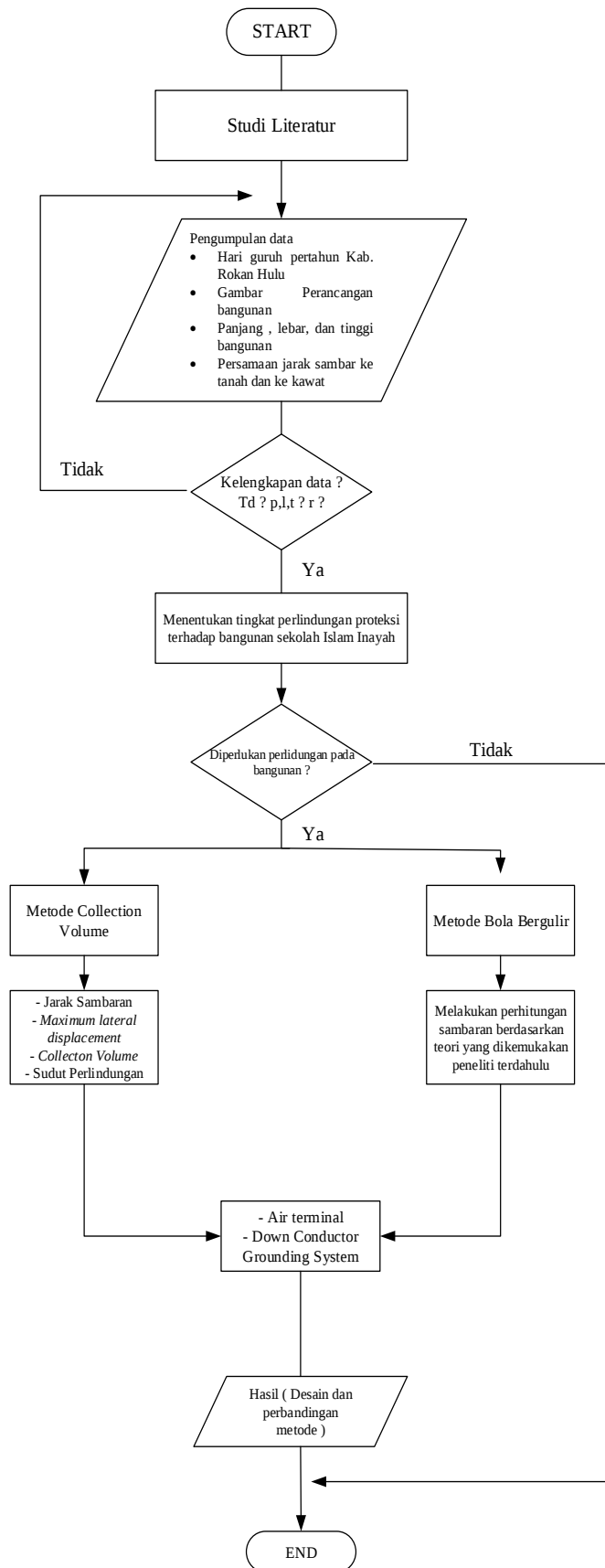
Pembuatan desain dibuat dalam bentuk tampak atas, tampak samping, dan tampak depan.

2. Penerapan Metode pada Gedung

Tahap selanjutnya yaitu menerapkan metode yang akan digunakan pada objek yang akan diteliti.

3. Analisa Hasil Perhitungan Metode

Melakukan analisis terhadap metode Bola Bergulir dan metode *Collection Volume* yang telah digunakan dan membandingkan mana yang lebih baik untuk digunakan pada gedung.



Gambar 3. Flowchart Penelitian

Pengumpulan Data dan Spesifikasi Gedung

Pada tahap pertama, penulis mengumpulkan informasi yang lengkap terhadap situasi gedung lalu memasukkannya kedalam parameter parameter perhitungan.

Tabel 1 Data Gedung Bertingkat Tiga Sekolah Islam Inayah

Karakteristik	Ukuran
Tinggi Gedung	11,2 m
Panjang Gedung	39 m
Lebar Gedung	24 m
Tinggi Ruangan	6,5 m
Panjang Ruangan	8 m
Lebar Ruangan	3,4 m
Tinggi Finial	4 m

Tabel 2 Data BMKG Ujung Batu (Rokan Hulu) 2019

Besaran / Parameter	Nilai
Data IKL (hari guruh rata-rata per tahun) (hari) (fg)	183
Curah hujan rata-rata per tahun (mm/th)	3327
Tinggi awan terendah (m) (Ha)	365,7
Tinggi diatas permukaan laut (m)	13

Penentuan Kebutuhan Sistem Proteksi Petir Pada Gedung berdasarkan Peraturan Umum Instalasi Penyalur Petir

Berdasarkan PUIPP besarnya kebutuhan proteksi terhadap sambaran petir ditentukan berdasarkan penjumlahan indeks-indeks tertentu yang mewakili keadaan bangunan di sekolah Islam Inayah yaitu:

$$R = A + B + C + D + E$$

$$R = 3 + 1 + 2 + 0 + 7$$

$$R = 13$$

Dengan nilai $R = 13$, menunjukkan bahwa pada Gedung Bertingkat Tiga Sekolah Islam Inayah dianjurkan sistem proteksi petir eksternal untuk melindungi gedung dari sambaran petir.

Penentuan Kebutuhan Sistem Proteksi Petir Pada Gedung berdasarkan *International Electrotechnical Commision (IEC) 1024-1-1*

1. Menghitung kerapatan sambaran petir ke tanah rata-rata tahunan (N_g).
 $N_g = 0,04 \times 183^{1,25} \text{ sambaran/ km}^2/\text{tahun}$
 $N_g = 26,923 \text{ sambaran/ km}^2/\text{tahun}$
2. Menghitung area cakupan ekivalen dari gedung bertingkat tiga Sekolah Islam Inayah.
 $A_e = (39 \times 24) + 6 \times 11,2 (39+ 24) + 9\pi \times 11,2^2$
 $A_e = 8714,53 \text{ m}^2$
3. Menghitung frekuensi sambaran petir langsung (N_d) yang diperkirakan pada gedung bertingkat tiga Sekolah Islam Inayah
 $N_d = 26,923 \times 8714,53 \times 10^{-6} / \text{tahun}$
 $N_d = 0,2346 / \text{tahun}$
4. Menentukan efisiensi SPP (Sistem Proteksi Petir) lalu menentukan tingkat proteksi
 $E = 1 - 0,1 / 0,2346$
 $E = 0,5738$

Nilai efisiensi SPP (sistem proteksi petir) yang telah dihitung dengan parameter tinggi, lebar, serta panjang bangunan maka terlihat bahwa nilai tersebut berada pada tingkat proteksi IV dengan nilai efisiensi antara 0 sampai 0,88.

Persamaan Jarak Sambaran

Tabel 3-9 Perhitungan jarak sambaran R_s dengan $\theta = 0^\circ - 60^\circ$ dan $I_0 = 20-60 \text{ kA}$.

Sudut 0°

h (m)	I_0 (kA)	$^\circ$	R_s (m)
11,2	20	10	57,162
11,2	30	10	74,904
11,2	40	10	90,74
11,2	50	10	105,295
11,2	60	10	118,903

Sudut 10°

h (m)	I_0 (kA)	$^\circ$	R_s (m)
11,2	20	10	59,365
11,2	30	10	77,790
11,2	40	10	94,236
11,2	50	10	109,351
11,2	60	10	123,484

Sudut 20°

h (m)	I_0 (kA)	$^\circ$	R_s (m)
11,2	20	20	59,763
11,2	30	20	78,312
11,2	40	20	94,868
11,2	50	20	110,085
11,2	60	20	124,313

Sudut 30°

h (m)	I_0 (kA)	$^\circ$	R_s (m)
11,2	20	30	58,346
11,2	30	30	76,455
11,2	40	30	92,618
11,2	50	30	107,474
11,2	60	30	121,365

Sudut 40°

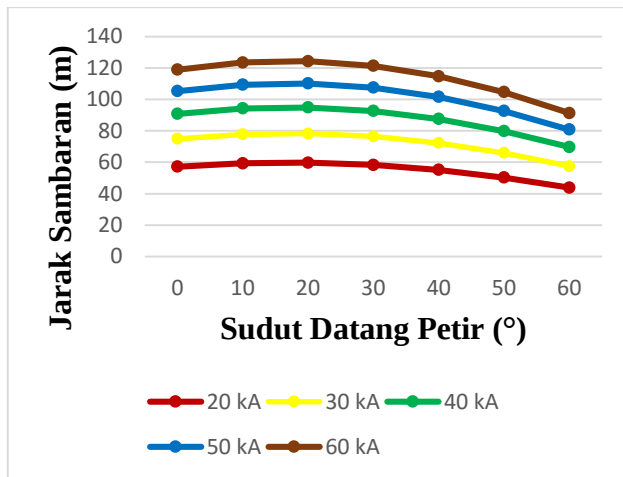
h (m)	I_0 (kA)	$^\circ$	R_s (m)
11,2	20	40	55,155
11,2	30	40	72,274
11,2	40	40	87,554
11,2	50	40	101,598
11,2	60	40	114,729

Sudut 50°

h (m)	I_0 (kA)	$^\circ$	R_s (m)
11,2	20	50	50,289
11,2	30	50	65,898
11,2	40	50	79,830
11,2	50	50	92,634
11,2	60	50	104,607

Sudut 60°

h (m)	I_0 (kA)	$^\circ$	R_s (m)
11,2	20	60	43,895
11,2	30	60	57,519
11,2	40	60	69,680
11,2	50	60	80,856
11,2	60	60	91,306

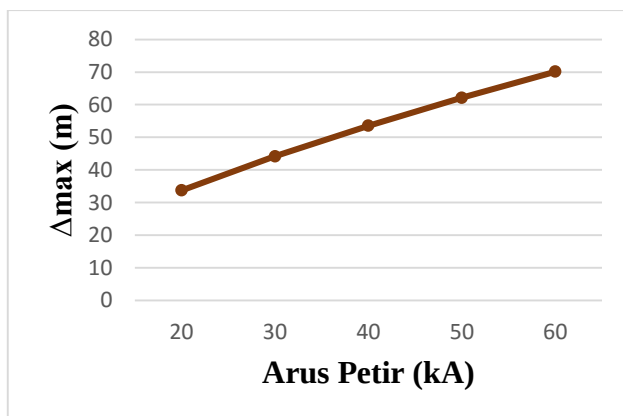


Gambar 4. Jarak sambaran dengan arus petir 20-60 kA dengan sudut 0-60°

Perhitungan *Maximum Lateral Displacement (Attractive Radius)*

Tabel 10 Perhitungan *attractive radius* dengan $\theta = 0^\circ$ dan $I_0 = 20-60$ kA.

h (m)	I_0 (kA)	Δ_{max}
11,2	20	33,725
11,2	30	44,193
11,2	40	53,536
11,2	50	62,124
11,2	60	70,152

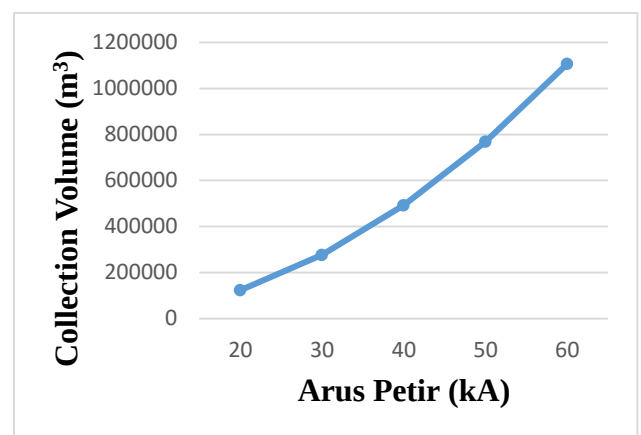


Gambar 5. Perhitungan *attractive radius* dengan $\theta = 0^\circ$ dan $I_0 = 20-60$ kA.

Perhitungan *Collection Volume*

Tabel 11 Perhitungan *Collection Volume* dengan $\theta = 0^\circ$ dan $I_0 = 20-60$ kA.

h	I	A	B	Vcol
11,2	20	57,16	13,207	122959,328
11,2	30	74,904	17,306	276663,774
11,2	40	90,74	20,965	491852,971
11,2	50	105,295	24,328	768534,232
11,2	60	118,903	27,473	1106685,131

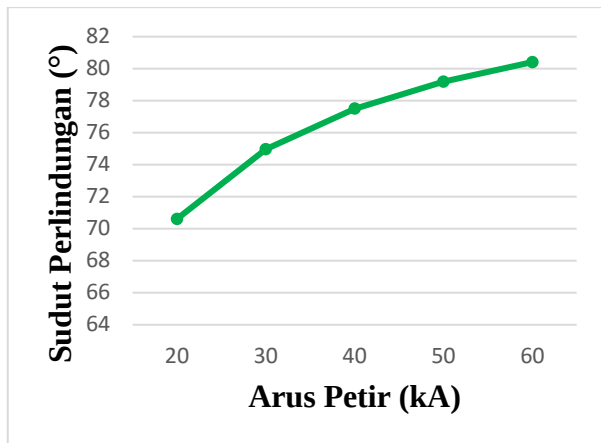


Gambar 6. Perhitungan *Collection Volume* dengan $\theta = 0^\circ$ dan $I_0 = 20-60$ kA.

Perhitungan Sudut Perlindungan

Tabel 12. Perhitungan sudut perlindungan dengan arus petir 0-60 kA

h (m)	I_0 (kA)	θ
11,2	20	70,60
11,2	30	74,96
11,2	40	77,49
11,2	50	79,18
11,2	60	80,39

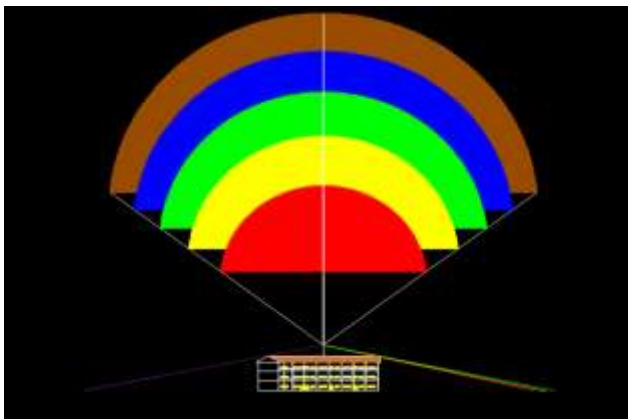


Gambar 7. Perhitungan sudut perlindungan dengan arus petir 0-60 kA

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Metode *Collection Volume*

Setelah melakukan perhitungan terhadap jarak sambaran, *maximum lateral displacement*, *collection volume* dan sudut perlindungan maka dapat dilakukan perancangan terminasi udara pada gedung sekolah.

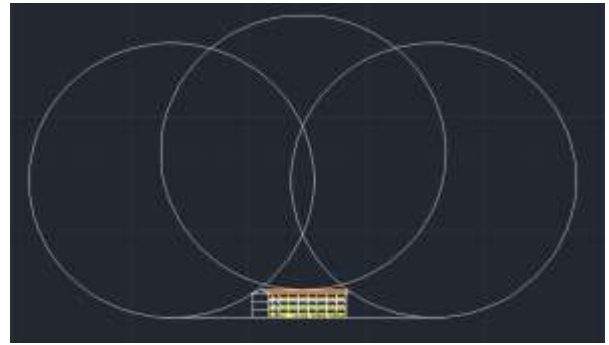


Gambar 8. Peletakan terminal udara pada gedung sekolah Islam Inayah menggunakan metode *Collection Volume*.

Gambar 8 menunjukkan peletakan terminal udara pada gedung sekolah Islam Inayah, ketinggian finialnya yaitu 4 m sesuai standar *Erico System 3000* untuk metode *Collection Volume*. Dengan menggunakan metode *Collection Volume* menunjukkan gedung sudah terlindungi dengan metode *Collection Volume*.

IV.2 Metode Bola Bergulir

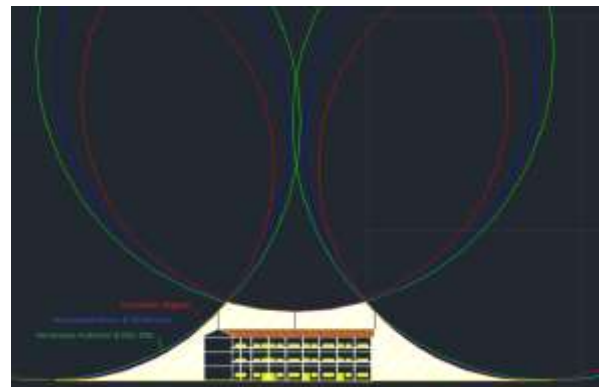
Proteksi gedung sekolah Islam inayah adalah proteksi tingkat IV maka jari-jari yang digunakan adalah 60 m.



Gambar 9. Penentuan titik sambar petir menggunakan metode Bola Bergulir.

Dalam penelitian ini standar arus puncak yang dipakai adalah dengan penetapan probabilitas 50 % yaitu sebesar 20 kA. Luas jari-jari untuk analisa penangkal petir maka dipakai persamaan dari beberapa peneliti yaitu :

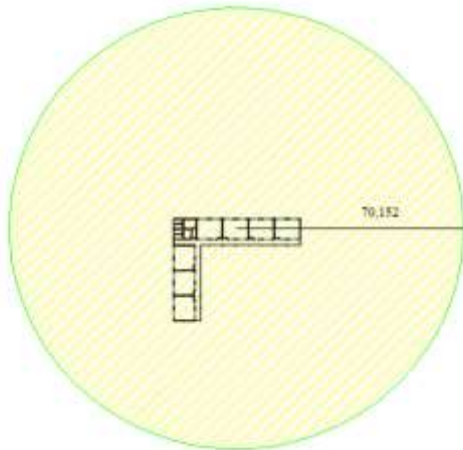
- Persamaan Wagner
 $R_s = 14,2 \times 20^{0,42}$
 $R_s = 49,971 \text{ m.}$
- Persamaan Brown & Whitehead
 $R_s = 6,4 \times 20^{0,75}$
 $R_s = 60,527 \text{ m.}$
- Persamaan Anderson And IEEE 1985
 $R_s = 8 \times 20^{0,65}$
 $R_s = 56,073 \text{ m.}$



Gambar 10. Metode Bola Bergulir pada gedung sekolah Islam Inayah

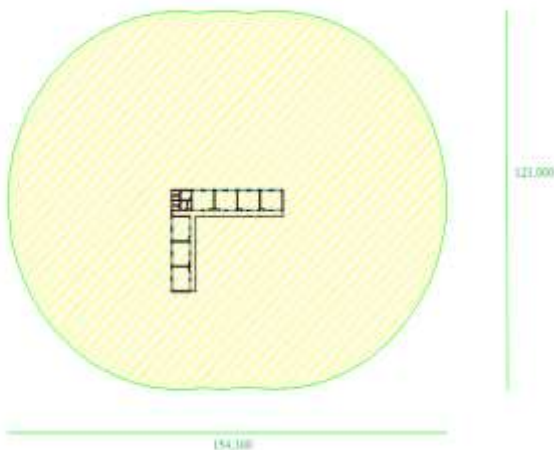
Gambar 10 menunjukkan bahwa hasil dari penerapan metode Bola Bergulir pada gedung sekolah Islam Inayah yang menggunakan tiga buah lingkaran dengan jari-jari yang berbeda dari persamaan Wagner, persamaan Brown & Whitehead, dan persamaan Anderson & IEEE 1985. Pada desain juga diletakkan tiga finial setinggi 4 meter agar area cakupan bola tidak bersentuhan dengan titik sambar petir.

IV.3 Perbandingan Metode Bola Bergulir dan Metode Collection Volume



Gambar 11. Penerapan Metode *Collection Volume* tampak atas

Gambar 11 menjelaskan bahwa menggunakan metode *Collection Volume* dapat melindungi bangunan dari sambaran petir. Lingkaran yang berwarna hijau adalah area proteksi dari gedung sekolah, luas jari-jari dari area proteksi adalah 70,152 m. Dan penggunaan finial pada gedung sebanyak 1 buah dengan tinggi 4 m.



Gambar 12. Penerapan metode Bola Bergulir tampak atas

Gambar 12. menjelaskan bahwa dengan menggunakan metode Bola Bergulir dapat melindungi gedung dari sambaran petir. Lingkaran yang berwarna hijau adalah area proteksi dari gedung sekolah. Area proteksi yang dimiliki juga lebih luas. Penggunaan finial pada metode Bola Bergulir adalah 3 buah dengan tinggi 4 m

Pada penerapannya, metode Bola bergulir memiliki area proteksi yang lebih luas dibanding metode *Collection Volume*. Tapi penggunaan metode Bola bergulir ini juga membutuhkan banyak air terminal yaitu sebanyak 3 buah. Dibandingkan dengan metode Bola Bergulir, penggunaan *air terminal* pada metode *Collection Volume* lebih sedikit yaitu 1 buah.

Metode *Collection Volume* juga terbukti lebih baik karena dapat meningkatkan efisiensi dari penggunaan *air terminal* yang akan dipasang pada gedung sekolah tanpa mengurangi tingkat perlindungannya.

IV.4 Perhitungan Down Conductor

Luas penghantar turun dari suatu instalasi penangkal petir dengan arus gangguan berlangsung selama 0,008 detik, dan temperatur konduktor yang diizinkan 10840 C kecuraman arus muka petir sebesar 16,38 kA/μs. (Zoro, 2002):

Nilai *Down Conductor* dari Metode Bola Bergulir adalah

$$A = 119 \sqrt{\frac{8,5 \times 10^{-6} (0,008)}{\log \log 10 \left[\frac{1084}{274} + 1 \right]}}$$

$$A = 11,71 \text{ mm}^2.$$

Dan nilai *Down Conductor* dari Metode *Collection Volume* adalah

$$A = 60 \sqrt{\frac{8,5 \times 10^{-6} (0,008)}{\log \log 10 \left[\frac{1084}{274} + 1 \right]}}$$

$$A = 7,027 \text{ mm}^2.$$

Karena luas penampang tidak ada yang mendekati nilai dimensi minimum penghantar penyalur yang sesuai dengan SNI, maka digunakan nilai luas penampang yang mendekati yaitu 16 mm².

IV.5 Sistem Penumaian

Perhitungan penumaian untuk sistem penangkal petir menggunakan tahanan jenis tanah $100 \, \Omega$ (sesuai dengan jenis tanah di sekolah Islam Inayah), diameter penangkal petir 1,5 cm dan panjang elektroda batang 1,5 m.

Menggunakan satu batang elektroda, maka nilai tahanannya adalah :

$$R = \frac{100}{2\pi \cdot 1.5} \left(\ln \frac{4 \times 1.5}{1.5} - 1 \right)$$

$$R = 4,098 \, \Omega.$$

Pada sistem penumaian, semakin kecil nilai tahanan yang dihasilkan maka semakin baik perlindungannya. Untuk itu dapat juga dilakukan sistem penumaian menggunakan dua elektroda batang. Dan nilai tahanan yang dihasilkan adalah

$$R = \frac{100}{2\pi \cdot 1.5} \left(\ln \frac{4 \times 1.5}{1.5} - 1 \right) \times 1,16$$

$$R = 3,321 \, \Omega.$$

Dikarenakan nilai dari tahanan yang dihasilkan adalah $4,098 \, \Omega$ untuk satu elektroda batang dan $3,321 \, \Omega$ untuk dua elektroda batang, maka penumaian menggunakan nilai diatas telah memenuhi persyaratan SNI yaitu nilai tahanan penumaiannya tidak melebihi $5 \, \Omega$.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan analisa perbandingan metode pada proteksi petir eksternal gedung bertingkat tiga sekolah Islam Inayah maka didapatkan kesimpulan yaitu :

Gedung bertingkat tiga sekolah Islam Inayah memerlukan proteksi petir eksternal dan penentuan kelas proteksinya adalah tingkat IV.

Pada penerapannya untuk bangunan, kedua metode mempunyai kelebihan masing-masing. Metode *Collection Volume* lebih efisien dan lebih detail karena juga menghitung arus dan sudut datang petirnya, dan dalam penerapannya pada gedung sekolah juga lebih mudah dan murah karena menggunakan satu buah penangkal petir saja. Sedangkan metode Bola Bergulir memiliki area perlindungan yang lebih luas dan mampu menangkap arus petir yang lebih besar dari metode *Collection Volume*.

DAFTAR PUSTAKA

- Bandri, Sepannur, 2012. Perancangan Instalasi Penangkal Petir Eksternal Gedung Bertingkat (Aplikasi Balai Kota Pariaman). *Jurnal Teknik Elektro ITP*, Volume 1, No. 2
- Hutagaol, Soli Akbar, 2010. *Studi Tentang Penangkal Petir Pada BTS (Base Transceiver Station) (Aplikasi pada PT. Telkomsel – Banda Aceh)*, Medan: skripsi USU
- Maradongan, 2017. Desain dan Analisa Sistem Proteksi Petir Pada Rumah Sakit Universitas Riau. *Jom FTEKNIK*, Volume 4, No.1
- Prabandoko, Habib, 2008. Studi Evaluasi Sistem Terminasi Udara pada Gedung Bertingkat Dengan Metode Bola Bergulir, Sudut Perlindungan dan Metode Jala. FT UI
- Peterson, Hotdin, 2017. Sistem Proteksi Eksternal Pada Gedung Baru Fakultas Teknik Universitas Riau. *Jom FTEKNIK*, Volume 4, No.2
- Ria, Gusnita Jufri,. *Perencanaan Instalasi Penangkal Petir di Laboratorium Terpadu Fakultas Ekonomi UNP*, Padang :Tugas Akhir UNP (2009).
- Rendi Veriyandi. *Perancangan Sistem Proteksi Petir Eksternal Menggunakan Metoda Collecting Volume pada Gudang TNT di PT Dahana (Persero)*. Oktober (2014).
- Protection of Structures Against Lightning (IEC 1024-1-1)*. International Electrotechnical Commision 81 (2005).
- Peraturan Umu m Instalasi Penangkal Petir untuk Bangunan di Indonesia*. Jakarta: Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan.(1983).
- Zoro Reynaldo, Dr., *Sistem Proteksi terhadap sambaran petir pada struktur tinggi dengan bangunan disekitarnya*. Lab. Teknik Tegangan Tinggi dan arus Tinggi, ITB, 2002.