



Analisa Dan Perancangan Sistem Penangkal Petir Pada Gedung Gereja Musafir Buha Manado

Nathaniel Lumalan Bijang¹, Yonatan Parassa², Toban Tiku Pairunan³,
Elieser Mangoting Rongre⁴, Ottopianus Mellolo⁵, Jusuf Luther Mappadang⁶

¹²³⁴⁵Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Manado
Jl. Politeknik Raya Kel.Buha Kec. Mapanget Kota Manado

Email : 1natanlubi18@gmail.com, 2yonatan.pa@gmail.com, 3robanpairunan@gmail.com,
4elieserrongre@gmail.com, 5ottopianusmellolo@gmail.com, 6luthermappadang@gmail.com

Abstrak

Gedung gereja musafir Manado adalah sebuah bangunan yang berada di daerah yang memiliki ketinggian di kota Manado dengan guntur yang sering terjadi hingga 126 hari setiap tahunnya. Desa Buha dikategorikan daerah rawan petir, termasuk gedung Gereja Musafir. Penelitian ini bertujuan untuk desain kebutuhan sistem pentanahan terhadap tingginya angka sambaran petir sesuai dengan ketentuan dalam bidang ilmu kelistrikan. Riset ini dilaksanakan dengan merujuk pada metode kuantitatif. Perencanaan pemasangan penangkal petir di gedung gereja Musafir Buha Manado menggunakan jenis konvensional, untuk kabel penghantar dari ujung sampai pada bak control menggunakan kabel BC. Jenis ground rod batang yang memiliki panjang 6 m dan diameter 8 mm. sejumlah 4 buah batang elektroda pentanahan yang ditanam pada 4 titik yang berbeda disekitar gedung Gereja, yang dihubungkan secara paralel sehingga menghasilkan nilai tahanan secara total berdasarkan perhitungan / teoritis sebesar 5 Ohm, dengan jenis tanah berupa tanah liat/ tanah ladang. Hasil penelitian menunjukkan Gedung gereja musafir Manado perolehan sambaran petir langsung (Nd) sebanyak 0,139 per tahun, hal ini menjadi dasar bahwa Sistem proteksi pada Gedung Gereja Musafir Buha merupakan suatu kebutuhan, dimana dari hasil kalkulasi menunjukkan tingkat proteksi yang dibutuhkan berada pada level IV, menggunakan sudut proteksi 69°.

Kata kunci: Penangkal Petir, pentanahan, proteksi, tahanan tanah.

1. PENDAHULUAN

Negara kita Indonesia terletak di garis ekuator yang memiliki jumlah hari berguruh atau thunder day pertahunnya sangat tinggi dibanding negara lainnya yakni berada pada kisaran 100 – 200 hari guruh pertahun. Sambaran petir dapat merugikan bahkan mematikan manusia yang tersambar petir maka itulah dibutuhkan sistem penangkal atau proteksi petir. Petir adalah sebuah fenomena alam berupa terjadinya loncatan listrik dari awan yang bermuatan listrik negatif ke awan yang bermuatan listrik positif serta dapat mencapai bumi dengan tegangan yang sangat tinggi. Sehingga medium udara yang dilalui oleh petir dapat mencapai temperatur lebih dari 25000°C dan menghasilkan suara yang sangat keras dan mengerikan. Untuk Indonesia khususnya kota Manado petir ini merupakan hal yang sering terjadi dan sifatnya yang sewaktu-waktu dapat merusak dan mematikan

makhluk hidup dan menghancurkan / membakar harta benda manusia. Dampak dari terkena petir bisa mendatangkan resiko terbakar bahkan dapat berakibat fatal bagi orang. Ketika terkena petir maka dapat terjadi lompatan daya listrik, loncatan ini bisa mengalir kemana-mana hingga puluhan kilometer meskipun sambaran petir terjadi/jatuh di daerah yang agak jauh misalnya 1 km dari rumah anda, arus imbasnya tetap mengalir pada berbagai kabel tembaga seperti kawat penghantar listrik PLN, kabel Telkom. Arus imbas ini meskipun lebih kecil tetapi tetap memiliki kemampuan merusak peralatan elektronik didalam gedung bangunan. Menyangkut perihal penjabaran yang diulas di atas, dibutuhkan sistem perlindungan agar bangunan dapat terminimalisir dari resiko dan dampak dari sambaran petir. Baik sambaran langsung maupun sambaran tidak langsung untuk itu merupakan kebutuhan setiap bangunan diperlengkapi dengan penangkal petir. Masalah pada Gedung Gereja Musafir Buha adalah Bagaimana cara menganalisa dan merancang sistem penangkal petir di Gedung Gereja Musafir Buha yang handal dan terpercaya, dapat bekerja/berfungsi dengan baik saat melakukan tugas penangkalan petir sesuai dengan standar-standar yang mengatur tentang hal itu. Tujuan dari penelitian ini adalah Memberi pengamanan terhadap bangunan berupa perlindungan terhadap sambaran petir di Gedung Gereja Musafir Buha Manado Menganalisa dan merencanakan sistem penangkal petir di gedung gereja Musafir Buha Manado yang memenuhi standar peraturan yang mengatur tentang hal tersebut sehingga sistem tersebut nantinya akan memiliki tingkat keandalan yang tinggi dan terpercaya saat penangkal petir itu terpasang dan dapat bekerja/berfungsi dengan baik melakukan tugasnya untuk mengamankan gedung dan manusia serta harta benda dalam gedung gereja Musafir Buha di saat terjadinya sambaran petir yang menghantam gedung Gereja tersebut.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif yaitu suatu metode atau cara menyelesaikan problem dengan menggunakan data angka yang diolah dan dikalkulasikan tentunya dari pengumpulan data. Pengumpulan data dilakukan dengan pengamatan secara langsung ke objek yang diteliti, studi pustaka, wawancara, studi literature untuk mendapatkan, mengumpulkan dan melakukan studi terhadap semua perspektif teori dari berbagai sumber rujukan mengenai sistem perlindungan atau penangkalan petir pada bangunan gedung.

Pengamatan dilakukan dalam rangka mengambil data dengan yaitu terjun dan melihat objek dilapangan. Data yang didapat diantaranya data tinggi, panjang, lebar bangunan. Penentuan kebutuhan sistem penangkal petir pada Gedung Gereja Musafir Buha akan menggunakan standar-standar baik standar nasional maupun standar internasional.

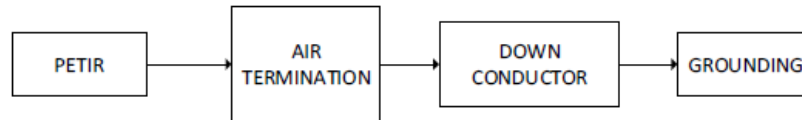
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Petir merupakan gejala alam biasa yang muncul pada musim hujan dengan munculnya kilatan cahaya sesaat yang menyilaukan disusul dengan suara menggelegar yang mengerikan. Perbedaan waktu antara cahaya kilatan dan suara menggelegar disebabkan oleh adanya perbedaan waktu antara kecepatan cahaya dan kecepatan suara.

Petir bisa disamakan atau dianalogikan seperti sebuah aki yang sangat besar, dimana lempeng pertama adalah awan yang dapat sebagai titik negatif atau bisa sebagai titik positif dan lempeng lainnya adalah bumi yang diasumsikan sebagai titik netral (muatannya nol).

Salah satu jenis petir diantaranya yaitu jenis petir awan ke bumi, petir ini tergolong berbahaya dan paling merusak berasal dari muatan yang lebih rendah (muatan negative) yang mengalir ke tanah. Pada musim hujan, tipe petir seperti ini dapat menghantarkan muatan positif.

Diperlukan usaha untuk melakukan proteksi serta meminimalisir eksese negatif akibat sambaran petir maka diinstal sistem proteksi di bangunan. Sistem proteksi dapat berwujud pentanahan atau grounding, bisa juga berupa penangkal petir.



Gambar 1 : Diagram blok sistem penangkal petir pada gedung bangunan

Penjelasan blok diagram sistem Penangkal petir diatas adalah sebagai berikut :

Petir adalah kilatan cahaya yan tiba-tiba muncul diantara awan dan tanah /bumi .Terjadinya petir karena adanya perbedaan potensial yang sangat besar pada awan dan dataran dimana terjadi semacam pemaksaan penyaluran energi dari awan ke tanah atau bumi, dikenal dengan sebutan petir atau halilintar.

Terminal Udara adalah tameng atau pelindung berwujud batang konduktor serupa tombak logam dimana berfungsi menangani sambaran petir. Tameng siap-siap menyambut sambaran petir dimana letak atau kedudukannya yang lebih tinggi dibandingkan objek lain. Ujung tameng berbentuk lancip agar pada saat leader mendekat dan kuat medan semakin besar maka upward streamer dapat lebih cepat terbentuk mendahului objek di sekitarnya. Muatan energi dari petir dialirkan ke sistem pentanahan.

Konduktor penyalur atau Down conductor berfungsi menyalurkn energi listrik dari petir yang ditangkap oleh air termination ke sistem

Pentanahan atau Grounding. Aliran arus petir berasal dari down conductor diambil oleh sistem pentanahan / grounding dengan tujuan mengalirkan energi yang sangat besar itu ke tanah untuk dinetralkan muatannya.

Sistem penangkal petir wajib memenuhi beberapa standar yang telah ditetapkan ,adapun standar tersebut adalah sebagai berikut :

- a. Standar NF C 17 – 102
 - Menentukan luas daerah yang memiliki potensi sambaran petir
 - Pengambilan keputusan apakah diperlukan atau tidak sebuah sistem penangkal petir
- b. Standar NFPA 780
 - Menentukan jarak antara air termination atau biasa juga dinamai Splitzen
 - Menentukan Diameter batang logam Splitzen (air termination)
 - Menentukan luas penampang kabel down conductor
- c. PUIL 2000
 - Menentukan nilai tahanan pentanahan/grounding untuk sistem pembumian pada sistem penangkal petir yaitu 5 ohm atau kurang dari itu.

Standar NF C 17 – 102

NF C dikenal sebagai organisasi standar yang memfokuskan pada masalah desain dan pemasangan alat penangkal petir yang bertujuan untuk mencegah jatuhnya korban jiwa dan kerugian property. Standar NF C 17 – 102 antara lain mengenai :

- Menentukan luas daerah yang memiliki potensi sambaran petir
- Pengambilan keputusan apakah diperlukan atau tidak sebuah sistem penangkal petir

Luas daerah yang masih memiliki potensi sambaran petir atau (luas daerah terdampak ekivalen dari objek bangun satuan m^2). Seluruh area gedung yang diasumsikan terdapat frekwensi sambaran petir direk tahunan disebut dengan area cakupan ekivalen (A_e). Nilai A_e dihitung dengan persamaan :

$$A_e = ab + 6h(a+b) + 9\pi h^2 \quad (1)$$

Dimana :

A_e = Luas daerah yang masih memiliki potensi sambaran petir atau (area cakupan ekivalen dari objek bangunan satuan m^2)

a = Panjang Gedung Bangunan

b = Lebar Gedung Bangunan

h = Tinggi Gedung Bangunan

Densitas sambaran petir per_ Km pertahun ditentukan dengan persamaan

$$N_g = 0,04 \cdot T_d^{1,27} \quad (2)$$

Dimana :

N_g = Densitas sambaran petir perkilometer pertahun dalam daerah ditempat gedung bangunan berada.

T_d = Jumlah hari guruh (Guntur) pertahun yang didapat dari data Badan Meteorologi dan Geofisika atau BMG

T_d untuk kota Manado dan sekitarnya berada di angka 126 (tingkat sedang)

Sambaran Petir Langsung

$$N_d = N_g \cdot A_e \cdot 10^{-6} \quad (3)$$

Dimana :

N_d = Frekwensi rata-rata tahunan sambaran petir langsung ke gedung bangunan.

N_g = Densitas sambaran petir perkilometer pertahun dalam daerah ditempat gedung bangunan berada.

A_e = Luas daerah yang masih memiliki potensi sambaran petir atau (area cakupan ekivalen dari objek bangunan satuan m^2)

Pengambilan keputusan perlu atau tidaknya memasang sistem penangkal petir pada gedung bangunan

Persyaratan penentuan akan keperluan sistem penangkal petir harus memperhatikan syarat sebagai berikut :

a. Jika N_d lebih kecil atau sama dengan N_c maka tidak perlu dilakukan pemasangan sistem penangkal petir pada bangunan tersebut.

b. Jika N_d lebih besar dari pada N_c maka diperlukan pemasangan sistem penangkal petir pada bangunan tersebut

$$E_c = \left(1 - \left(\frac{N_c}{N_d} \right) \right) \quad (4)$$

Dimana :

E_c = Efisiensi sistem proteksi petir

N_c = Pengamatan Frekwensi sambaran petir tahunan yang diperbolehkan

N_d = Frekwensi rata-rata tahunan sambaran petir langsung ke bangunan gedung

Berdasarkan perolehan data di daerah setempat didapat nilai frekwensi sambaran petir tahunan (N_c) yang masih ditoleransi aman yaitu sebanyak 10^{-7} pertahun. Atau ($N_c = 0,1$ / tahun)

Jika : $E \geq \left(1 - \left(\frac{N_c}{N_d} \right) \right)$ maka sebaiknya gedung bangunan dipasang sistem proteksi atau penangkal petir dan tingkat proteksi yang tepat dipilih berdasarkan tabel berikut ini :

Tabel 1 : Tingkat proteksi dan Efisiensi (E)

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

(Sumber :SNI 03-7014.1-2004)

Hubungan Arus (I) dan Jarak Sambaran Petir (r_s)

$$r_s = 10 \cdot I^{0,65} \quad (5)$$

Dimana :

r_s = Jarak sambaran petir (m)

I = Nilai Arus puncak petir (kA)

Nilai arus puncak petir dapat dilihat tabel sebagai berikut :

Tabel 2 : Nilai Parameter Petir

Parameter Petir		Tingkat Proteksi		
		I	II	III-IV
Nilai Arus Puncak	I (kA)	200	150	100
Muatan Total	Q_{total} (C)	300	225	150
Muatan Impulse	Q_{impuls} (C)	100	75	50
Energi Spesifik	W/R (kJ/Ohm)	10000	5600	2500
Kecuraman rata2	di/dt 30/90% (kA/us)	200	150	100

Sudut lindung (α^0) untuk proteksi petir

$$\alpha^0 = \sin^{-1} \left| 1 - \left(\frac{h}{r_s} \right) \right| \quad (6)$$

Dimana :

h = tinggi ujung atas splitzen terhadap tanah (m)

r_s = Jarak sambaran petir ke ujung splitzen (m)

Radius daerah perlindungan (r)

$$r = \sqrt{2 \cdot r_s \cdot h - h^2} \quad (7)$$

Dimana :

r = Radius (Jari-jari) satuan meter

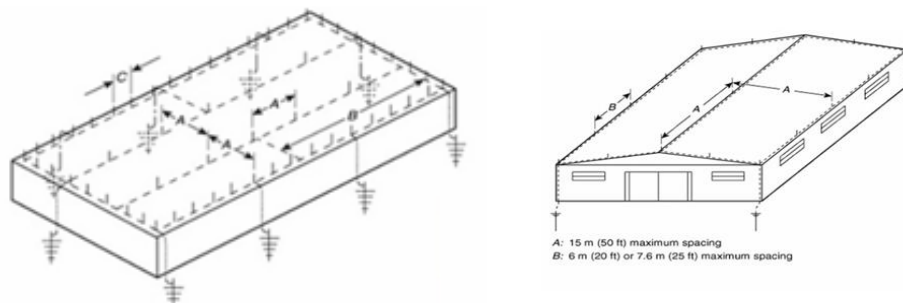
h = tinggi ujung atas splitzen terhadap tanah (m)

r_s = Jarak sambaran petir ke ujung splitzen (m)

Standar NFPA 780

Organisasi NFPA adalah wadah yang yang berkonsentrasi pada pencegahan kebakaran, listrik, dan keamanan gedung. Kurang lebih 300 kode dan standar dengan cakupan perihal di atas dengan tujuan sedapat mungkin mencegah timbulnya korban baik manusia maupun bangunan. Standar NFPA 780 antara lain mengenai :

- Menentukan jarak antara air termination atau biasa juga dinamai Splitzen
- Menentukan Diameter batang logam Splitzen (air termination)
- Menentukan luas penampang kabel down conductor
-



Gambar : Air Terminals pada atap gedung (House Roof)

A = 15 m jarak maksimum antara splitzen pada bagian tengah dan jarak antara rod tepi atap dengan tengah atap sisi panjang

B = 45 m panjang maksimum panjang konduktor yang diizinkan (jika lebih harus dijadikan titik ground atau down conductor)

C = 6 m sampai 7,6 m jarak maksimum antara splitzen pada sbagian tepi atap gedung

Down Conductor

Down conductor adalah perangkat berwujud kabel berguna menghantarkan energi dari petir yang diserap oleh terminal udara kemudian menyalurkan pada sistem pentanahan.

Kita dapat memutuskan pemilihan tipe material, penampang, down conductor serta sistem pentanahan merujuk tabel 4 di bawah :

Tabel 4: Dimensi Minimum Bahan Sistem Penangkal Petir (SNI 03-7014 1-2004)

Tingkat Proteksi	bahan	Air terminal (mm ²)	Down Conductor (mm ²)	Grounding (mm ²)
I sampai IV	Cu	35	16	50
	Al	70	25	-
	Fe	50	50	80

Dikarenakan arus petir yang disalurkan oleh down conductor dari air terminal menuju grounding sistem adalah arus yang tidak kecil, untuk itu penentuan penampang dan konduktor berfungsi sebagai penyalur ditetapkan merujuk pada pedoman untuk keamanan. Berdasar tabel 4 diatas tentang penentuan material dan luasan penampang berdasarkan standar Nasional Indonesia (SNI) 03 – 7014 1 – 2004 ditentukan material tembaga (Cu) yaitu kabel BC dengan ukuran 16 mm² bertujuan meminimkan efek induksi elektromagnetik, dimana dapat terjadi ketika terdapat sambaran petir, disarankan down conductor berjarak sekurang-kurangnya 10 cm dari tembok atau tiang penyokong. Sistem Pembumian (Grounding System)

Grounding Sistem bertujuan untuk menyalurkan arus listrik dengan cara aman melalui tanah ke bumi. Sistem pembumian (grounding sistem) yang merupakan batang elektroda berguna sebagai perangkat penyaluran dengan cara ditanamkan ke tanah yang tentunya terhubung secara langsung kepada bumi. Elektroda pembumian ini terbuat dari batang elektroda tembaga atau besi yang kuat ditanamkan secara lurus masuk pada bumi, panjangnya 1 meter hingga 5 meter dengan luas penampang minimal 50 mm² dan ditanamkan kedalam tanah dengan resistansi (Tahanan) lebih kecil atau sama dengan 5 Ohm sesuai dengan PUIL 2000

Elektroda sistem pembumian yang ditanam menggunakan Copper Rod (Tembaga Pejal) lingkaran elektroda berdiameter 5/8 inch atau 15,89 mm dan panjangnya adalah 4 m

Ragam cara digunakan untuk mengurangi nilai resistansi pentanahan elektroda batang pembumian sesuai IEEE std 142-1982 yakni :

1. Menambah banyak elektroda pentanahan
2. Menambah panjang ukuran elektroda pentanahan
3. Membuat perlakuan terhadap sosome pembumian (soil treatment)

Nilai Tahanan tanah bisa diketahui dengan mempergunakan persamaan sebagai berikut :

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln \frac{4L}{a} - 1 \right] \quad (8)$$

Dimana :

R = Tahanan batang elektroda yang ditanam (Ohm)

ρ = Tahanan jenis tanah rata-rata (Ohm .m)

L = Panjang pasak atau batang elektroda ke tanah (m)

a = Jari-jari penampang batang elektroda (m)

Rumus Dwight diatas menunjukkan bahwa tahanan jenis tanah (ρ) merupakan factor kunci yang menentukan tahanan elektroda pentanahan untuk memperoleh nilai tahanan yang rendah maksimum 5 Ohm sesuai PUIL 2000

Tabel 3 : Tahanan jenis beberapa jenis tanah diambil dari (3.18.3.1. PUIL 2000)

Jenis Tanah	Tahanan Jenis (Ωm)
Tanah Rawa	30
Tanah Liat & Ladang	100
Pasir basah	200
Kerikil Basah	500
Pasir & Kerikil Kering	1000
Tanah Berbatu	3000

Kadar resistensi grounding adalah relatif terhadap tipe tanah. Kadar perbedaan tersebut diakibatkan struktur tanah yang berbeda antara tipe-tipe tanah tersebut.

Sistem penangkal Petir Gedung Gereja Musafir Buha

Berdasarkan Standar **NF C 17 – 102**, standar nasional Indonesia (SNI 03-7015-2004),

a. Area cakupan ekivalen Untuk Gedung Gereja Musafir Buha Manado yang mempunyai panjang (a) 20 meter, lebar(b) 10 meter dan tinggi (h) 12 meter dapat ditentukan dengan menerapkan persamaan

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

Dimana :

Ae = Luas daerah yang masih memiliki potensi sambaran petir atau (area cakupan ekivalen dari objek bangunan satuan m^2)

a = Panjang Gedung Gereja

b = Lebar Gedung Gereja

h = Tinggi Gedung Gereja

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

$$Ae = [(20.10) + 6.12(20+10) + 9. 3,14 . (12)^2] m^2$$

$$Ae = 6429,44 m^2$$

b. Menentukan kerapatan sambaran petir ke tanah rata-rata tahunan (Ng) dengan persamaan :

$$Ng = 0,04. T_d^{1,27} \quad / km^2/tahun \quad (10)$$

Dimana :

Ng = Kerapatan atau densitas sambaran petir perkilometer pertahun dalam daerah ditempat gedung bangunan berada.

T_d = Jumlah hari guruh (Guntur) pertahun yang didapat dari data Badan Meteorologi dan Geofisika atau BMG

T_d untuk kota Manado dan sekitarnya berada di angka 126 (tingkat sedang)

$$Ng = 0,04. T_d^{1,27} \quad / km^2/tahun$$

$$Ng = 0,04. (126)^{1,27}$$

$$Ng = 18,6 / km^2/tahun$$

c. Frekuensi sambaran petir langsung (N_d) ke gedung bangunan menggunakan persamaan :

$$N_d = Ng. Ae. 10^{-6} / tahun . \quad (11)$$

Dimana :

N_d = Frekwensi rata-rata tahunan sambaran petir langsung ke gedung bangunan.

Ng = Densitas sambaran petir perkilometer pertahun dalam daerah ditempat gedung bangunan berada.

A_e = Luas daerah yang masih memiliki potensi sambaran petir atau (area cakupan ekivalen dari objek bangunan satuan m^2)

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

$N_d = 18,6 \cdot 6429,44 \cdot 10^{-6} / \text{tahun}$

$N_d = 0,12 / \text{tahun}$

Pengambilan keputusan perlu atau tidaknya memasang sistem penangkal petir pada gedung bangunan

Persyaratan penentuan akan keperluan sistem penangkal petir harus memperhatikan syarat sebagai berikut :

a. Jika N_d lebih kecil atau sama dengan N_c maka tidak perlu dilakukan pemasangan sistem penangkal petir pada bangunan tersebut.

b. Jika N_d lebih besar dibandingkan N_c maka diperlukan instalasi penangkal petir pada bangunan tersebut

$$E = \left(1 - \left(\frac{N_c}{N_d} \right) \right) \quad (12)$$

Dimana :

E = Efisiensi sistem proteksi petir

N_c = Pengamatan Frekwensi sambaran petir tahunan yang diperbolehkan

N_d = Frekwensi rata-rata tahunan sambaran petir langsung ke bangunan gedung

Merujuk data yang diperoleh di desa Buha, didapatkan hasil sambaran petir pertahun (N_c) dengan toleransi yang dimaklumi yakni 10 pertahun Atau ($N_c = 0,10 / \text{tahun}$)

a. Karena: $N_d (0,12) > N_c (0,10)$ maka diperlukan pemasangan sistem penangkal petir pada bangunan tersebut

$$E = \left(1 - \left(\frac{N_c}{N_d} \right) \right) \quad (13)$$

$$E = \left(1 - \left(\frac{0,10}{0,12} \right) \right)$$

$$E = 0,167 = 16,7\%$$

b. Jika : $E \geq \left(1 - \left(\frac{N_c}{N_d} \right) \right)$ maka sebaiknya gedung bangunan dipasang sistem proteksi atau penangkal petir dan tingkat proteksi yang tepat dipilih berdasarkan tabel berikut ini :

Tabel 1 : Tingkat proteksi dan Efisiensi (E)

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

(Sumber :SNI 03-7014.1-2004)

Dengan demikian nilai $E = 0,167$ berdasarkan tabel 1 diatas maka nilai $E = 0,167$ berada pada tingkat proteksi level IV dengan nilai efisiensi antara 0% - 80%

Hubungan Arus (I) dan Jarak Sambaran Petir (r_s)

$$r_s = 10 \cdot I^{0,65} \quad (14)$$

Dimana :

r_s = Jarak sambaran petir (m)

I = Nilai Arus puncak petir (kA)

$I = 100$ kA berdasarkan tabel (4) yaitu arus puncak petir untuk tingkat proteksi III-IV

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

$$r_s = 10 \cdot 100^{0,65} = 199,53 \text{ m} = 200 \text{ meter}$$

Sudut lindung (α^0) untuk proteksi petir

$$\alpha^0 = \sin^{-1} \left| 1 - \left(\frac{h}{r_s} \right) \right| \quad (15)$$

Dimana :

h = tinggi ujung atas splitzen terhada tanah (m)

r_s = Jarak sambaran petir ke ujung splitzen (m)

$$\alpha^0 = \sin^{-1} \left| 1 - \left(\frac{h}{r_s} \right) \right|$$

$$\alpha^0 = \sin^{-1} \left| 1 - \left(\frac{13}{200} \right) \right| = \sin^{-1} (0,935)$$

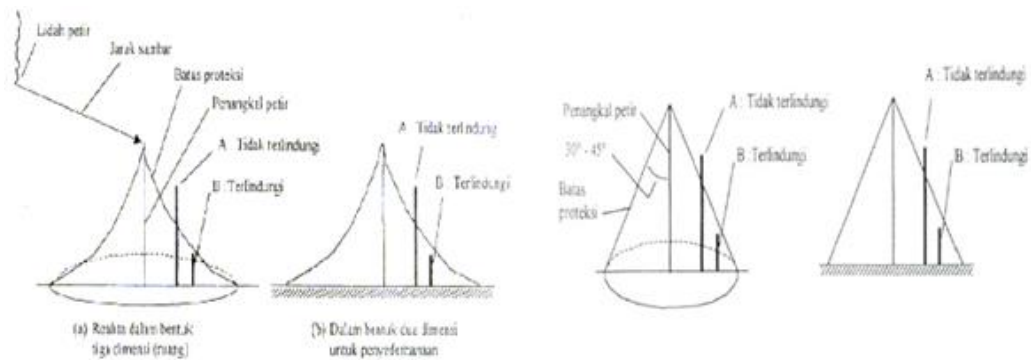
$$\alpha^0 = 69^0 \text{ (sudut perlindungan atau sudut proteksi = } 69^0 \text{)}$$

Radius daerah perlindungan (r)

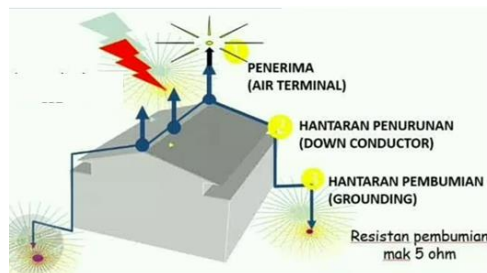
$$r = \sqrt{2 \cdot r_s \cdot h - h^2} \quad (16)$$

$$r = \sqrt{2 \cdot 200 \cdot 13 - 13^2}$$

$$r = 71 \text{ m (Radius perlindungan 71 meter)}$$



Gambar 3 : Konsep ruang proteksi berbentuk ruang kerucut



Gambar 4 : Sistem penangkal petir pada Gedung Gereja Musafir Buha Manado

Sistem penangkal petir sebagaimana gambar 4 diatas menggunakan 3 buah air terminal dengan jarak antaranya atau spasi 10 meter dan tinggi masing-masing splitzen adalah 1 meter dari ujung atas atap gedung Gereja Musafir Buha Manado.

Down Conductor (Kawat Penghantar yang menghubungkan anatar air terminal atau splitzen dengan Gounding sistem)

Down conductor adalah adalah perangkat atau elemen berwujud kabel dengan kegunaan menghantarkan arus listrik yang berasal dari petir dan ditampung pada terminal udara untuk diteruskan pada sistem grounding. Dalam memilih dan memilih jenis material dan luasan penampang terminal udara, sistem grounding dan down conductor dapat dilihat pada tabel 4.

Merujuk data pada tabel 4 tentang penentuan material dan luas penampang, menggunakan atau merujuk pada ketentuan dari Standar nasional indonesia (SNI) 03-70141-2004 maka diputuskan untuk menggunakan material dari bahan tembaga (Cu) lebih spesifiknya jenis kabel BC dengan diameter 16 mm². Dalam rangka meminimalisir resiko induksi elektromagnetik yang dapat terjadi

ketika petir menyambar, alangkah baiknya down conductor memiliki bentangan minimal 10cm dari tiang penopang atau penyekat atau tembok.

Sistem Pentanahan (Gouding)

Nilai Tahanan tanah bisa diketahui dengan mempergunakan persamaan sebagai berikut :

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln \frac{4L}{a} - 1 \right] \quad (17)$$

Dimana :

R = Tahanan batang elektroda yang ditanam (Ohm)

ρ = Tahanan jenis tanah rata-rata (Ohm .m) = 100 ohm.m (tanah liat & tanah Ladang)

L = Panjang pasak atau batang elektroda ke tanah (m) = 6 m

a = Jari-jari penampang batang elektroda (m) = 4 mm = 0,004 m

Rumus Dwight diatas menunjukkan bahwa tahanan jenis tanah (ρ) merupakan factor kunci yang menentukan tahanan elektroda pentanahan untuk memperoleh nilai tahanan yang rendah maksimum 5 Ohm sesuai PUIL 2000

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln \frac{4L}{a} - 1 \right] \quad (18)$$

$$R = \frac{100}{2 \cdot 3,14 \cdot 6} \left[\ln \frac{4 \cdot (6)}{0,004} - 1 \right]$$

$$R = 2,6 (7,7) = 20 \text{ Ohm}$$

Sistem pentanahan yang digunakan dalam perencanaan instalasi penangkal petir pada Gedung gereja Musafir Buha manado adalah penanaman elektroda pentanahan secara vertikal di dalam tanah dan dengan kedalaman 6 (enam) meter sebanyak 4 (empat) titik elektroda pentanahan dari batang tembaga dengan luas penampang 50 mm² dan panjang 6 m yang dihubung paralel sehingga berdasarkan perhitungan secara teoritis menghasikn nilai tahanan sebesar 5 ohm sesuai standar PUIL 2000 Pasal 3. 13.2. 10. bahwa tahanan sistem gronding maksimum 5 Ohm.

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R3} + \frac{1}{R4}$$

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{20} + \frac{1}{20} + \frac{1}{20} + \frac{1}{20} = \frac{4}{20}$$

$$R_{total} = R = \frac{20}{4} = 5 \text{ ohm}$$

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan, Gedung Gereja Musafir Buha Manado yang bertempat di lokasi dataran tinggi, merupakan lokasi sering terjadi guruh, yaitu 126 hari guruh per tahun. Dari kalkulasi didapat perolehan sambaran petir langsung (Nd) sebanyak 0,139 per tahun, hal ini menjadi dasar bahwa Sistem proteksi pada Gedung Gereja Musafir Buha merupakan suatu kebutuhan, dimana dari hasil kalkulasi menunjukkan tingkat proteksi yang dibutuhkan berada pada level IV, menggunakan sudut proteksi 69°. Dengan demikian maka desain batang terminal udara yang dibuat dari material tembaga (Cu) menggunakan luas penampang 35mm² yang ditaruh pada 3 lokasi, dimana dapat dilihat pada gambar 4. Selain itu konduktor penyalur yang digunakan adalah kabel jenis BC dari material tembaga (Cu) dengan diameter paling kurang 16 mm².

Sistem pentanahan yang digunakan dalam perencanaan instalasi penangkal petir adalah penanaman elektroda pentanahan secara vertical di dalam tanah sebanyak 4 batang elektroda pentanahan yang dihubung paralel sehingga berdasarkan perhitungan secara teoritis menghasikn nilai tahanan sebesar 5 ohm sesuai standar PUIL 2000 Pasal 3. 13.2. 10. bahwa tahanan sistem gronding maksimum 5 Ohm.

Maka dengan hasil perhitungan tersebut gedung Gereja Musafir Buha Manado hanya membutuhkan 3 batang penangkal petir (air terminal) masing-masing setinggi 1 meter dari puncak atap gedung Gereja, down conductor berupa kabel BC 16 mm², dan 4 batang elektroda tembaga sebagai grounding sistem sepanjang masing-masing 6 m dengan luas penampang 50 mm² yang ke empatnya dihubungkan secara paralel dengan demikian dapat dipastikan gedung Gereja Musafir Buha Manado sudah terproteksi seluruhnya. dari bahaya sambaran petir setiap saat.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada BPMJ dan warga jemaat Gereja Musafir Buha Manado yang turut berkontribusi dalam penulisan artikel ini atas kerjasamanya dan data-data yang diberikan kepada penulis.

Ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang banyak membantu terutama institusi Politeknik Negeri Manado yang mensupport kami

Daftar Pustaka

Anderson., R. V. 2012. Lightning Discharge and Fundamentals of Lightning Protection.

Aris, S. 2017, *Perancangan Instalasi Penangkal Petir Eksternal Metoda Franklin Pada Politeknik Enjinereng Indorama*, Jurnal Sinergi Vol. 21, No. 3, Oktober 2017:219-230

Dadan, A. H. (2010). *Optimalisasi Sistem Penangkal Petir Eksternal Menggunakan Jenis Early Streamer* (Studi Kasus UPTLAGG BPPT). 37-42.

Hakim, Zainal, Ir. Danial M.T., Managam Rajagukguk S.T., M.T., 2015. “*Perencanaan Sistem Proteksi Petir Masjid Raya Menggunakan Metode Bola Bergulir*”

Hutauruk. *Pengetanahan Netral Sistem Tenaga dan Pengetanahan Peralatan*. Jakarta: Erlangga, 1991.

IEC 1024-1-1: Protection of Structures Against Lightning. International Electrotechnical Commission 81, 1993.

Kunal, P. 2013, *Effect of Lightning on Building and Its Protection Measures*, International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT), Volume-2, Issue-6

Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir Untuk Bangunan di Indonesia. Direktorat penyelidikan masalah bangunan. Jakarta. 1983.

Rani, Dewi, 2019. “*Pemrograman Desain Sistem Penangkal Petir Eksternal Pada Gedung Bertingkat Berbasis Java*”

SNI 03-7014.1-2004. Sistem Proteksi Petir Pada Bangunan Gedung. Badan Standardisasi Nasional. 2004.

Suryadi, Aris. 2017. “*Perancangan Instalasi Penangkal Petir Eksternal Metoda Franklin Pada Politeknik Enjinereng Indorama*” Jurnal Sinergi Vol. 21, No. 3.