

EVALUASI PENANGKAL PETIR MENGGUNAKAN METODE SUDUT PROTEKSI DAN BOLA GELINDING PADA GEDUNG FIK/KESEHATAN UNIVERSITAS BORNEO TARAKAN

Ronaldo Pati Gapar Lago¹, Sugeng Riyanto²

^{1,2} Universitas Borneo Tarakan, Tarakan, Kalimantan Utara, Indonesia

¹rona1311098@gmail.com

²sugeng072.sr@gmail.com

Abstract— Evaluation of lightning protection using the protection angle and rolling ball method at the Fikes Building, University of Borneo Tarakan, external lightning at the Fikes Building, University of Borneo Tarakan and can prevent lightning strikes by plugging the electrode rod into the ground with an electrode rod length of 2 m or often called the plug method. which is in the Fikes Building, University of Borneo, Tarakan. The results of the data measured in the field along with the results of the data calculations obtained are as follows: Field data is 0.23 ohm, Calculation data is divided into two, namely: Calculation data according to field data is (0.75 ohm) and Calculation data according to SNI is (4.15 ohm), Thunder day data for 12 months with calculation results there are results 10.32 Km²/year, Lightning strike hazard index in table 2.5 with the results obtained at (12), rainfall data with calculated results of 5.24 Km²/year. The protection area (Ac) on the building in Middle roof is 100 574.29 Km² and side roof 90 416.08 Km², average annual lightning strikes in the middle roof gets 1.0 lightning strikes per year, and the side roof gets 0.90 lightning strikes per year. meanwhile the efficiency of lightning strikes in the middle roof of the building is 0.9% and the side roof of the building is 0.8%. Lightning strike data in 2022 in the area of the University of Borneo Tarakan is 1.659 A. The probability value or calculation number that a thunderstorm will occur is 13.8%, the calculated lightning radius is 345 m and the resulting circle of the rolling ball is 67.07 degrees.

Keywords— Lightning Arrester, Angle protection method, Rolling ball method.

Intisari—Evaluasi penangkal petir menggunakan metode sudut proteksi dan bola gelinding pada gedung Fikes Universitas Borneo Tarakan, petir external pada Gedung Fikes Universitas Borneo Tarakan dan dapat mencegah sambaran petir dengan cara batang elektorda di tancap ke tanah dengan panjang elektroda batang 2 m atau sering di sebut metode tancap yang ada pada Gedung Fikes Universitas Borneo Tarakan. Dengan menggunakan dua metode yaitu metode sudut proteksi dan metode bola gelinding. Adapun hasil data yang di ukur di lapangan berserta hasil perhitungan data yang di peroleh adalah sebagai berikut: Data lapangan 0,23 ohm, Data hasil perhitungan terbagi dua yaitu: Data perhitungan menurut data lapangan sebesar(0,75 ohm)dan Data perhitungan menurut SNI sebesar(4,15 ohm), Data hari guruh selama 12 bulan dengan hasil perhitungan terdapat hasil 10,32 Km²/tahun, Indeks bahaya sambaran petir pada tabel 2.5 dngan hasil yang di peroleh sebesar(12), data curah hujan dengan hasil perhitungan 5,24 Km²/tahun. Area proteksi (Ac) pada gedung yaitu Atap tengah 100 574,29 Km² dan Atap samping 90 416,08 Km², rata rata sambaran petir pertahun

Atap tengah 1,0 sambaran petir pertahun, dan Atap samping 0,90 sambaran pertahun, Sedangkan efesiensi sambaran petir Atap tengah gedung 0,9% dan Atap samping gedung 0,8%. Data sambaran petir tahun 2022 pada area Universitas Borneo Tarakan sebesar 1,659 A. Nilai probability atau angka perhitungan yang akan terjadi badai petir terdapat sebesar 13,8%, perhitugan jari jari petir 345 m dan hasil lingkaran bola gelinding 67,07 derajat.

Kata Kunci—Penangkal Petir, Metode sudut proteksi, Metode bola gelinding.

I. PENDAHULUAN

Keamanan Petir atau anti Petir adalah istilah yang telah dicampur dalam bahasa kita, perkataan yang diberikan oleh kedua istilah ini adalah 100 persen terlindungi dari risiko petir, namun sebagai aturan umum hal ini tidak benar. Sebenarnya ada beberapa faktor yang sangat berpengaruh dalam menghadapi bahaya petir; jika kita ingin menemukan solusi komprehensif untuk bahaya petir, kita perlu mempertimbangkan faktor-faktor ini.

Sambaran petir bergilir ke bangunan, misalnya sambaran petir di luar wilayah jaminan penangkal petir atau menyambar tiang petir yang telah diintroduksi, maka aliran petir ini menyebar melalui jalur listrik, saluran informasi atau apapun yang menyambar bangunan tersebut, akhirnya petir ini menyambar merusak daya unit perangkat keras dan gadget dalam struktur. Masalah ini juga membingungkan karena perangkat keras elektronik menggunakan voltase DC yang kecil dan sangat sensitif.

Pada dasarnya sistem pengamanan sambaran petir langsung tidak membuat posisi kita 100 persen aman dari sambaran petir melainkan membuat kondisi bangunan kita terhindar dari bahaya yang mematikan akibat sambaran langsung dan mengurangi efek kerusakan pada peralatan listrik dan elektronik jika terjadi adalah sambaran petir yang mengenai struktur kita. Maka istilah pengamanan petir yang paling tepat adalah penangkal petir.

Bangunan dan isinya akan rusak parah jika sambaran petir langsung menyambar konstruksi gedung atau bangunan. Hal ini karena dapat menimbulkan kebakaran, kerusakan alat elektronik bahkan korban jiwa. Akibatnya, penangkal petir harus dipasang di setiap gedung.

Saya memutuskan untuk mengambil judul tersebut karena saya ingin menguji penangkal petir di Gedung Ilmu Kesehatan Universitas Tarakan Tarakan untuk melihat

apakah penangkal petir tersebut dapat menangani arus sambaran petir secara normal atau apakah perangkat di darat dapat menanganinya. Meskipun nilai resistansi, atau R, harus menjadi yang paling umum, resistansi arde, atau resistansi, untuk instalasi proteksi petir atau anti-petir biasanya harus kurang dari 3 Ohm. Karena semakin rendah nilai hambatan atau hambatan maka semakin baik pula pembentukannya karena nilai hambatannya rendah, sehingga arus dari sambaran petir ke bangunan akan mengalir ke tanah lebih efektif karena tanah memiliki nilai R di bawah 5 Ohm.

A. Rumusan masalah

- Bagaimana mencari nilai R (resistansi pertanahan) pada gedung Fikes Universitas Borneo Tarakan.
- Bagaimana cara menghitung penangkal petir dengan metode sudut proteksi pada gedung Fikes Universitas Boarneo Tarakan
- Bagaimana cara menghitung penangkal petir dengan metode bola gelinding pada gedung Fikes Universitas Borneo Tarakan.
- Bagaimana mencari jari jari petir pada gedung Fikes Universitas Borneo Tarakan.

B. Batasan masalah

Agar penelitian ini dapat mencapai sasaran dan tujuan yang diharapkan maka penelitian ini dibatasi sebagai berikut:

- Metode yang di gunakan pada penelitian ini adalah menggunakan metode sudut proteksi dan metode bola bergulir.
- Penelitian ini hanya di lakukan pada gedung Fikes Universitas Borneo Tarakan.
- Data yang diambil di gedung Fikes Universitas Borneo Trakan.
- Tujuan
- Mengevaluasi apakah penangkal petir pada gedung Fikes Universitas Borneo Tarakan sudah bekerja dengan baik.
- Evaluasi sudut proteksi petir external pada Gedung Fikes Universitas Borneo Tarakan.
- Dapat mencegah sambaran petir dengan metode tancap/sudut pada Gedung Fikes Universitas Borneo Tarakan

C. Manfaat

- Agar gedung Fikes Universitas Borneo Tarakan lebih terasa aman.
- Agar gedung tersebut bisa lebih aman dan dapat mencegah dari sambaran petir dan kerusakan pada alat instalasi serta barang elektronika dan yang lainnya.

II. LANDASAN TEORI

A. Elektroda batang (Rod)

Elektroda batang merupakan elektroda yang terbuat dari besi atau baja profil yang dipasang secara tegak lurus masuk kedalam tanah (PUIL,2011,h.36). Umumnya digunakan batang tembaga atau biasa juga pipa galvanis dengan diameter minimal 1 inc sampai 2 inc (PUIL, 2011, h. 36), elektroda batang adalah elektroda dari pipa atau besi baja profil yang dipancangkan ke dalam tanah [1].

$$R_G = \frac{\rho}{2\pi L_R} \left[\ln \left(\frac{4L_R}{A_R} \right) - 1 \right] \tag{1}$$

B. Hubung paralel

Untuk memperkecil tanahan pentanahan maka pemasangan elektroda batang dapat dihubung paralel dengan jarak antara elektroda tersebut minimum harus dua kali panjangnya.

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \dots \dots \dots + \frac{1}{R_n} \tag{2}$$

C. Indeks gedung

Terdapat beberapa indeks yang mempengaruhi kelayakan suatu bangunan atau Gedung untuk dilakukan pemasangan instalasi penangkal petir (PUIPP). Untuk bangunan Gedung Laboratorium

$$R = \text{indeks A} + \text{indeks B} + \text{indeks C} + \text{indeks D} + \text{indeks E} \tag{3}$$

D. Kerapatan sambaran petir ke tanah

Kerapatan sambaran petir merupakan banyaknya kejadian sambaran petir ke bumi dalam kurun waktu satu tahun di suatu daerah. Kerapatan sambaran petir dapat ditentukan berdasarkan perbandingan antara jumlah sambaran petir dengan luas wilayah yang dikaji.

$$N_g = 0,04 \cdot T d^{1,25} K m^2/\text{tahun} \tag{4}$$

E. Area proteksi

Konsep zona proteksi petir memungkinkan untuk merencanakan, mengimplementasikan dan memantau tindakan proteksi. Semua perangkat, instalasi, dan sistem yang relevan harus dilindungi dengan andal sampai batas yang wajar secara ekonomi. Untuk itu, sebuah bangunan dibagi menjadi beberapa zona dengan potensi risiko yang berbeda.

$$A_e = ab + 6h(a + b) + 9\pi h^2 \tag{5}$$

F. Menghitung rata rata jumlah sambaran Petir/Tahun Atap tengah Gedung.

$$N_d = N_g \cdot A_e \cdot 10^{-6} \text{ pertahun} \tag{6}$$

G. Efisiensi

Efisiensi Sistem Proteksi Petir (SPP) ada beberapa tingkat proteksi I-II-III-IV dengan nilai efisiensi diantara 80% - 95%.

$$E \geq 1 - \frac{N_c}{N_d} \tag{7}$$

H. Mencari arus peir

Sebelum lanjut ke bola gelinding kita ahrus mengetahui berapa arus petir dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\text{arus petir}^{0,8m} \tag{8}$$

I. Bola bergulir/bola gelinding

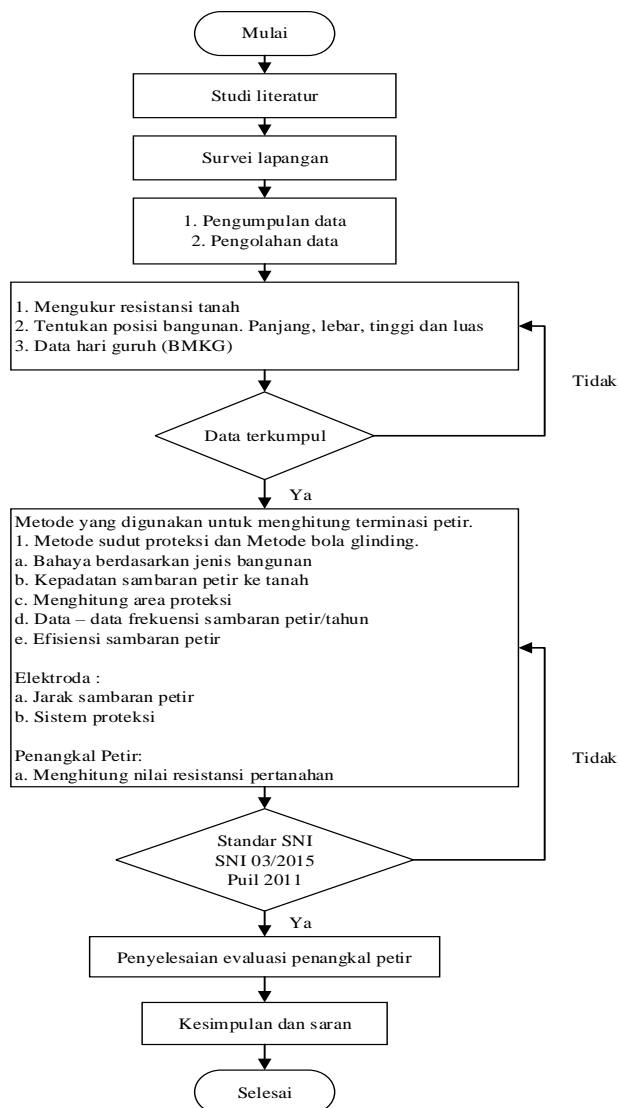
Penggunaan metode bola bergulir sangat baik digunakan terutama jika bentuk bangunannya rumit. Metode ini dilakukan dengan cara menggambarkan bangunan dan bola bergulir dengan jari-jari sesuai tabel perhitungan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\alpha = \sin^{-1} \left[1 - \left(\frac{h}{r} \right) \right] \tag{9}$$

III. METODE PENELITIAN

A. Diagram alir/kerangka penelitian

Diagram alir evaluasi penangkal petir menggunakan metode sudut proteksi dan bola gelinding ini menghitung resistansi tanah, tinggi lebar dan panjang gedung, data hari guruh, jumlah arus sambaran petir, jari jari petir.



Gambar 1. Flow Chart Penelitian

B. Tempat penelitian

Tempat penelitian tugas akhir ini adalah di gedung FIK/Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Borneo Taarakan

C. Metode

Metode yang di gunakan pada penelitian ini adalah menggunakan metode sudut proteksi dan metode bola bergulir. Penelitian ini hanya di lakukan pada gedung Fikes Universitas Borneo Tarakan dan data yang diambil di gedung Fikes Universitas Borneo Trakan.

IV.HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengukuran resistansi tanah dan jenis tanah pada Gedung Fikes/Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Borneo Tarakan.

Tabel I Hasil pengukuran data lapangan

Hasil ukuran dan jenis tanah (tanah pasir)	0,23 ohm (tanah pasir)
Panjang Elektroda Batang	2 Meter (elektroda batang)
Diameter Elektroda Batang	16 mm = 0,016 Meter

Perhitungan dari hasil data lapangan yang di ukur menggunakan persamaan sebagai berikut:

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

$$= \frac{0,23}{2.3,14.2} \left[\ln \left(\frac{4.2}{0,016} \right) - 1 \right]$$

$$= 7,351 \Omega$$

Dengan:

- R= pertanahan (ohm)
- ρ = pertanahan tanah jenis (ohm meter)
- L= panjang elektroda batang (meter)
- A= diameter elektroda (meter)

Karena di dapatkan hasil pertanahan yang besar maka dapat di perkecil dengan cara menggunakan persamaan hubung paralel.

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \dots \dots \dots + \frac{1}{R_n}$$

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{7,351} + \frac{1}{7,351} + \frac{1}{7,351} + \frac{1}{7,351}$$

$$+ \frac{1}{7,351} + \frac{1}{7,351} + \frac{1}{7,351} + \frac{1}{7,351}$$

$$+ \frac{1}{7,351} + \frac{1}{7,351} = 0,75 \Omega$$

B. Perhitungan menurut data PUIL 2011

Table II Jenis tanah dan Tahanan tanah

Jenis tanah pentanahan	Tahanan jenis tanah (Ω/m)
Tanah yang mengandung air dan garam	5-6
Tanah rawa	30
Tanah liat	100

Jenis tanah pentanahan	Tahanan jenis tanah (Ω/m)
Tanah pasir basah	200
Tanah batu kerikil basah	500
Tanah pasir dan batu kerikil kering	1.000
Batu	3.000

Sumber : (PUIL 2011, h. 42)

Perhitungan data lapangan menurut PUIL 2011 dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$R_G = \frac{\rho}{2\pi L_R} \left[\ln \left(\frac{4L_R}{A_R} \right) - 1 \right]$$

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

$$= \frac{200}{2.3,14.4} \left[\ln \left(\frac{4.2}{0,016} \right) - 1 \right]$$

$$= 41,51 \Omega$$

Dengan :

RG= pertanahan (ohm)

ρ = pertanahan tanah jenis (ohm-meter)

ln= logaritmus (dasar e=2.7182818)

LR= panjang elektroda batang (meter)

AR= diameter elektroda (meter)

Karena di dapatkan hasil pertanahan yang menurut PUIL 2011 sangat besar maka dapat di perkecil dengan cara menggunakan persamaan hubung paralel.

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \dots \dots \dots + \frac{1}{R_n}$$

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{41,51} + \frac{1}{41,51} + \frac{1}{41,51} + \frac{1}{41,51}$$

$$+ \frac{1}{41,51} + \frac{1}{41,51} + \frac{1}{41,51} = 4,15 \Omega$$

Tabel III

Tabel perhitungan menurut data PUIL 2011

1	Jenis tanah (ρ) tanah pasir	200 Ω
2	Panjang elektroda (L)	2 Meter
3	Prameter elektroda batang (a)	0,016 Meter
4	Hasil perhitungan	41,51 Ω
5	Total	4,15 Ω

C. Menghitung Indeks bahaya sambaran petir

Perhitungan penangkal petir.

- Panjang gedung : 84 Meter
- Tinggi gedung : 27,32 Meter
- Panjang terminasi : 2 Meter
- Hari guruh : 85/Tahun 2022

menghitung Indeks bahaya sambaran petir (R) PUIP 1983.

R= indeks A + indeks B + indeks C + indeks D + indeks E = (3+1+3+0+5)= 12 (sedang)

D. Menghitung kerapatan sambaran petir ke tanah rata rata Km^2 /tahun (SNI 0.7017.2004.h.8)

Mengnakan persmaan sebagai berikut:

$$N_g = 0,04 \cdot T d^{1,25} Km^2/tahun$$

$$N_g = 0,04 T d^{1,25} Km^2/tahun$$

$$= 0,04 \cdot 85^{1,25} Km^2/tahun$$

$$= 10,32 Km^2/tahun$$

P= data curah hujan/tahun

$$0,04 P^{1,25} Km^2/tahun$$

$$= 0,04 \cdot 49,86^{1,25} Km^2/tahun$$

$$= 5,24 Km^2/tahun$$

E. Menghitung area proteksi (A_c) atap tengah gedung FIKES

Tabel IV

Data Gedung Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Borneo Tarakan.

Tinggi atap	7,32 Meter
Panjang terminasi	2 Meter
Panjang gedung	84 Meter
Lebar gedung	20,50 Meter
Tinggi gedung	27,32 Meter
Tinggi gedung atap samping	6,32 Meter

a= panjang gedung

h= tinggi atap samping dan panjang terminasi

b= lebar Gedung

F. Atap tengah A_c (area proteksi) atap tengah gedung FIKES

Mnghitung area proteksi pada gedung fik menggunakan persamaan sebagai berikut:

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

$$A_c = ab + 6h(a.b) + 9.3,14.(tinggi\ atap + panjang\ terminasi)$$

h = tinggi atap + panjang terminasi

$$= 7,32\ Meter + 2\ Meter = 9,32\ Meter$$

$$A_c = ab + 6h(a.b) + 9.3,14.9,32^2$$

$$= (84.20,50) + 6.9,33(84.20,50) + 9.3,14.9,32^2$$

$$= 100\ 574,29\ Km^2$$

G. Menghitung Atap samping A_c atap samping gedung FIKES

$$A_c = ab + 6.h(a.b) + 9.5,14.(tinggi\ atap\ samping + panjang\ terminasi)$$

h = tinggi atap samping + panjang terminasi

$$= 6,32\ Meter + 2\ Meter = 8,32\ Meter$$

$$A_c = ab + 6h(a.b) + 9.3,14.8,32^2$$

$$= (84+20,50) + 6.8,32(84.20,50) + 9.3,14.8,32^2 = 90\ 416,08\ Km^2$$

H. Menghitung rata rata jumlah sambaran Petir/Tahun Atap tengah Gedung.

frekuensi sambaran petir langsung setempat
 N_d = menghitung frekuensi sambaran petir langsung setempat
 N_g = kerapatan sambaran petir ke tanah
 A_c = area proteksi dari bangunan

Cara menghitung jumlah sambaran petir/tahun dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

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

$$= 10,02 \cdot 100\,574,29 \cdot 10^{-6}$$

$$= 1,0 \text{ sambaran petir pertahun}$$

I. Atap samping

$$N_d = N_g \cdot A_c \cdot 10^{-6}$$

$$= 10,02 \cdot 90\,416,08 \cdot 10^{-6}$$

$$= 0,90 \text{ sambaran petir pertahun}$$

$$= 10,02 \cdot 90\,416,08 \cdot 10^{-6}$$

$$= 0,90 \text{ sambaran petir pertahun}$$

Menghitung Efisiensi sambaran petir dengan $N_c=0,1$
 Persamaan rumus efisiensi

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

N_c = efisiensi dengan proteksi petir
 N_d = frekuensi sambaran petir langsung setempat

Atap tengah gedung.

$$E \geq \frac{N_c}{N_d} = 1 - \frac{0,1}{1,0} = 0,9\% = 90\% \text{ table 2.8}$$

Atap samping

$$E \geq \frac{N_c}{N_d} = 1 - \frac{0,1}{0,90} = 0,8\% = 80\% \text{ table 2.8}$$

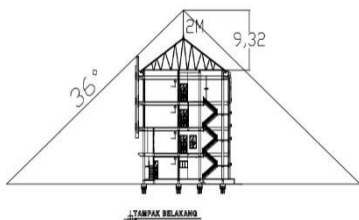
Tabel V

Hasil perhitungan pada Gedung Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Borneo Tarakan.

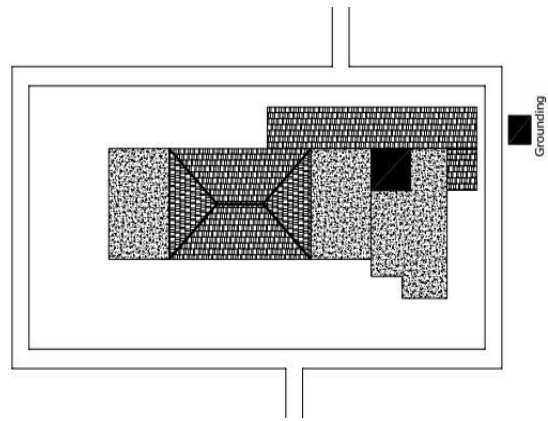
No	Luas area Gedung	Ukuran
1	Area proteksi tinggi atap	100 574,29 Km ²
2	Area proteksi atap samping	90 416,08 Km ²
3	Hari Guruh atap bagian samping dan tengah	0,9% / 0,8% pertahun
4	Tinggi proteksi bagian tengah	0,90% (proteksi III)
5	Tinggi proteksi bagian samping	0,80% (proteksi I)



Gambar 2. Tampak depan gedung FIK/Fakultas Ilmu Kesehatan



Gambar 3. Tampak samping gedung FIK/Fakultas Ilmu Kesehatan



Gambar 4. Tampak Atas gedung FIK/Fakultas Ilmu Kesehatan

J. Metode Bola Glinding Universitas Borneo Tarakan

Tabe VI

Data Sambaran Petir Pertahun 2022 pada area Universitas Borneo Tarakan.

No	Bulan	Arus sambaran perbulan	Satuan
1	Januari	30	A
2	Februari	0	A
3	Maret	192	A
4	April	0	A
5	Mei	189	A
6	Juni	174	A
7	Juli	64	A
8	Agustus	118	A
9	September	168	A
10	Oktober	320	A
11	November	147	A
12	Desember	257	A
Total perhitungan selama 1 tahun = 1,659			
rata rata pada tabel = 1,659/12 = 138 A			

sumber (BMKG kota berau)

Perhitungan jumlah arus sambaran petir
 = 30+0+192+0+189+174+64+118+168+320+147+256
 = 1,659 A

$$\frac{1,667}{12} = 138 A$$

Mencari nilai rata rata (12 bulan/tahun)

$$\frac{1,659}{12} = 138 A$$

Cara untuk mencari nilai probability adalah:

$$\frac{1,659}{12} = 138 A$$

$$\frac{138}{100} = 1,38\% = 1,38\%$$

K. Mencari jari jari petir

r = Jari-jari petir

I = Arus petir

Cara mencari nilai jari jari petir mengunaan persamaan sebagai berikut:

$$\alpha = \sin^{-1} \left[1 - \left(\frac{h}{r} \right) \right]$$

Perhitungan:

$$r = \text{jari-jari petir} \cdot \text{arus petir}^{0,8m}$$

$$r = 6,7.1,38^{0,8}m$$

$$= 54,34 \text{ m}$$

Setelah kita mengetahui r dari bola glinding kemudian untuk menghitung luas sudut lindung suatu penangkal petir berdasarkan probability 1,38% dengan besaran arus petir 0,138 A maka di peroleh dari sudut lindung sebagai berikut:

$$h = \text{tinggi gedung}$$

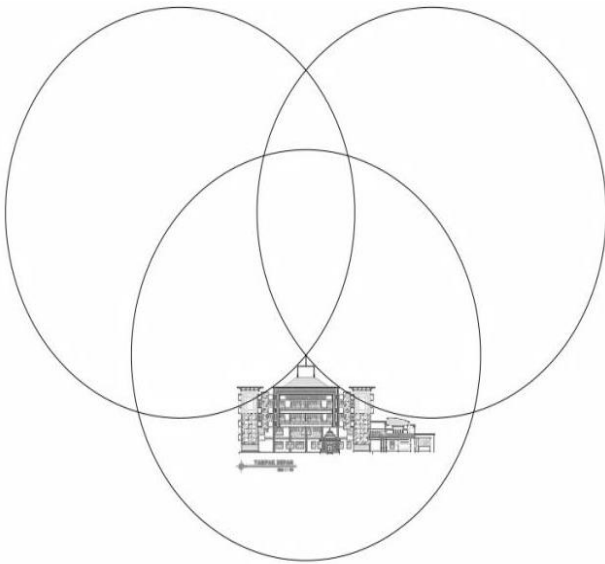
$$r = \text{jari jari petir}$$

$$\alpha = \sin^{-1}\left[1 - \left(\frac{h}{r}\right)\right]$$

$$= \sin^{-1}\left[1 - \left(\frac{27,32}{54,38}\right)\right]$$

$$= \sin^{-1}[1 - 0,502]$$

$$= 29,86^{\circ}$$



Gambar 5. Tiga Lingkaran pada gedung FIK/Fakultas Ilmu Kesehatan

Dari hasil 3 lingkaran pada gedung Fikes/Kesehatan Universitas Borneo Tarakan adalah sebesar 29,86 derajat

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil analisa dan perhitungan yang telah didapatkan dari Metode Jala Sudut Proteksi Petir Eksternal dan metode bola glinding/bergulir pada Gedung Fakultas Ilmu Kesehatan/Fik Universitas Borneo Tarakan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Gedung Fakultas Ilmu Kesehatan/Fik Universitas Borneo Tarakan memiliki ukuran panjang 84 m dan lebar 20,50 m serta tinggi 27,32 m, yang terletak pada daerah dengan tingkat tidak rawan petir dengan perhitungan 85 hari guruh pertahun.
- Sambaran petir ketanah rata-rata pertahun $N_g = 10,32 \text{ Km}^2/\text{Tahun}$.
- Ae area proteksi atap tengah gedung Fakultas Ilmu kesehatan Universitas Borneo Tarakan sebesar $100.574,29 \text{ Km}^2$, sedangkan Ae area atap samping sebesar $90.416,08 \text{ Km}^2$.
- Frekuensi sambaran petir langsung pertahun sebesar 1,0

- Nilai tahanan R pada gedung Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Borneo Tarakan sebesar 0,75 ohm
- Tanah jenis tanah (ρ): 0,23 Ω (Tanah pasir)
- Panjang Elektroda (L): 2M (Elektrodabatang/pasak)
- Diameter Elektroda (a): 16 mm = 0,016 Meter
- Sudut proteksi pada gedung Fakultas ilmu kesehatan dengan metode mata jala tampak samping 21° dan tampak depan 36° , sedangkan menggunakan metode boala bergulir/gelinding $29,86^{\circ}$

REFERENSI

- [1] A Sugiharto(2019)<http://ejurnal.ppsdmmigas.esdm.go.id/puil2011>
- [2] Badan Standarisasi Nasional, Sistem Proteksi Petir Pada Bangunan dan Gedung, Standar Nasional Indonesia.
- [3] Grounding-penangkal-petir.(2014)-[GROUNDING PENANGKAL-PETIR-\(pakarpetir.co.id\)](http://GROUNDING.PENANGKAL-PETIR-(pakarpetir.co.id))
- [4] Ir.Ryan (2019) pulse/pengantar-petir-pada-saluran-udara tegangan-menengah-ryan-mefiardhi
- [5] Keller, A. Edward. (2006). *Natural Hazards. Oxford: Routledge.*
- [6] Mulyadi, Ujang, 2014. *Kajian Perancangan Sistem Penangkal Petir Eksternal pada Gedung Pusat Komputer Universitas Riau*, Pekanbaru.
- [7] Penerapan Metode Jala Sudut Proteksi Dan Bola Bergulir Pada Sistem Proteksi Petir Eksternal Yang Diaplikasikan Pada Gedung W Universitas Kristen Petra - Neliti
- [8] Sugiyono, 2009, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*, Bandung: Alfabeta
- [9] Supannur Bandri, 2012. *Perancangan Instalasi Penangkal Petir Eksternal Gedung Bertingkat.*
- [10] Zoro Reynaldo, 2008, Sistem Proteksi Petir dan Sistem Grounding, ITB Bandung.
- [11] Perancangan Kinerja Penangkal Petir Menggunakan Metoda Bola Gelinding Pada Gedung Perpustakaan Universitas Lancang Kuning Pekanbaru Atmam1, Usaha Situmeang2 1,2 Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning