

EVALUASI SISTEM PENANGKAL PETIR DENGAN MENGGUNAKAN METODE SUDUT PROTEKSI PADA GEDUNG FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS BORNEO TARAKAN

Sugeng Riyanto¹, Dwi Risky Oktavia²,

^{1,2} Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Borneo Tarakan

¹sugeng072.sr@gmail.com

²dwiriskioktavia24@gmail.com

Abstract—Indonesia experiences a high frequency of thunderstorm days, which increases the vulnerability of multi-story buildings to lightning strikes. The Faculty of Medicine building at the University of Borneo Tarakan requires an evaluation of its lightning protection system to ensure safety and compliance. This study aims to analyze the effectiveness of the system using the Protection Angle Method and to measure the grounding resistance of the installed earthing system. The research applied a descriptive quantitative approach with a case study method. The analyzed parameters included building height, number of conductors, and soil resistivity, calculated based on SNI 03-7015-2004 and the General Regulation of Lightning Protection Installations (PUIPP). The results showed that with a building height of 25.3 meters, the system provided a protection radius of 25.3 meters and a protection efficiency of 0.91, classified as Protection Level III. However, several parts of the building were not optimally protected, requiring layout adjustments or additional air terminals. In conclusion, the lightning protection system is considered fairly effective, though improvements in grounding resistance and additional protection points are recommended to achieve full compliance with the standards..

Keywords—Lightning Protection System, Protection Angle Method, Grounding Resistance, Protection Efficiency, University of Borneo Tarakan.

Intisari—Indonesia merupakan salah satu negara dengan intensitas hari guruh tinggi, sehingga bangunan bertingkat berisiko besar terhadap sambaran petir. Gedung Fakultas Kedokteran Universitas Borneo Tarakan menjadi salah satu bangunan yang perlu dievaluasi sistem proteksi petirnya. Penelitian ini bertujuan menganalisis efektivitas sistem penangkal petir menggunakan metode sudut proteksi dan menilai resistansi tanah pada sistem pentanahan. Metode yang digunakan adalah kuantitatif deskriptif dengan pendekatan studi kasus, berdasarkan SNI 03-7015-2004 dan PUIPP. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan tinggi bangunan 25,3 meter, sistem proteksi memiliki radius perlindungan 25,3 meter, luas area 11.673,5 m², dan efisiensi 0,91 (Proteksi Level III). Beberapa area belum terlindungi optimal dan nilai resistansi tanah perlu ditingkatkan agar sesuai standar. Secara keseluruhan, sistem proteksi petir dinilai cukup efektif, namun masih memerlukan perbaikan pada aspek pentanahan dan penambahan titik proteksi.

Kata Kunci—Sistem Penangkal Petir, Metode Sudut Proteksi, Tahanan Pembumian, Efisiensi Pengamanan, Universitas Borneo Tarakan.

I. PENDAHULUAN

Indonesia yang berada di garis khatulistiwa memiliki intensitas hari guruh tinggi, sehingga bangunan bertingkat

berisiko besar terhadap sambaran petir. Gedung Fakultas Kedokteran Universitas Borneo Tarakan menjadi salah satu bangunan yang perlu sistem proteksi petir yang efektif. Petir merupakan pelepasan energi listrik akibat ketidakseimbangan muatan antara awan dan tanah, dengan arus mencapai 2.000–200.000 A yang dapat menyebabkan kerusakan serius pada bangunan dan peralatan elektronik. Oleh karena itu, diperlukan sistem proteksi dan pentanahan (grounding) yang baik agar arus petir tersalurkan aman ke tanah. Berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2002 dan SNI 03-7015-2004, setiap bangunan wajib memiliki perlindungan terhadap sambaran petir. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi sistem penangkal petir Gedung Fakultas Kedokteran Universitas Borneo Tarakan menggunakan Metode Sudut Proteksi untuk menentukan efektivitas perlindungannya.

II. LANDASAN TEORI

Petir merupakan fenomena alam yang terjadi akibat pelepasan muatan listrik secara tiba-tiba karena perbedaan potensial antara awan dan tanah atau antar awan. Ketika muatan positif dan negatif mencapai batas tertentu, udara terionisasi menjadi konduktor dan membentuk jalur aliran listrik yang tampak sebagai kilatan cahaya petir. Proses ini dipicu oleh pergerakan dan gesekan partikel air serta es di dalam awan yang menyebabkan pemisahan muatan listrik

[1] Bagian atas awan bermuatan positif dan bagian bawah bermuatan negatif, menimbulkan beda potensial tinggi yang akhirnya dilepaskan sebagai sambaran petir. Fenomena ini menghasilkan cahaya menyilaukan dan suara guntur, sekaligus membantu menyeimbangkan distribusi muatan listrik di atmosfer.

1. Jenis-Jenis Petir

Proses pembentukan dan penumpukan muatan di awan yang dipengaruhi oleh berbagai faktor yang saling berkaitan dan tidak terhitung berapa banyak jumlahnya. Dikarenakan kondisi labilitas dalam atmosfernya yang mengakibatkan proses terbentuknya petir bisa berbeda-beda. Contohnya pada muatan yang tidak terpisah secara horizontal sehingga proses pelepasan nya bisa terjadi diantara awan dengan awan atau awan itu sendiri. Bisa juga saat proses muatannya terjadi secara terbalik maka pelepasan pada petirnya juga akan terbalik. Jenis-jenis petir sendiri dapat dikategorikan beberapa macam, diantaranya sebagai berikut :

A. Berdasarkan Polaritas Muatan

Polaritas petir dibedakan menjadi dua jenis, yaitu petir bermuatan positif dan petir bermuatan negatif, yang ditentukan berdasarkan muatan listrik pada awan tempat petir tersebut berasal. Apabila proses pembentukan *step leader* berawal dari bagian awan yang bermuatan positif, maka sambaran petir yang terjadi dikategorikan sebagai petir positif. Muatan positif di bagian atas awan akan bergerak menuju tanah atau ke area lain yang memiliki muatan negatif. Sebaliknya, petir bermuatan negatif merupakan jenis yang paling umum terjadi. Meskipun energi yang dihasilkan relatif lebih kecil dibandingkan petir positif, frekuensi kejadiannya jauh lebih tinggi. Petir jenis ini terbentuk ketika *step leader* berasal dari bagian bawah awan yang bermuatan negatif.

B. Berdasarkan Arah Sambaran

Saat petir terjadi, sering kali tampak beberapa kilatan sambaran yang berlangsung secara bergantian antara arah ke bawah (menuju bumi) dan ke atas (menuju awan). Fenomena ini menunjukkan arah pelepasan muatan listrik atau dikenal sebagai *step leader*. Jika *step leader* bergerak dari permukaan bumi menuju awan, fenomena tersebut disebut *upward lightning*, sedangkan apabila bergerak dari awan ke permukaan bumi disebut *downward lightning*. Petir jenis *upward lightning* umumnya terjadi pada struktur tinggi seperti gedung pencakar langit, menara, turbin angin, atau pohon besar yang dapat memengaruhi distribusi medan listrik di sekitarnya. Sementara itu, *downward lightning* lebih umum terjadi karena merupakan jalur pelepasan muatan utama dari awan ke tanah.

C. Jenis Sambaran Petir

Ketika sambaran petir terjadi dari awan menuju permukaan bumi, gelombang elektromagnetik bergerak melalui udara dan arus listrik yang mengalir menghasilkan panas sangat tinggi, bahkan melebihi suhu permukaan Matahari. Kilatan cahaya putih kebiruan yang tampak merupakan tanda pelepasan energi listrik yang intens. Suhu ekstrem tersebut menyebabkan pemuatan udara secara tiba-tiba, menimbulkan gelombang kejut yang terdengar sebagai suara guntur atau gemuruh. Fenomena ini terjadi saat awan bermuatan melepaskan energinya pada kondisi *thundercloud* [2].

2. Parameter-Parameter Petir

Parameter petir merupakan karakteristik fisik yang digunakan untuk mendeskripsikan sifat serta perilaku sambaran petir. Terdapat berbagai parameter yang umumnya berkaitan dengan sistem proteksi petir. Pengukuran arus petir dilakukan menggunakan *magnetic link*, yaitu batang baja silindris yang dilapisi plastik keras sebagai pelindung agar dapat menahan serta menyimpan sisa medan magnet sesuai dengan kekuatan di sekitarnya. Alat ini biasanya dipasang pada bangunan tinggi atau menara transmisi. Parameter petir juga berperan penting dalam menganalisis dampak dan tingkat kerusakan akibat sambaran petir. Beberapa parameter utama yang digunakan meliputi bentuk gelombang petir, kerapatan sambaran (N_g), arus puncak maksimum (I_{max}), dan kecuraman gelombang (di/dt).

3. Hari Guruh

Menurut *World Meteorological Organization* (WMO), hari guruh didefinisikan sebagai hari ketika suara guntur terdengar dalam jarak maksimum sekitar 1,5 km dari stasiun pengamatan. Berdasarkan data dari Badan

Meteorologi dan Geofisika, beberapa wilayah di Indonesia memiliki frekuensi badai guntur yang tergolong tinggi setiap tahunnya. Wilayah seperti Sumatera Utara, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, dan Papua tercatat mengalami lebih dari 100 hari badai guntur per tahun. Untuk memperkirakan risiko sambaran petir di suatu daerah serta menentukan kebutuhan sistem proteksi petir pada bangunan, intensitas sambaran petir perlu dipantau secara berkala. Parameter yang digunakan dalam memperkirakan tingkat risiko tersebut meliputi *isokeraunic level* (jumlah hari terjadinya petir dalam satu tahun) dan *lightning strike* (jumlah sambaran petir yang mengenai permukaan tanah).

4. Tingkat Proteksi Bangunan

Standar Peraturan Umum Instalasi Penyalur Petir (PUIPP) dan SNI 03-7015-2004 adalah beberapa standar yang dapat digunakan pada gedung fakultas kedokteran untuk menentukan kebutuhan sistem proteksi petir.

A. Menentukan indeks kebutuhan bahaya akibat sambaran petir menurut standar Peraturan Umum Instalasi Petir (PUIPP)

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

Keterangan :

R = Perkiraan bahaya petir

A = Penggunaan dan isi bangunan

B = Kontruksi Bangunan

C = Tinggi Bangunan

D = Situasi Bangunan

E = Hari guruh

Tabel I

Indeks A – Macam Struktur Bangunan

No	Kegunaan dan isi	Indeks A
1	Bangunan dan isinya jarang digunakan	0
2	Bangunan yang terisi peralatan atau tempat tinggal contohnya stasiun kereta api, industri kecil, dan rumah tinggal	1
3	Bangunan dan isinya cukup penting, misalnya menara air, pabrik, gedung pemerintahan	2
4	Bangunan yang selalu ramai contoh sekolah, masjid, gereja, bioskop dan mall	3

Tabel II

Indeks B – Bahaya Berdasarkan Kontruksi Bangunan

No	Penggunaan dan isi	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 yang kontruksinya beton bertulang atau kerangka besi tetapi atapnya bukan logam	2
4	Bangunan yang selalu ramai contoh sekolah, masjid, gereja, bioskop dan mall	3

Tabel III
Indeks C – Bahaya Berdasarkan Tinggi Bangunan

No	Tinggi Bangunan sampai dengan... (dalam meter)	Indeks C
1	6	0
2	12	2
3	17	3
4	25	4
5	35	5

Tabel IV
Indeks D – Bahaya Berdasarkan 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 lebih dari 1000 meter	2

Tabel V
Indeks E – Hari Guruh

Hari Guntur Per Tahun	Indeks E
2	0
4	1
8	2
16	3
32	4
64	5
128	6
256	7

Tabel VI
Indeks R – Perkiraan Bahaya

R	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

- B. Menurut SNI 03-7015-2004 Mmenghitung rata-rata sambaran petir pertahun ketanah menggunakan persamaan rumus

$$N_g = 0,04 \cdot Td^{1,25} \text{ Km}^2/\text{tahun} \quad (2)$$

Keterangan :

N_g = Densitas sambaran petir ke tanah rata-rata tahunan

Td = Hari guruh per tahun

- C. Dan untuk menghitung area cakupan berdasarkan SNI 03-7015-2004 dengan persamaan rumus

$$A_e = ab + 6h(a + b) + 9\pi h^2 \quad (3)$$

Keterangan :

A_e = Area proteksi

a = Panjang Gedung

b = Lebar Gedung

h = Tinggi gedung

- D. Frekuensi Sambaran Petir

$$ND = Ng \cdot Ae \cdot 10^{-6}/\text{tahun} \quad (4)$$

Nd = Frekuensi sambaran petir per tahun

Ae = Luas daerah yang masih memiliki angka sambaran petir sebesar $Nd(\text{km}^2)$

Ng = Kerapatan sambaran petir ke tanah (sambaran/ km^2/tahun) persegi

- E. Efisiensi Sambaran Petir

$$E \geq 1 - \frac{N_c}{N_d} \quad (5)$$

Keterangan :

E = efisiensi sambaran petir

N_c = sambaran petir (0,1)

N_d = frekuensi sambaran petir langsung pertahun

Setelah menghitung efisiensi sambaran petir dengan menggunakan rumus diatas dan dicocokkan pada tabel efisiensi sistem proteksi petir (SPP) untuk menentukan tingkat proteksi yang digunakan.

Tabel VII
Tingkat Proteksi

Tingkatan Proteksi	Efisiensi SPP (E)
I	0,98
II	0,95
III	0,90
IV	0,80

5. Sistem Proteksi Petir

Standar SNI 03-7015-2004 menetapkan ketentuan mengenai sistem proteksi petir yang berlaku bagi bangunan beserta peralatannya. Standar ini berfungsi sebagai panduan dalam perancangan, pemasangan dan pemeliharaan sistem proteksi petir agar bangunan serta perangkat listrik di dalamnya terlindungi secara efektif. Sistem proteksi petir merupakan rangkaian komponen yang dirancang untuk mencegah atau meminimalkan dampak sambaran petir, baik yang terjadi secara langsung maupun tidak langsung terhadap bangunan dan peralatan elektronik [3].

- A. Metode Sudut Proteksi

Metode sudut proteksi diketahui juga sebagai metode batang (rod) franklin, adalah pendekatan yang banyak digunakan dalam sistem penangkal petir. Ini pertama kali diusulkan oleh Franklin Benjamin dan berfungsi sebagai sistem perlindungan eksternal yang efektif terhadap sambaran petir [4]. Metode sudut proteksi digunakan pada penangkal petir untuk menentukan area perlindungan

berbentuk kerucut dari titik penangkal. Metode ini menghitung jarak aman dari sambaran petir berdasarkan tinggi dan posisi penangkal serta tingkat proteksi sesuai standar. Umumnya digunakan pada bangunan sederhana seperti rumah, sekolah, dan perkantoran.

Tabel VIII
Besar Sudut Berdasarkan Tingkat Proteksi

Tingkat Proteksi	Besar Sudut Terminasi Udara Ketinggian Bangunan			
	20 m	30 m	40 m	60 m
I	25°	-	-	-
II	35°	25°	-	-
III	45°	35°	-	-

Tabel IX
Besar Sudut Berdasarkan Tingkat Proteksi

Tingkat Proteksi	Besar Sudut Terminasi Udara Ketinggian Bangunan			
	20 m	30 m	40 m	60 m
IV	55°	45°	35°	25°

Berdasarkan tabel diatas dapat dihitung radius proteksi yang berupa alas kerucut berbentuk lingkaran dengan rumus sebagai berikut

$$r = h \cdot \tan \alpha \quad (6)$$

Keterangan :

r = radius proteksi (m)

h = tinggi bangunan ditambah terminasi udara (m)

α = derajat sudut perlindungan (α°)

6. Jenis Tanah

Elektroda pentanahan berpengaruh langsung terhadap tahanan jenis tanah. Satuan tahanan jenis adalah ohm-meter, yang mewakili tanah berbentuk kubus berukuran satu meter. Nilai tahanan jenis dipengaruhi oleh kandungan tanah seperti mineral dan suhu, sehingga dapat berbeda di setiap lokasi. Kadang, garam ditambahkan di sekitar elektroda untuk menurunkan tahanan tanah, namun efeknya hanya sementara dan perlu diulangi setiap enam bulan.

Tabel X
Karakteristik Tanah

Jenis Tanah	Tahanan Jenis Ω
Tanah rawa	30
Tanah liat dan tanah ladang	100
Pasir basah	200
Kerikil basah	500
Pasir/kerikil kering	10000
Tanah berbatu	3000

Adapun rumus yang digunakan untuk mencari nilai tahanan pentanahan pada elektroda batang :

$$R = \frac{\rho}{2\pi L_R} \left[\ln \left(\frac{4L_R}{A_R} \right) - 1 \right] \quad (7)$$

Keterangan

R = Tahanan pentanahan elektroda untuk batang tunggal (Ω)

ρ = Tahanan jenis tanah (Ω m)

L = Panjang elektroda (m)

A = Diameter elektroda

Untuk mengurangi tahanan pentanahan, elektroda batang dapat dihubungkan secara paralel dan jarak diantara keduanya harus dua kali panjangnya (PUIL 2011)

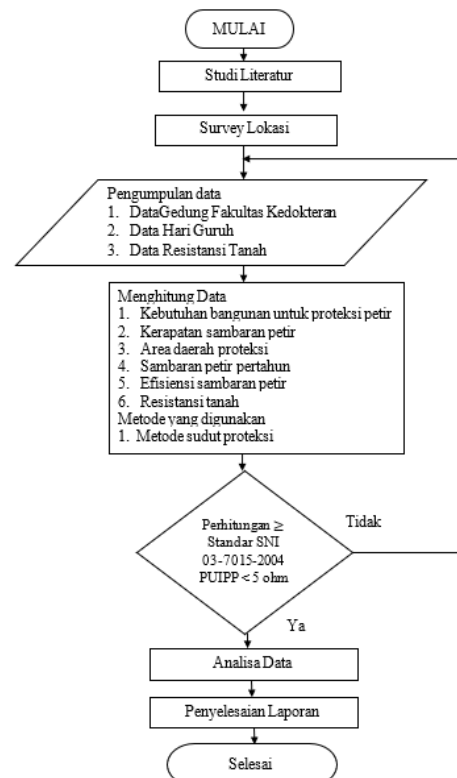
$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad (8)$$

III. METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

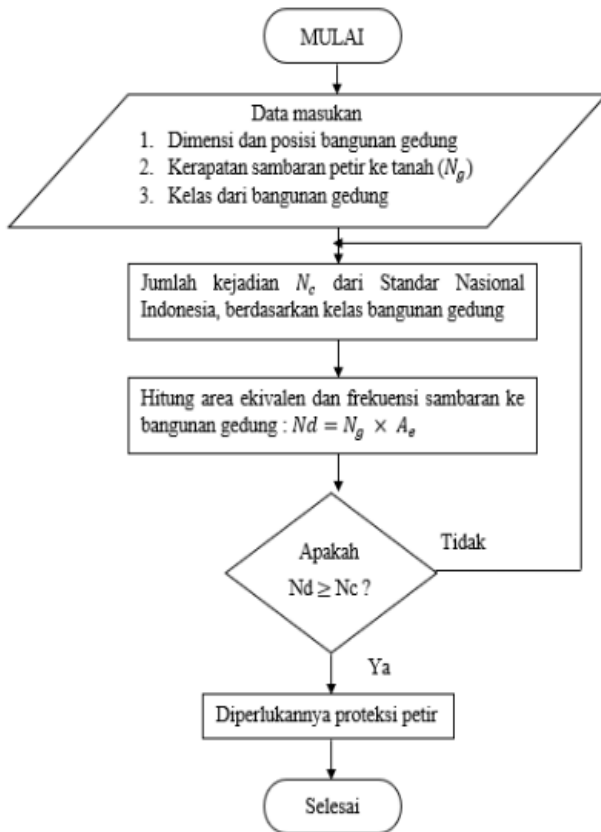
Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan deskriptif untuk menggambarkan kondisi dan efektivitas sistem penangkal petir. Analisis dilakukan menggunakan metode sudut proteksi untuk menilai cakupan perlindungan berdasarkan radius yang dihasilkan, serta membandingkan sudut proteksi aktual dengan standar guna menentukan kesesuaian terhadap kriteria keselamatan. Penelitian ini akan dilakukan di Jalan Amal Lama No 1, Tarakan Gedung Fakultas Kedokteran Universitas Borneo Tarakan dalam jangka waktu 1-6 bulan. Selama jangka waktu itu, kegiatan penelitian ini akan mencakup beberapa tahap dimulai dari pengumpulan data berupa hari guruh petir Tarakan selama satu tahun, nilai dari resistansi tanah dan data gedung fakultas kedokteran.

B. Alur Flowchart Penelitian



Gambar 1. diagram Alur Penelitian

C. Alur Flowchart Metode Sudut Proteksi



Gambar 2. Diagram Alur Metode Sudut Proteksi

D. Alat dan Bahan yang Digunakan

Penelitian ini membutuhkan alat dan bahan yang digunakan sebagai pendukung untuk pengumpulan data sebagai berikut :

1. Earth Resistance Tester alat yang digunakan dalam mengukur resistansi sistem pentanahan penangkal petir, guna memastikan arus petir ke tanah.
2. Elektroda batang sebagai penghantar untuk mengalirkan arus petir ke tanah
3. Buku pedoman penelitian sebagai catatan awal yang berisi hal-hal yang harus diketahui atau ditanyakan dalam penelitian.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Gedung Fakultas Kedokteran

Luas Area Gedung Ukuran
 Panjang gedung = 70 meter
 Lebar gedung = 33 meter
 Tinggi bangunan = 15 meter
 Tinggi atap = 8,3 meter
 Panjang atap = 76 meter
 Lebar atap = 28 meter
 Tinggi atap + tinggi penangkal Petir
 = 8,3 meter + 2 meter
 = 10,3 meter
 Tinggi bangunan + terminasi udara
 = 15 meter + 10,3 meter
 = 25,3 meter

B. Data Hari Guruh Kota Tarakan 2024

Tabel XI
Data hari Guruh

Bulan	Jumlah Hari
Januari	3
Februari	4
Maret	2
April	4
Mei	11
Juni	17
Juli	7
Agustus	4
September	7
Oktober	11
November	6
Desember	9
Jumlah total	85

Dengan menjumlahkan beberapa indeks kondisi fisik, lingkungan, dan karakteristik bangunan, tingkat bahaya sambaran petir pada Gedung Fakultas Kedokteran persamaan rumus 1

$$\begin{aligned}
 R &= A + B + C + D + E \\
 &= 3 + 1 + 3 + 2 + 5 \\
 &= 14 \text{ (besar) sangat di anjurkan}
 \end{aligned}$$

Adapun untuk menghitung sambaran petir dengan standar SNI 03-7015-2004 dengan persamaan rumus 2

$$\begin{aligned}
 N_g &= 0,04 \cdot Td^{1,25} \text{ Km}^2/\text{tahun} \\
 &= 0,04 \cdot 85^{1,25} = 0,04 \cdot 85^{1,25} \frac{\text{Km}^2}{\text{tahun}} \\
 &= 10,32 \text{ Km}^2
 \end{aligned}$$

Perhitungan area proteksi bangunan yang memiliki angka sambaran petir petir pada Gedung Fakultas Kedokteran dapat menggunakan persamaan rumus 3

$$\begin{aligned}
 A_e &= ab + 6h(a + b) + 9\pi h^2 \\
 &= (70 \cdot 33) + 6 \times 10,3(70 + 33) + 9 \times 3,14 \times 10,3^2 \\
 &= 11.673,50 \text{ km}^2
 \end{aligned}$$

Perhitungan jumlah sambaran petir pertahun dengan melakukan perkalian kerapatan sambaran dengan luas area proteksi menggunakan persamaan rumus 4

$$\begin{aligned}
 Nd &= N_g \cdot A_e \cdot 10^{-6}/\text{tahun} \\
 &= 10,32 \cdot 11673,50 \cdot 10^{-6} \\
 &= 1,20 \text{ sambaran per tahun}
 \end{aligned}$$

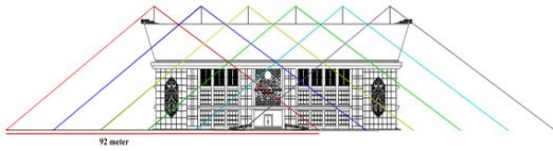
Menghitung tingkat proteksi pada bangunan dengan nilai 0,1 dapat menggunakan persamaan rumus 5

$$\begin{aligned}
 E &\geq 1 - \frac{N_c}{N_d} \\
 E &\geq 1 - \frac{0,1}{1,20} \\
 &= 0,91
 \end{aligned}$$

C. Analisis Dengan Metode Sudut Proteksi

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa Gedung Fakultas Kedokteran berada pada tingkat proteksi III atau kategori proteksi sedang. Artinya, bangunan masih memiliki risiko terkena sambaran petir dan perlu dilengkapi sistem proteksi sesuai standar. Berdasarkan tabel sudut proteksi, bangunan dengan tinggi total tertentu

memiliki sudut perlindungan sekitar 45° , yang menunjukkan cakupan perlindungan sedang terhadap sambaran petir.



Gambar 3. Metode Sudut Proteksi pada gedung Fakultas Kedokteran

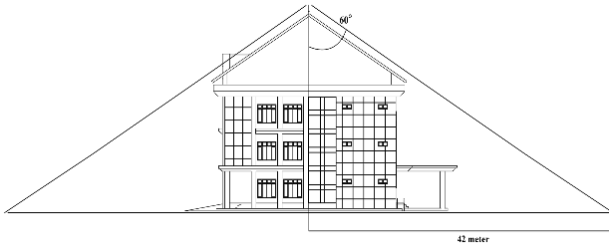
Adapun persamaan rumus yang digunakan yaitu 6

$$r = h \cdot \tan \alpha$$

$$= 25,3 \tan 45^\circ$$

$$= 25,3 \text{ meter}$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa jari-jari alas radius proteksi yang terbentuk dari sistem penangkal petir sebesar 25,3 meter, yang dimana titik area penangkal petir masih berada dalam zona perlindungan sambaran petir langsung. Dengan kata lain area seluas 25,3 meter secara horizontal masih dari titik penangkal petir masih termasuk dalam cakupan zona aman, sehingga bagian bangunan atau objek lain disekitarnya masih dapat terlindungi dari adanya sambaran petir, sesuai dengan ketentuan sudut perlindungan berdasarkan tingkat proteksi yang digunakan.



Gambar 4. Metode Sudut Proteksi Tampak Samping

D. Pengukuran Pentanahan

1. Berdasarkan Hasil Pengukuran

Tabel XII

Pengukuran Pada Gedung Kedokteran

Lokasi Pengukuran	Tahanan Ω
Tampak Depan	11,4 Ω
Samping kiri	14,0 Ω
Samping Kanan	127,7 Ω
Tampak Belakang	216 Ω

Resistansi tanah = 11,4 Ω

Panjang elektroda = 2000 mm = 2 meter

Diameter elektroda = 14,5 mm = 0,0145 meter

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

$$R = \frac{11,4}{2 \times 3,14 \times 2} \left[\ln \left(\frac{4 \times 2}{0,0145} \right) - 1 \right]$$

$$= 4,822 \Omega$$

Terdapat beberapa elektroda yang terpasang secara paralel maka dapat dihitung dengan persamaan rumus 8

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

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{4,822} + \frac{1}{4,822} + \frac{1}{4,822} + \frac{1}{4,822} + \frac{1}{4,822}$$

$$+ \frac{1}{4,822}$$

$$= 1,03 \Omega$$

2. Berdasarkan SNI

Jenis tanah = Tanah liat (100 Ω)

Panjang elektroda = 2000 mm = 2 meter

Diameter elektroda = 14,5 mm = 0,0145 meter

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

$$R = \frac{100}{2 \times 3,14 \times 2} \left[\ln \left(\frac{4 \times 2}{0,0145} \right) - 1 \right]$$

$$= 50,26 \Omega$$

Terdapat elektroda yang dipasang secara paralel dapat menggunakan persamaan rumus 8

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

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{50,26} + \frac{1}{50,26} + \frac{1}{50,26} + \frac{1}{50,26} + \frac{1}{50,26}$$

$$+ \frac{1}{50,26}$$

$$= 0,09 \Omega$$

Pengukuran berdasarkan hasil pengukuran di lapangan dengan perhitungan menurut SNI menunjukkan adanya perbedaan yang cukup jauh. Hasil pengukuran di lapangan mendapat nilai resistansi tanah sebesar 11,4 ohm dan menurun menjadi 1,03 ohm setelah dipasang secara paralel. Sedangkan perhitungan berdasarkan SNI 03-7015-2004 mendapatkan nilai resistansinya yang jauh lebih besar yaitu 50,26 ohm, dan setelah diparalelkan turun menjadi 0,09 ohm. Adanya perbedaan ini dikarenakan perhitungan SNI menggunakan asumsi bahwa tanah bersifat homogen atau seragam, yaitu memiliki jenis, kadar air dan kemampuan hantar listrik yang sama di seluruh lokasi. Sedangkan pada kondisi tanah di lapangan tidak sepenuhnya seragam karena adanya lapisan yang berbeda, variasi kadar air serta faktor lingkungan lainnya. Meskipun terdapat selisih antara hasil perhitungan SNI dan pengukuran lapangan, nilai resistansi yang diperoleh tetap tergolong baik dan layak digunakan sebagai sistem proteksi petir pada Gedung Fakultas Kedokteran karena masih dibawah 5 ohm.

V. KESIMPULAN

1. Metode sudut proteksi dengan sudut 45° dan tinggi penangkal 25,3 meter mampu memberikan cakupan perlindungan menyeluruh terhadap Gedung Fakultas Kedokteran baik secara vertical maupun horizontal.
2. Hasil pengukuran tanah menunjukkan nilai sebesar 11,4 ohm dan menurun menjadi 1,03 ohm setelah dipasang secara paralel. Meskipun lebih tinggi dari standar SNI 03-7015-2004 sebesar 0,09 ohm, nilai

tersebut masih tergolong baik dan layak digunakan sesuai dengan kondisi tanah di lapangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih saya sampaikan kepada dosen pembimbing atas bimbingan dan arahnya, serta kepada para penulis dan pemilik referensi jurnal yang telah menjadi sumber acuan dalam penelitian ini.

REFERENSI

- [1] Ginting, Y, T, Napitupulu, J, P., & A, G. A. (2021). Simulasi Tegangan Induksi Kabel Akibat Arus Petir Pada Kawat Penangkal Petir. . *Jurnal Teknologi Energi Uda: Jurnal Teknik Elektro*, 9(2), 115-122.
- [2] Seftiani, Y. M., Hazmi, A, Noviazon, N, . . . W. R. (2023). Karakteristik Medan Listrik-Dekat Petir Positive Cloud to Ground. . *Elektron: Jurnal Ilmiah*, 1-6.
- [3] Saputra, & M R. (2022). Perancangan Sistem Proteksi Petir Eksternal Dan Internal Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Rt 28 Kunangan Jaya 2 DESA BUNGKU. *Doctoral dissertation, Teknik Elektro*.
- [4] Appulembang F, & Riyanto, S. (2024). Evaluasi Sistem Penangkal Petir Eksternal Menggunakan Metode Sudut Proteksi Dan Bola Bergulir Pada Gedung FKIP Universitas Borneo Tarakan. *Elektrika Borneo*, 10(2), 53-57.