

EVALUASI SISTEM PENANGKAL PETIR EKSTERNAL MENGGUNAKAN METODE SUDUT PROTEKSI DAN BOLA BERGULIR PADA GEDUNG FKIP UNIVERSITAS BORNEO TARAKAN

Sugeng Riyanto¹, Fedroyanto Appulembang²

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

¹2sugeng072.sr@gmail.com

²fedroyantoappulembang@gmail.com

Abstract— *Lightning is a natural phenomenon that occurs in the atmosphere. Lightning is a surge of charge in the form of an electrical discharge from a charged cloud. The discharge that occurs can hit an object such as the earth's surface. The existence of tall buildings on the earth's surface is the closest object that can be struck by lightning. The effects of lightning strikes are very dangerous for humans and can cause damage to buildings. To prevent the danger of lightning strikes, a lightning rod is installed. Lightning protection consists of two types, namely internal lightning and external lightning protection. The research discussed external lightning protection. External lightning protection consists of Air Termination, Down Conductor and Earth Termination (Grounding). Based on the results of field measurements, the grounding calculation result was 2.11Ω . The analysis using the protection angle method resulted in an angle formed of 45° with a base radius of 38.75 meters. Furthermore, employing the rolling sphere method produced a spherical radius of 60 meters and a lightning current of 234.89 kA..*

Keywords—*Grounding, Protection Angle, Rolling Sphere.*

Intisari— Petir adalah suatu fenomena alam yang terjadi di atmosfer. Petir merupakan suatu lonjakan muatan berupa pelepasan listrik dari awan yang bermuatan. Pelepasan muatan yang terjadi bisa saja mengenai suatu objek, pelepasan muatan atau petir biasanya adalah permukaan bumi. Adanya bangunan tinggi pada permukaan bumi menjadi objek yang terdekat yang bisa tersambar petir. Efek sambaran petir sangat berbahaya bagi manusia dan dapat menyebabkan kerusakan pada bangunan. Untuk mencegah bahaya sambaran petir maka dipasanglah penangkal petir. Penangkal petir terdiri dari dua jenis yaitu penangkal petir internal dan penangkal petir eksternal. Pada penelitian membahas mengenai penangkal petir eksternal. Penangkal petir eksternal terdiri dari Terminasi Udara, Konduktor Penyalur (*Down Conductor*) dan Terminasi Bumi (*Grounding*). Berdasarkan hasil pengukuran lapangan didapatkan hasil perhitungan grounding sebesar $2,11 \Omega$. Hasil analisa dengan metode sudut proteksi dengan sudut yang terbentuk sebesar 45° dengan jari-jari alas 38,75 meter. Berdasarkan hasil analisa dengan metode bola bergulir dengan radius bola sebesar 60 meter dan arus petir sebesar 234,89 kA.

Kata kunci : *Grounding, Sudut proteksi, Bola bergulir*

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan wilayah terletak pada garis katulistiwa, yang berarti Indonesia merupakan daerah yang beriklim tropis sehingga hari guruh pertahun/petir yang terjadi itu sangat tinggi. Tingginya sambaran petir di Indonesia memungkinkan banyak terjadinya kerusakan

pada bangunan-bangunan yang bertingkat. Sehingga sangat diperlukan adanya proteksi dari sambaran petir tersebut untuk melindungi bangunan dan peralatan di dalamnya.

Untuk mencegah kerusakan dan kerugian akibat sambaran petir di gunakan sistem proteksi internal dan eksternal. Proteksi eksternal berfungsi untuk menangkap dan menyalurkan arus listrik akibat petir langsung menuju ke grounding. Sehingga arus listrik akibat petir dapat di netralkan ke bumi, tanpa menyebabkan kerusakan dan bahaya pada bangunan yang di proteksi.

Proteksi eksternal sangat di perlukan pada bangunan yang bertingkat karena merupakan daerah yang tinggi sehingga dapat menjadi obojek terdekat yang bisa di sambar petir. Bangunan yang tinggi akan menjadi saluran bagi petir untuk menyalurkan arus listrik ke bumi. Semakin tinggi dan besar suatu bangunan akan semakin besar kerusakan dan gangguan yang ditimbulkan. Untuk melindungi bangunan yang bertingkat dari bahaya petir di perlukan instalasi proteksi eksternal yang handal dan memenuhi syarat.

Evaluasi terhadap sistem proteksi eksternal yang terpasang perlu dilakukan untuk mengatuhai apakah radius proteksi atau daerah yang di lindungi oleh sistem proteksi, sudah mencakup seluruh bangunan, agar bisa mencegah terjadinya kegagalan sistem proteksi yang dapat merusak bangunan bahkan bisa membahayakan manusia.

II. LANDASAN TEORI

A. Sistem Penangkal Petir

Sistem proteksi eksternal dipasang pada bangunan untuk melindungi bangunan dari sambaran petir langsung dengan menyalurkan energi petir langsung ke bumi. Terminasi udara atau air terminal adalah bagian dari proteksi eksternal yang berupa elektroda batang dengan bahan tembaga, yang terpasang pada suatu titik tertinggi bangunan secara tegak maupun mendatar. Terminasi udara ini yang akan menangkap petir dan menyalurkannya langsung ketanah [5].

Konduktor penyalur arus petir adalah salah satu bagian dari sistem proteksi eksternal yang berfungsi menyalurkan arus petir dari sistem terminasi udara kemudian diteruskan kegrounding. Pentanahan adalah bagian akhir dari sistem proteksi eksternal terhdap petir ini. Pentanahan (Grounding) adalah bagian yang tertanam didalam tanah yang akan melepas arus petir kedalam tanah. Grounding ini berupa elektroda yang akan

tertancap kedalam tanah pada sekitar bangunan. Elektroda-elektroda ini telah dirancang khusus sedemikian rupa sehingga pada saat terjadi pelepasan arus kedalam tanah tidak menimbulkan lompatan tegangan yang berbahaya [1].

Untuk menghitung tanahan pentanahan dengan persamaan yang sudah ada dari sebelumnya berdasarkan standar yang ada yaitu [7] :

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

Keterangan :

R = Tahanan pembumian elektroda (Ω)

ρ = Tanahan jenis tanah (Ω)

l = panjang elektroda (m)

A = Diameter elektroda (m)

Untuk mencapai tahanan pembumian yang mendekati 0 maka dilakukan pemasangan grounding di beberapa titik yang dikombinasikan dengan hubungan paralel berdasarkan PUIL Tahun 2000 yaitu

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad (2)$$

B. Besarnya kebutuhan bangunan akan system proteksi petir

Berdasarkan tabel indeks-indeks menurut PUIPP yang telah dipilih menurut situasi dan kondisi bangunan maka indeks akan dijumlahkan sebagai acuan untuk perkiraan bahaya dan keperluan pengamanan. Adapun rumus yang digunakan berdasarkan ketentuan PUIPP yaitu [8]:

$$R = A + B + C + D + E \quad (3)$$

Menurut SNI 03-7015 menghitung rata-rata sambaran petir pertahun ketanah (N_g) dinyatakan sebagai [3] :

$$N_g = 0,04 \cdot T d^{1,25} / \text{km}^2/\text{tahun} \quad (4)$$

Menghitung jumlah sambaran petir langsung pertahun (N_d) berdasarkan SNI 03-7015 TAHUN 2004 yaitu dengan melakukan perkalian kerapatan sambaran petir (N_g) dengan luas perlindungan pada gedung (A_e) yaitu [3]:

$$N_d = N_g \cdot A_e \cdot 10^{-6} \quad (5)$$

Sedangkan untuk area cakupan berdasarkan SNI 03-7015 Tahun 2004 dengan persamaan sebagai berikut,

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

Keterangan :

N_d = Jumlah rata-rata frekuensi sambaran petir pertahun

a = Panjang atap gedung (m)

b = Lebar atap gedung (m)

h = Tinggi atap gedung (m)

N_g = Kerapatan sambaran petir ke tanah (sambaran/km²/tahun)

A_e = Luas daerah angka pada sambaran petir (km²)

Menentukan tingkat proteksi pada suatu bangunan di perlukan hasil perhitungan dari N_d yang akan menjadi menjadi perbandingan dengan frekuensi tahunan setempat (N_c). Dengan berdasarkan SNI 03-7015 Tahun 2004

dengan nilai N_c berdasarkan tingkat efisiensi penangkal petir [3].

$$E \geq 1 - \frac{N_c}{N_d} \quad (7)$$

Tabel I
Efisiensi Sistem Penangkal Petir (SPP)

Tingkat proteksi	Efisiensi SPP E
I	0,98
II	0,95
III	0,90
IV	0,80

C. Metode yang digunakan

1. Sudut Proteksi

Metode sudut proteksi biasa juga disebut metode Franklin rod karena metode ini pertama kali diperkenalkan oleh Benjamin Franklin. Metode ini berupa proteksi petir yang berbentuk kerucut tembaga dengan memiliki sudut proteksi berupa kerucut. Dimana daerah sudut lindung yang dibentuk berdasarkan tingkat proteksinya [2].

Tabel II

Besar sudut yang dibentuk berdasarkan tingkat proteksi

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

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

$$r = h \cdot \tan \alpha \quad (8)$$

Keterangan :

r = radius proteksi (m)

h = tinggi bangunan ditambah terminasi udara (m)

α = derajat sudut perlindungan (α°)

2. Bola Bergulir

Metode bola bergulir adalah metode yang menjadikan petir seumpama sebuah bola yang bergulir ke atas tanah. Metode ini adalah metode yang cocok digunakan untuk bangunan dengan struktur yang rumit. Bola yang bergulir memiliki radius R yang akan jatuh menyentuh permukaan bumi atau bangunan yang berhubungan langsung sebagai suatu penghantar. Pada titik yang terkena bola bergulir ini yang akan menjadi tempat pemasangan terminasi udara [7].

Penempatan sistem terminasi udara menggunakan metode ini cukup memadai karena dengan menggunakan metode ini bola hanya boleh menyentuh tanah dan terminasi udara. Daerah yang diproteksi dengan bola dengan radius R di sekeliling dan di atas bangunan [2].

Tabel III
Radius bola bergulir berdasarkan tingkat proteksi

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

Nilai R ditentukan berdasarkan tabel III yang digunakan berdasarkan tingkat proteksinya, dimana radius bola bergulir berhubungan dengan nilai arus, dimana radius bola bergulir berhubungan dengan nilai arus [2].

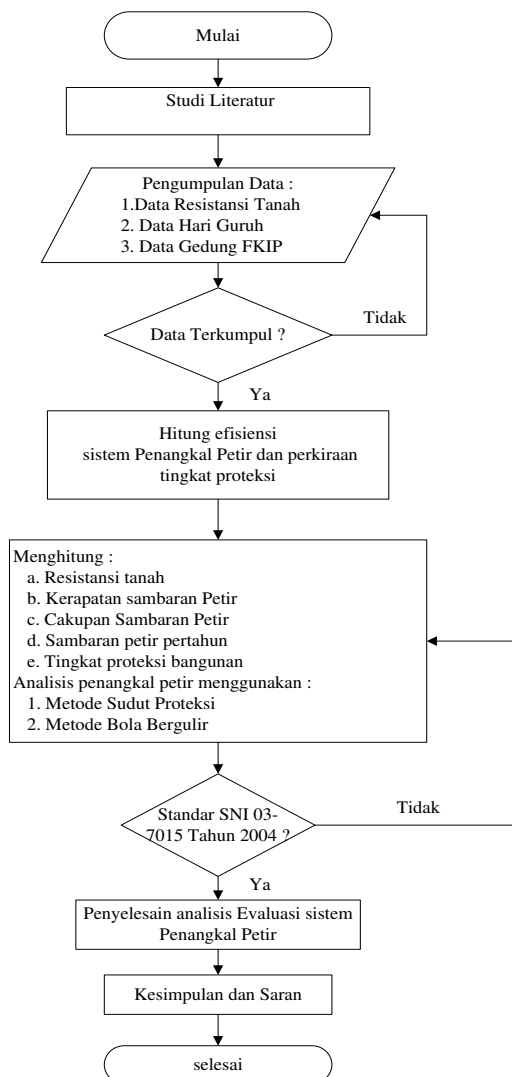
$$I = {}^{0,75}\sqrt{R} \quad (9)$$

Keterangan :

I = Arus puncak petir (kA)

R = Radius (m)

III. METODE PENELITIAN



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Metode yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian deskriptif dengan pendekatan

kuantitatif. Metode deskriptif adalah metode yang digunakan untuk menguji hipotesis atau menjawab pertanyaan mengenai keadaan dan kondisi langsung mengenai objek penelitian yang kegiatannya berupa pengumpulan data.

Metode ini adalah metode dengan melakukan analisis, dimana analisis akan sampai pada tahap deskripsi. Metode ini akan menyajikan fakta dan menganalisis secara sistematis agar lebih mudah dipahami sehingga dapat disimpulkan. Berdasarkan simpulan yang dihasilkan jelas menurut dasar faktualnya sehingga data yang diperoleh langsung bisa dikembalikan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengukuran Pentanahan

1. Berdasarkan Hasil Pengukuran

Tabel IV
Hasil pengukuran grounding pada gedung FKIP

Lokasi Pengukuran	Tahanan (Ω)
Depan	1.34 Ω
Samping kanan	2.05 Ω
Samping Kiri	0.58 Ω
Belakang	1.1 Ω
Resistansi Tanah	2.11 Ω

Resistansi Tanah : 2,11Ω
Panjang Elektroda : 6000 mm = 6 meter
Diameter Elektroda : 50 mm = 0,05 meter

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

$$= \frac{2.11}{2\pi 6} \left[\ln \left(\frac{4.6}{0.05} \right) - 1 \right]$$

$$= 0,2 \Omega$$

Ketika terdapat beberapa elektroda yang terpasang maka dilakukan perhitungan secara paralel

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{0,2} + \frac{1}{0,2} + \frac{1}{0,2} + \frac{1}{0,2} + \frac{1}{0,2} + \frac{1}{0,2} + \frac{1}{0,2}$$

$$= 0,028 \Omega$$

2. Berdasarkan SNI

Jenis Tanah : Tanah Liat (100Ω)
Panjang Elektroda : 6000 mm = 6 meter
Diameter Elektroda : 50 mm = 0,05 meter

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

$$= \frac{100}{2\pi 6} \left[\ln \left(\frac{4.6}{0.05} \right) - 1 \right]$$

$$= 13.72 \Omega$$

Ketika terdapat beberapa elektroda yang terpasang maka dilakukan perhitungan secara paralel yaitu

$$\begin{aligned}\frac{1}{Rt} &= \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \dots + \frac{1}{Rn} \\ &= \frac{1}{13,72} + \frac{1}{13,72} + \frac{1}{13,72} + \frac{1}{13,72} + \frac{1}{13,72} + \frac{1}{13,72} + \frac{1}{13,72} \\ &= 1,96 \Omega\end{aligned}$$

B. Perhitungan Penangkal Petir

Berdasarkan perkiraan bahaya bangunan FKIP akibat sambaran petir didapatkan dengan menjumlahkan indeks-indeks berdasarkan kondisi bangunan dengan persamaan rumus

$$\begin{aligned}R &= A + B + C + D + E \\ &= 3 + 1 + 5 + 1 + 5 \\ &= 14\end{aligned}$$

Tabel V
Data hari Guruh di Tarakan tahun 2023

Bulan	Jumlah hari guruh
Januari	5
February	5
Maret	3
April	8
Mei	13
Juni	11
Juli	7
Agustus	11
Semtember	9
Oktober	7
November	3
Desember	1
Jumlah total	83

Ukuran gedung
 Panjang Gedung : 21,5 meter
 Lebar gedung : 11,5 meter
 Tinggi bangunan : 26 meter
 Tinggi Atap : 10 Meter
 Panjang atap : 13,7 meter
 Lebar atap : 8,5 meter
 Tinggi Atap + Tinggi penangkal petir : 10 meter + 2,75 meter = 12,75 meter
 Tinggi bangunan + Terminasi udara : 26 meter + 12,75 meter = 38,75 meter

Perhitungan cakupan luas daerah yang memiliki angka sambaran petir (Ae) pada bangunan FKIP dapat di hitung menggunakan persamaan

$$\begin{aligned}Ae &= ab + 6h(a+b) + 9\pi h^2 \\ &= (13,7 \cdot 8,5) + 6 \cdot 12,75 (13,7 + 8,5) + 9 \cdot \pi \cdot 12,75^2 \\ &= 6411,09 \text{ km}^2\end{aligned}$$

Perhitungan rata-rata sambaran petir pertahun ketanah (Ng) berdasarkan jumlah hari guruh pertahun dapat di hitung menggunakan persamaan rumus [4]

$$\begin{aligned}Ng &= 0,04 \cdot Td^{1,25} \text{ km}^2/\text{tahun} \\ &= 0,04 \cdot 83^{1,25} \text{ km}^2/\text{tahun} \\ &= 10,02 \text{ km}^2/\text{tahun}\end{aligned}$$

Perhitungan jumlah sambaran petir langsung pertahun (Nd) dengan melakukan perkalian kerapatan sambaran petir (Ng) dengan luas perlindungan pada gedung menggunakan persamaan rumus

$$\begin{aligned}Nd &= Ng \cdot Ae \cdot 10^{-6} \\ &= 10,02 \cdot 6411,09 \cdot 10^{-6} \\ &= 0,64 \text{ sambaran petir pertahun}\end{aligned}$$

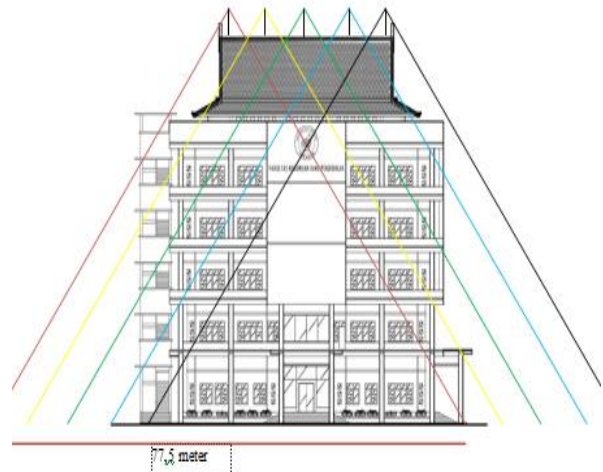
Menghitung tingkat proteksi pada bangunan yaitu hasil perhitungan dari Nd yang akan dibandingkan dengan frekuensi tahunan setempat (Nc) dengan nilai 0,1 berdasarkan persamaan rumus [4]

$$\begin{aligned}E &= 1 - \frac{Nc}{Nd} \\ &= 1 - \frac{0,1}{0,64} \\ &= 0,84\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan maka tingkat proteksi bangunan gedung FKIP berada pada tingkat proteksi IV.

C. Analisis Dengan Metode Sudut Proteksi

Hasil perhitungan efisiensi sambaran petir menyatakan bahwa gedung FKIP berada pada tingkat proteksi IV. Berdasarkan tabel besar sudut yang dibentuk berdasarkan tingkat proteksi dengan tinggi bangunan ditambah tinggi atap dapat di lihat pada tabel sudut proteksi yang terbentuk sebesar 45°.

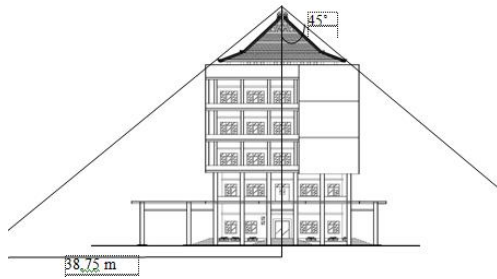


Gambar 2. metode sudut proteksi pada bangunan FKIP tampak depan

Area yang menjadi bagian dalam proteksi penangkal petir akan membentuk suatu kerucut, dengan puncak kerucut yaitu terminasi udaranya. Untuk mencari lebar alas dari sudut proteksi yang terbentuk, yaitu dengan menggunakan persamaan rumus

$$\begin{aligned}r &= h \cdot \tan \alpha \\ &= 38,75 \cdot \tan 45^\circ \\ &= 38,75 \text{ meter}\end{aligned}$$

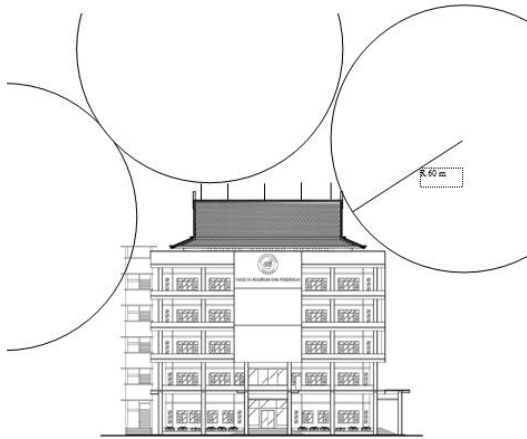
Jadi jari-jari alas yg terbentuk dari radius proteksi yang di hasilkan adalah jari-jari sebesar 38,75 atau dengan lebar 75,5 meter setiap terminasi udara yang terpasang.



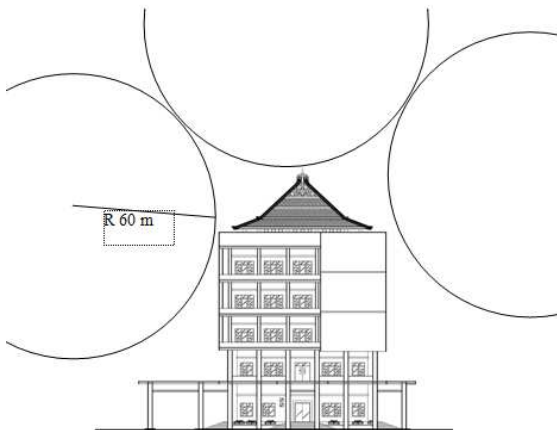
Gambar 3. metode sudut proteksi tampak samping

D. Analisis dengan metode bola bergulir

Untuk mengetahui radius petir yang berupa bola digunakan rumus berdasarkan tingkat proteksi pada bangunan gedung FKIP. Adapun tingkat proteksi bangunannya berada pada tingkat proteksi IV dengan radius proteksi berdasarkan tabel II maka radius proteksi dari bola yaitu sebesar 60 meter.



Gambar 4. metode bola bergulir pada gedung FKIP tampak depan.



Gambar 5. metode bola bergulir pada gedung FKIP tampak dari samping

Dapat dilihat bahwa bola dengan radius 60 meter digelindingkan kebangunan gedung FKIP yang tampak dari samping pada gambar 4 dan 5, menunjukkan bahwa bola tidak menyentuh bagian dari gedung. Bola akan langsung menyentuh bagian terminasi udara dari penangkal petir.

Dengan radius yang diketahui sebesar 60 m maka besar arus sambaran petir dapat dihitung dengan persamaan rumus yaitu :

$$I = \sqrt[0,75]{R} \\ = \sqrt[0,75]{60} \\ = 234,89 \text{ kA}$$

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran lapangan didapatkan hasil perhitungan grounding sebesar $0,028 \Omega$ dan hasil perhitungan menurut SNI yaitu sebesar $1,96 \Omega$. Area cakupan luas yang memiliki angka sambaran petir sebesar $6411,69 \text{ km}^2$ dan jumlah sambaran petir langsung pertahun yaitu 0,64 sambaran pertahun. Sehingga tingkat proteksi berada pada tingkat proteksi IV.

Berdasarkan hasil analisa dengan metode sudut proteksi dengan sudut yang terbentuk sebesar 45° dengan jari-jari alas 38,75 meter. Dapat dilihat bahwa area proteksi yang terbentuk dari sudut proteksi sudah mencakup seluruh bagian gedung. Berdasarkan hasil analisa dengan metode bola bergulir dengan radius bola sebesar 60 meter dan arus petir sebesar 234,89 kA. Dapat dilihat bahwa bola yg bergelir menyentuh terminasi udara terlebih dahulu sehingga bangunan tetap aman.

REFERENSI

- [1]. Ginting, J. (2012). Analisa Efek Tegangan Induksi Karena Sambaran Petir Pada Area Operasional PT. X. Universitas Indonesia
- [2]. Hosea, E., Iskanto, E., & Luden, H. M. (2004). Penerapan Metode Jala Sudut Proteksi dan Bola Bergulir Pada Sistem Proteksi Petir Eksternal yang Diaplikasikan pada Gedung W Universitas Kristen Petra. Jurnal Teknik Elektro, 4(1).
- [3]. Indonesia, B. S. N. (2004). SNI 03-7015-2004. Sistem Proteksi Petir Pada Bangunan Gedung. Standard Nasional Indonesia.
- [4]. International Electrotechnical Commission. (1990). International Standard IEC 61024-1 Protection of structures against lightning-Part 1: General principles.
- [5]. Karta, A., Agung, A. I., & Widyartono, M. (2020). Analisis Kebutuhan Sistem Proteksi Sambaran Petir Pada Gedung Bertingkat. Jurnal Teknik Elektro, 9(3), 773-780.
- [6]. Nasional, B. S. (2000). Peraturan Umum Instalasi Listrik 2000. Yayasan P U IL, Jakarta.
- [7]. SEPTIYANTHY, R. (2015). ANALISIS PENERAPAN SISTEM PENANGKAL PETIR YANG DIGUNAKAN PADA GEDUNG PUSAT PERBELANJAAN (Studi Kasus di Mall Kota Kasablanka) (Doctoral dissertation, UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA).
- [8]. Standar Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP)