

EVALUASI PENANGKAL PETIR MENGGUNAKAN METODE SUDUT PROTEKSI PADA GEDUNG REKTORAT UNIVERSITAS BORNEO TARAKAN

Sugeng Riyanto¹, Alzat Gunawan²,

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

¹sugeng072.sr@gmail.com

²alzatbadar89@gmail.com

Abstract—Tall buildings are one of the objects most likely to be at risk of lightning strikes. Therefore, it is important to protect tall buildings with a reliable system. This study evaluates the lightning arrester system at the Rectorate Building of the University of Borneo Tarakan. The method used is the protection angle. To analyze, the measurement data of the resistance (Grounding) of 35.6 Ω was obtained. Based on the calculation results, the value of the parallel grounding resistance is 0.67 Ω . With the SNI standard, the calculation of the grounding resistance is 0.24 Ω . The data on the results of thunderstorms obtained in 2023 at the BMKG Tarakan City for 12 months showed an average value of the ground lightning strike density of 10.02 Km^2 . Meanwhile, the calculation of the protection area (Ac) on the middle and side roofs is 115.883.25 Km^2 , with an average of 1.16 lightning strikes per year. Based on the calculation analysis, the efficiency of lightning strikes at the Rectorate Building of the University of Borneo Tarakan is 0.91%.

Keywords—Protection Suddat Method, University of Borneo Tarakan Dormitory Building.

Intisari—Bangunan tinggi merupakan salah satu objek yang kemungkinan besar memiliki resiko sambaran petir. Oleh karena itu penting untuk memproteksi bangunan tinggi dengan sistem yang handal. Penelitian ini mengevaluasi sistem penangkal petir pada Gedung Rektorat Universitas Borneo Tarakan. Metode yang di gunakan adalah sudut proteksi. Untuk menganalisa diperoleh data pengukuran tahanan (Grounding) sebesar 35,6 Ω . Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai paralel tahanan grounding sebesar 0,67 Ω . Dengan standar SNI perhitungan tahanan grounding diperoleh sebesar 0,24 Ω . Data hasil guruh yang di peroleh pada tahun 2023 pada BMKG kota Tarakan selama 12 bulan diperoleh nilai rata-rata kerapatan sambaran petir ketanah sebesar 10,02km. Sedangkan perhitungan area proteksi (Ac) pada atap tengah dan samping diperoleh sebesar 115.883,25km dengan rata-rata sambaran petir pertahun sebesar 1,16 kali sambaran petir. Berdasarkan Analisa perhitungan diperoleh efisensi sambaran petir pada Gedung Rektorat Univerasitas Borneo Tarakan sebesar 0,91%.

Intisari—Metode sudut proteksi, Gedung Rektorat Universitas Borneo Tarakan.

I. PENDAHULUAN

Indonesia termasuk daerah tropis yang terletak di daerah katulistiwa dengan jumlah hari guruh pertahun/petir yang sangat tinggi sehingga memungkinkan banyak terjadinya bahaya dengan kerusakan yang ditimbulkan pada harta benda dan kematian pada makhluk hidup yang

ada di sekitarnya akibat sambaran petir. Sambaran petir juga dapat menimbulkan gangguan pada system tenaga listrik. Setiap peralatan yang menggunakan energi listrik atau elektronika dapat menjadi sasaran sambaran petir secara tidak langsung melalui radiasi, konduksi atau induksi elektromagnetik dari sambaran petir tersebut.

Bangunan-bangunan bertingkat menjadi objek sambaran petir karena merupakan daerah yang paling tinggi, karena sifat petir menyambar sebuah bangunan yang paling tinggi permukaannya untuk menyalurkan arusnya ke bumi untuk di netralisir. Oleh karena itu Gedung-gedung pada Universitas Borneo Tarakan yang identik dengan bangunan tinggi yang menjadi objek sambaran petir. Efek gangguan yang di timbulkan akibat sambaran petir ini semakin besar sesuai dengan semakin tingginya dan semakin luasnya areal bangunan tersebut. Salah satu cara yang ditempuh untuk melindungi bangunan tinggi dari sambaran petir adalah dengan instalasi atau pemasangan penangkal petir yang handal dan memenuhi persyaratan yang berlaku sehingga jika terjadi sambaran petir maka sarana inilah yang akan menyalurkan arus petir kedalam tanah.

Petir merupakan peristiwa alam yaitu proses pelepasan muatan listrik yang terjadi di atmosfer. Peristiwa pelepasan muatan ini terjadi karena perbedaan muatan antara awan dengan permukaan bumi. Aktivitas petir di Indonesia tergolong kedalam aktivitas petir tertinggi di Dunia yang mencapai 100-200 hari pertahun bahkan kerapatan petir-petir Indonesia juga sangat besar yaitu 12 km² pertahun, artinya petir memiliki potensi menerima sambaran petir sebanyak 12 kali tiap tahunnya sehingga dikenal dengan sarang petir dunia. Sistem proteksi eksternal adalah proteksi peralatan elektronik terhadap efek dari arus petir. Terutama efek medan magnet dan medan listrik pada instalasi metal atau sistem listrik. Proteksi eksternal terdiri atas pencegahan terhadap dampak sambaran langsung, pencegahan terhadap dampak sambaran tidak langsung, dan ekuiptensialisasi.

II. LANDASAN TEORI

Ketentuan tentang proteksi petir diantaranya diatur pada Peraturan Umum Instalasi Listrik (PUIL). Pada penelitian ini bertujuan untuk merancang suatu sistemproteksi petir pada Gedung Rektorat Universitas Borneo Tarakan Penelitian yang dibangun bertingkat sehingga berpotensi terkenasambaran petir. Agar terlindungi dari bahaya sambaran petir maka dipasang instalasi proteksi petiryang selanjutnya disebut dengan

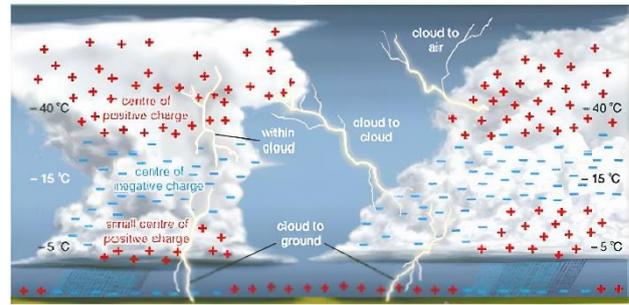
penangkal petir. Sehingga Gedung tersebut dapat terlindungi dari bahaya sambaran petir. Menurut Moh. Suardi di bukunya yang berjudul belajar dan pembelajaran halaman 205, evaluasi adalah pemberian nilai terhadap kualitas sesuatu yang secara keseluruhan dipandang sebagai proses merencanakan, memperoleh, dan menyediakan informasi yang sangat diperlukan untuk membuat alternatif-alternatif keputusan (Moh. Suardi, 2015).

Menurut Edward A. Keller (2006 : 208) menjelaskan proses terjadinya petir, yaitu mulai dari hasil kondensasi yang membentuk awan cumulus, ketika pasokan air dalam awan bertambah diimbangi suhu yang rendah membuat awan mengandung partikel-partikel es dan awan berkembang menjadi awan cumulus yang besar dan berkembang lagi menjadi awan cumulonimbus yang dapat menyebabkan hujan angin. Ketika menjadi awan cumulonimbus, partikel es yang terdapat pada awan cumulus besar saling bergesekan dan terjadi terus menerus hingga hujan turun. Gesekan yang disebabkan oleh partikel es inilah yang menyebabkan muatan listrik pada awan menjadi tidak seimbang dan hal inilah yang dapat menyebabkan petir.

Sistem penangkal petir meliputi penangkal petir eksternal dan penangkal petir internal. Penangkal petir dibuat dan mempunyai tahanan pentanahan/pembumian yang sekecil mungkin. Tujuannya adalah agar bila terjadi petir, arus dapat mengalir ke dalam tanah secara cepat dan netral. Jika nilai resistensi pembumian terlalu besar akan berdampak negatif yaitu dapat merusak benda-benda yang dilewatinya. Jadi instalasi penangkal petir harus berfungsi sempurna dan harus mempunyai nilai hambatan sekecil mungkin.

A. Petir

Proses terjadinya petir akibat perpindahan muatan negative (*electron*) menuju ke muatan positif (*proton*). Petir merupakan peristiwa alam yaitu proses pelepasan muatan listrik (*electrical Discharge*) yang terjadi di atmosfer, hal ini di karenakan berkumpulnya ion bebas bermuatan negative dan positif di awan, ion listrik dihasilkan oleh gesekan antar awan dan juga kejadian ionisasi ini disebabkan oleh perubahan bentuk air mulai dari cair menjadi gas atau sebaliknya, bahkan padat (es) menjadi cair. Ion bebas menempati permukaan awan dan bergerak mengikuti angin yang berhembus, bila awan-awan terkumpul di suatu tempat maka awan bermuatan ion tersebut akan memiliki beda potensial yang cukup untuk menyambar permukaan bumi maka inilah yang di sebut petir. Petir adalah bunga api listrik yang berukuran sangat besar menyambar awan petir yang terjadi akibat peristiwa pelepasan muatan listrik, dapat disimpulkan bahwa petir kilatan cahaya raksasa yang menghasilkan energi listrik, dimana sambaran petir bias terjadi pada awan dengan udara dengan permukaan tanah. Menurut Brian Williams (2007), pada penelitiannya petir merupakan bunga api yang berukuran sangat besar menyambar awan dan percikan di angkasa Bunga api listrik tersebut, akibat peristiwa tersebut dimana pelepasan muatan listrik pada awan ataupun bumi akibat kegagalan dielektrik pada lapisan udara.



Gambar 1. Proses terjadinya petir

B. Kerusakan Efek Sambaran Petir

Sambaran petir yang menyambar pada bangunan di bumi adalah percikan listrik yang mengosongkan muatan dalam waktu yang singkat hanya beberapa microsecond saja dengan arus puncak yang tinggi. Selain itu menurut Direktorat Penyelidikan masalah bangunan sambaran petir itu dapat mengakibatkan beberapa hal, yaitu :

- Beban termal (dimana menyebabkan panas pada komponen yang di aliri petir).
- Beban mekanis terjadi diakibatkan oleh gaya elektrodinamis oleh puncak tinggi.
- Beban korosi hal ini terjadi diakibatkan oleh elektrokimia yang dimana adalah proses pengosongan muatan awan.
- Beban getaran mekanis yang disebabkan oleh Guntur Beban tegangan lebih yang disebabkan oleh induksi dan pergeseran potensial di dalam Gedung.

C. Dampak Sambaran Petir

Dampak sambaran petir sangat berbahaya bagi mahluk hidup dan bangunan Gedung:

- Makhhluk hidup

Sambaran petir yang begitu besar samapai 20 kA akan mengakibatkan sambaran petir sangat berbahaya bagi makhhluk hidup. Tubuh manusia yang terkena sambaran petir akan menyebabkan shock yang menghentikan kerja jantung, serta mengakibatkan lumpuhnya jaringan otot dan mengakibatkan luka bakar.

- Gedung bangunan

Bangunan bertingkat jelas daerah yang paling rawan terkena sambaran petir karena dekat dengan awan, Efek dari sambaran petir bagi Gedung bertingkat yaitu berbahaya bagi manusia didalamnya karena menimbulkan tegangan sentuh dan dapat menyebabkan kerusakan peralatan instalasi pada Gedung yang bias mengakibatkan kebakaran.

D. Sistem Proteksi Petir

Berdasarkan cara kerjanya, sistem proteksi petir dapat dibagi menjadi 2 yaitu (Analisis Kebutuhan Sistem Proteksi Sambaran Petir Pada Gedung Bertingkat.2020):

- Sistem dengan penangkal petir: Harus menyediakan titik pada ujung bangunan yang diamankan untuk sasaran sambaran petir, dengan harapan petir akan menyambar titik itu terlebih dahulu, Harus menyediakan saluran untuk menyalurkan arus petir ke tanah, Harus menyediakan system pembumian untuk mendistribusikan arus petir yang masuk ke tanah dengan merata agar tidak menimbulkan kerusakan

atau bahaya pada bagian dari bangunan atau bahaya pada bagian dari bangunan atau pada manusia yang sedang berada disekitarnya.

- Sistem Disipasi (*Diddipation Array System*) DAS (*Diddipation Array System*) bertujuan untuk mengundang petir agar menyambar terminasi udara yang sudah disediakan, apabila awan bermuatan bergerak ke suatu daerah, maka akan menginduksi muatan listrik diatas permukaan tanah ataupun bangunan dibawah awan tersebut.

E. Metode Jala

Metode jala ini digunakan untuk keperluan perlindungan permukaan yang datar karena bias melindungi seluruh permukaan bangunan. SPP jala diyakini melindungi seluruh permukaan jika kondisi berikut dipenuhi konduktor udara ditempatkan pada (*Analisis Kebutuhan Sistem Proteksi Sambaran Petir Pada Gedung Bertingkat 2020*).

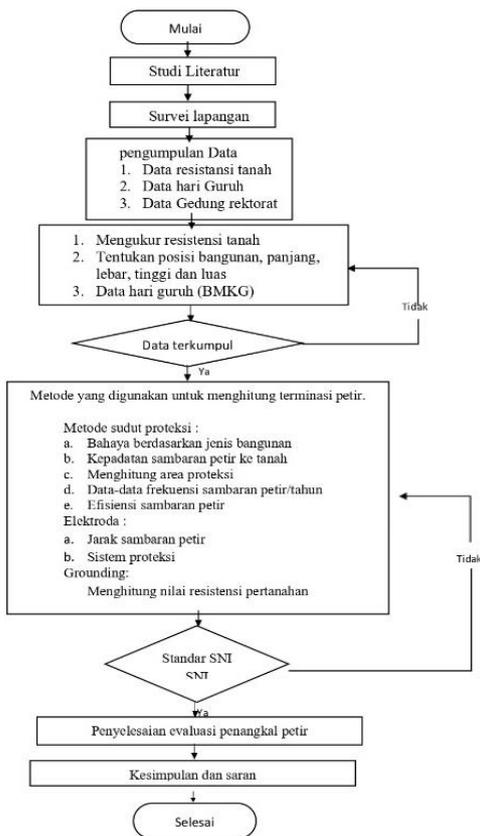
- Garis pinggir sudut atap.
- Serambi atap.
- Garis hubungan atap, jika kemiringan lebih dari 1/10.

III. METODE PENELITIAN

A. Tempat dan waktu Penelitian

Penelitian akan dilaksanakan pada Gedung Rektorat Universitas Borneo Tarakan. Penelitian dilaksanakan dalam kurang waktu lebih 6 bulan melakukan perancangan alat atau pun pengumpulan data dimulai dari Mei sampai dengan November 2023.

B. Flowchart penelitian



Gambar 2. Flowchart Analisa dan Pengukuran Data

C. Jenis Penelitian

Metode Sudut proteksi merupakan metode yang digunakan untuk membantu melindungi permukaan yang datar karena biasa melindungi seluruh permukaan bangunan.

D. Alat Penelitian

Dalam penelitian ini dibutuhkan bahan dan alat seperti berikut :

- *Earth* Tester adalah alat pengukur untuk mengukur nilai resistansi dari grounding, dimana besar tahanan tanah sangat penting untuk diketahui sebelum dilakukan pentanahan dalam system pengamanan dalam instalasi listrik.
- Elektroda Pentanahan adalah suatu konduktor yang digunakan untuk menetapkan suatu pentanahan. Sistem tenaga listrik untuk mencegah potensi bahaya listrik terhadap manusia.

E. Analisa data

Analisa data menggunakan data hasil perhitungan dari data yang di kumpulkan setelah data hasil perhitungan didapatkan selanjutnya akan di Analisa apakah sudah mencapai tujuan penelitian.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan Pentanahan (*Grounding*)

Jenis Tanah : 35,6 ohm (tanah liat)

Panjang Elektroda : 2 meter (elektroda batang/pasak)

Diameter Elektroda : 16 mm = 0,016 meter Perhitungan resistansi tanah

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

$$= \frac{35,6}{2,3,14 \cdot 2} \left[\ln \left(\frac{4,2}{0,016} \right) - 1 \right]$$

$$= 14,78 \Omega$$

Dengan:

R= Pertanahan (ohm)

ρ= Pertanahan tanah jenis (ohm-meter)

L= Panjang elektroda batang (meter)

A= Diameter elektroda (meter)

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \dots \dots \dots + \frac{1}{R_{10}}$$

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{14,78} + \frac{1}{14,78} + \frac{1}{14,78} + \frac{1}{14,78} + \frac{1}{14,78}$$

$$+ \frac{1}{14,78} + \frac{1}{14,78} + \frac{1}{14,78} + \frac{1}{14,78}$$

$$+ \frac{1}{14,78}$$

$$= 0,67 \Omega$$

Tabel I

Hasil perhitungan pentanahan lapangan

No.	Nama	Hasil
1	Jenis tanah (ρ) tanah liat	35,6 Ω
2	Panjang elektroda (L)	2meter
3	Diameter elektroda batang (α)	0,016 meter
4	Hasil perhitungan	0,357 Ω
5	Hasil perhitungan R Total	0,67 Ω

B. Perhitungan Menurut SNI

Perhitungan pentanahan (*grounding*) Jenis tanah : 100 ohm (tanah liat) Panjang elektroda : 2 meter (elektroda batang/pasak) Diameter elektroda : 16 mm = 0,016 meter

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

$$= \frac{100}{2.3,14.2} \left[\ln \left(\frac{4.2}{0,016} \right) - 1 \right]$$

$$= 41,51 \Omega$$

R= Pertanahan (ohm)

ρ = Pertanahan tanah jenis (ohm-meter)

Ln= Logaritmus (dasar e=2.7182818)

L= Panjang elektroda batang (meter)

a= Diameter elektroda (meter)

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

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

$$+ \frac{1}{41,51} + \frac{1}{41,51} + \frac{1}{41,51}$$

$$+ \frac{1}{41,51} + \frac{1}{41,51} = 0,24 \Omega$$

Tabel II

Hasil perhitungan menurut SNI

No.	Nama	Hasil
1	Jenis tanah (ρ) tanah liat	100 Ω
2	Panjang elektroda (L)	2meter
3	Diameter elektroda batang (α)	0,016 meter
4	Hasil perhitungan	41,51 Ω
5	Hasil perhitungan R Total	0,24 Ω

C. Perhitungan Penangkal Petir

Tabel III

Tabel data BMKG tahun 2023

Series	JUMLAH HARI GURUH											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ag	Sep	Okt	Nov	Des
INDEKS HARIAN	14											
	12				13							
	10					11		11				
	8			8					9			
	6						7			7		
	4	5	5									
	2			3							3	
	0											1
	Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ag	Sep	Okt	Nov

Hasil total atau nilai keseluruhan hari adalah: 83

Perhitungan penangkal petir.

Panjang gedung : 48,50 meter

Tinggi gedung : 19,11 meter

Panjang terminasi: 2,47 meter

Hari guruh : 83/ tahun

Cara menghitung indeks bahaya sambaran petir (R) PUIP 1983.

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

$$= 3+1+3+0+5$$

$$= 12 \text{ (Sedang) / Dianjurkan pada tabel}$$

Menghitung kerapatan sambaran petir ke tanah rata-rata Km^2 /tahun (SNI 03-7015-2004, h.8).

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

$$= 0,04 \cdot 83^{1,25} km^2/tahun$$

$$= 10,02 km^2/tahun$$

D. Menghitung era proteksi (Ac) atap tengah gedung REKTORAT

Tabel IV

Data gedung Rektorat

No.	Luas Area Gedung	Ukuran
1	Tinggi atap	7,83 Meter
2	Panjang terminasi	2,47Meter
3	Panjang gedung	48,50 Meter
4	Lebar gedung	30,50 Meter

No.	Luas Area Gedung	Ukuran
5	Tinggi gedung	19,11 Meter
6	Tinggi atap samping	7,83 Meter

Keterangan:

a = panjang gedung

h = tinggi atap samping dan panjang gedung

b = lebar gedung

E. Analisis Metode Jala

Metode jala ini hanya memerlukan satu parameter yaitu tingkat keamanan bangunan untuk menentukan batasan metodenya. Bangunan rektorat Universitas Borneo Tarakan mempunyai tingkat perlindungan dengan ukuran V. Maksimum ukuran jala yang dapat diterapkan dalam metode jala ini adalah 48,50 x 30,50 m. dimensi bangunan tersebut menunjukkan bahwa panjang atap dari bangunan tersebut adalah 29,90 m, sehingga luas jala tidak harus 48,50x 30,50 m, tetapi cukup dipasang disetiap tepi langit-langit bangunan dan adanya konduktor yang memisahkan kedua bagian tersebut. Penerapan metode ini dapat dilihat pada gambar di bawah ini. Adapun garis putus-putus yang tertera pada gambar merupakan konduktor di atas atap dan konduktor di bawah.

V. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Dari hasil analisa dan perhitungan yang telah didapatkan dari evaluasi metode sudut proteksi petir Eksternal pada Gedung Rektorat Universitas Borneo Tarakan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

Data lapangan : 0,86 ohm

- Data hasil perhitungan :
 - a) Data perhitungan menurut data lapangan sebesar (2,801 ohm)
 - b) Data perhitungan menurut SNI sebesar (0,24 ohm)
- Data hari guruh selama 12 bulan dengan hasil perhitungan terdapat hasil 10,02 Km²/tahun.
- Indeks bahaya sambaran petir pada tabel 2.5 dengan hasil yang diperoleh sebesar (12)
- Menghitung area proteksi (Ac) pada gedung
 - a) Atap tengah 115.883,25 Km²
 - b) Atap samping 115.883,25 Km²
- Menghitung rata-rata jumlah sambaran petir pertahun
 - a) Atap tengah 1,16 sambaran petir pertahun
 - b) Atap samping 1,16 sambaran petir pertahun
- Menghitung efesiensi sambaran petir
 - a) Atap tengah gedung 0,91%
 - b) Atap samping gedung 0,91 %

B. Saran

Berdasarkan hasil kesimpulan maka penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut :

- Sistem proteksi eksternal pada gedung rektorat universitas borneo tarakan yang terpasang saat ini sudah cukup baik dan bagus dengan penangkal petirnya.
- Sebaiknya melakukan pengecekan secara berkala terhadap besarnya tahanan pembumian serta melakukan perbaikan grounding apabila perbaikan grounding sudah diatas standar.

VI. REFERENSI

- [1] Ainun, R., & Sidik, M. A. (2021). Evaluasi Sistem Proteksi Petir Eksternal Pada Gedung Aula Dan Pusat Kegiatan Mahasiswa Fakultas Ekonomi Universitas Sriwijaya. Evaluasi Sistem Proteksi Petir Eksternal Pada Gedung Aula Dan Pusat Kegiatan Mahasiswa Fakultas Ekonomi Universitas Sriwijaya, II, 116-125. J. Breckling, Ed., *The Analysis of Directional Time Series: Applications to Wind Speed and Direction*, ser. Lecture Notes in Statistics. Berlin, Germany: Springer, 1989, vol. 61.
- [2] Aprilia, H. (2022). Metode Bola Bergulir Untuk Analisa Perancangan Sistem Proteksi Petir Gedung Perkuliahan Institut Teknologi Kalimantan. SPECTA Journal Of Technology, VI, 179-180. M. Wegmuller, J. P. von der Weid, P. Oberson, and N. Gisin, "High resolution fiber distributed measurements with coherent OFDR," in *Proc. ECOC'00*, 2000, paper 11.3.4, p. 109.
- [3] Bandri, S. (2012). Perancangan Instalasi Penangkal Petir Eksternal Gedung Bertingkat (Aplikasi Balai Kota Pariman). Perancangan Instalasi Penangkal Petir Eksternal Gedung Bertingkat, I, 12-18.
- [4] Hosea, E., Iskanto, E., & Laudan, H. M. (2004). Penerapan Metode Jala , Sudut Proteksi Dan Bola Bergulir Pada Sistem Proteksi Petir Eksternal Yang Diaplikasikan Pada

- Gedung W Universitas Kristen Petra. Penerapan Metode Jala, Sudut Proteksi Dan Bola Bergulir Pada Sistem Proteksi Petir Eksternal Yang Diaplikasikan Pada Gedung, IV, 1-9.
- [5] Suharnoto, Y. (2012). Evaluasi Sistem Proteksi Listrik Kantor Bupati Landak. Evaluasi Sistem Proteksi Listrik Kantor Bupati Landak, IV, 47-52.
 - [6] Fathudin, A., Maruli Tua, S., & Gunawan, H. (2018, October). Evaluasi Sistem Penangkal Petir di Gedung Instalasi Radiometalurgi. In *Prosiding Seminar Hasil-hasil Penelitian EBN Tahun 2017* (pp. 247-258). Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir (PTBBN-BATAN).
 - [7] Karta, A., Agung, A. I., & Widyartono, M. (2020). Analisis Kebutuhan Sistem Proteksi Sambaran Petir Pada Gedung Bertingkat. *Jurnal Teknik Elektro*, 9(3), 773-780.
 - [8] Saragih, B., Siburian, J. M., & Purba, J. L. (2020). Sistem Penangkal Petir Pada Gedung Kemang Gallery Medan. *Jurnal Teknologi Energi Uda: Jurnal Teknik Elektro*, 9(1), 44-61.