

EVALUASI PERANCANGAN PROTEKSI PETIR EKSTERNAL METODE JALA SUDUT PADA GEDUNG SD NEGERI 011 TARAKAN

Sugeng Riyanto¹, Rizky Ferdiansyah²,

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

¹sugeng072.sr@gmail.com

²Ferdiancina017@gmail.com

Abstract—In this lightning protection system analysis research, the aim is to determine the level of lightning protection, the area protected by the lightning rod, and the ground resistance at the Tarakan 011 State Elementary School. At Tarakan 011 State Elementary School with a building height of 15 m, the average number of lightning strikes was 10.32 per year. From the results of the value of the average number of lightning strikes, the efficiency value is 0.99, so that the lightning strike protection level obtained at the Tarakan 011 State Elementary School is at protection level I. In the calculation results, the lightning strike distance value obtained is 5,987.9 m. The protection area obtained can be seen that the lightning strike protection system at the 011 Tarakan State Elementary School is able to protect the building from lightning strikes. The grounding system used to channel the lightning current uses rod electrodes. Where the grounding at State Elementary School 011 Tarakan has a resistance value of 4 Ω from the calculation of the grounding system design and from the test results a value of 0.6 Ω was obtained.

Keywords—Lightning, Lightning rod, Mesh method,

Intisari—Pada penelitian analisis sistem proteksi petir ini bertujuan untuk mengetahui tingkat proteksi penangkal petir, luas daerah yang terproteksi oleh penangkal petir, dan tahanan petanahan pada Sekolah Dasar Negeri 011 Tarakan. Pada Sekolah Dasar Negeri 011 Tarakan dengan tinggi gedung 15 m ini didapatkan nilai jumlah rata-rata sambaran petir sebesar 10,32 sambaran pertahun. Dari hasil nilai jumlah rata-rata sambaran petir didapatkan nilai efisiensinya sebesar 0,99 sehingga didapatkan tingkat proteksi sambaran proteksi sambaran petir pada Sekolah Dasar Negeri 011 Tarakan ini pada tingkat proteksi I. Pada hasil perhitungan nilai jarak sambaran petir yang diperoleh sebesar 5.987,9 m. Daerah proteksi yang diperoleh dapat dilihat bahwa sistem proteksi sambaran petir pada Sekolah Dasar Negeri 011 Tarakan ini sudah mampu melindungi gedung dari sambaran petir. Sistem pentanahan yang dipakai untuk menyalurkan arus petir ini menggunakan elektroda batang. Dimana pentanahan pada Sekolah Dasar Negeri 011 Tarakan ini memiliki nilai tahanan sebesar 4 Ω dari perhitungan rancangan sistem groundingnya dan dari hasil pengujian didapatkan nilai sebesar 0,6 Ω .

Kata Kunci: Petir, Penangkal petir, Metode jala,

I. PENDAHULUAN

Indonesia termasuk daerah tropis yang terletak di daerah khatulistiwa dengan jumlah hari guruh per tahun/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 sistem 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.

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 ke dalam aktivitas petir tertinggi di dunia yang mencapai 100-200 hari per tahun bahkan kerapatan petir-petir Indonesia juga sangat besar yaitu 12 km² per tahun, 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.

II. LANDASAN TEORI

A. Tinjauan pustaka

Ketentuan tentang proteksi petir diantaranya diatur pada Peraturan Umum Instalasi Listrik (PUIL). Pada penelitian ini bertujuan untuk merancang suatu system proteksi petir pada Gedung Sekolah Dasar Negeri 011 Tarakan, bangunan yang dibangun bertingkat sehingga berpotensi terkena sambaran petir, agar terlindungi dari bahaya sambaran petir maka dipasang instalasi proteksi petir yang selanjutnya disebut dengan penangkal petir. Sehingga gedung tersebut dapat terlindungi dari bahaya sambaran 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 resistansi 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.

Tahanan sebaran pem bumian maksimal <5 Ω . Namun untuk memberikan tingkat perlindungan yang lebih baik, besarnya tahanan pentanahan juga ditentukan berdasarkan pada fungsi dari gedung tersebut, misalnya untuk

keamanan melindungi barang-barang elektronik yang berada didalam gedung, tahanan per tanahan $<2 \Omega$ dan bila dilebih kecil dan lebih baik. Besar nilai tahanan suatu elektroda dari sistem pembumian dipengaruhi oleh tahanan jenis tanah dan kandungan air. Untuk mengurangi penurunan tahanan pentanahan akibat pengaruh musim, khususnya di negara kita yang beriklim tropis maka pemasangan elektroda pembumian dilakukan hingga mencapai kedalaman dimana terdapat sumber air tanah. Kandungan air tanah sangat berpengaruh terhadap perubahan tahanan jenis tanah dan akan mempengaruhi nilai tahanan pembumian. Apabila kandungan air cukup besar maka tahanan jenis tanah akan kecil. Sistem grounding, pentanahan (pembumian) yang baik antara lain kabel penghantar yang ditanam harus benar terhubung ke bumi/tanah. Untuk mengetahui apakah sistem Grounding atau pentanahan yang terpasang sudah benar terhubung ke bumi/tanah dengan baik, maka dilakukan pengukuran dengan menggunakan Grounding Tester atau Earth Tester Meter.

B. Petir

Petir merupakan peristiwa alam yaitu proses pelepasan muatan listrik (*Electrical Discharge*) yang terjadi di atmosfer, hal ini disebabkan berkumpulnya ion bebas bermuatan negatif dan positif di awan, ion listrik dihasilkan oleh gesekan antar awan dan juga kejadian ionisasi ini disebabkan oleh perubahan bentuk air mulai dari air menjadi gas atau sebaliknya, bahkan padat (es) menjadi cair.

Petir sering menjadi bagian dari kondisi cuaca yang tiba-tiba mendung turun hujan lebat, dimana saat menjelang hujan biasanya terjadi kilatan cahaya di langit lalu disusul oleh busur api yang menjalar di awan yang berwarna gelap yang tidak tentu arahnya.

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 biasa terjadi pada awan dengan udara dengan permukaan tanah. Menurut (*Brian William, 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.

C. Macam-macam petir

Telah disebutkan sebelumnya bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi pembentukan dan pengumpulan muatan di awan begitu banyak dan tak pasti. Ditambah dengan kondisi labilitas dalam atmosfer, sehingga proses terjadinya sambaran petir bisa juga berbeda-beda. Misalnya, muatan yang terjadi tidak terpisah secara horizontal sehingga menimbulkan pelepasan diantara awan dengan awan atau dalam awan itu sendiri. Atau mungkin saja proses pemisahan muatannya terjadi secara sebaliknya, sehingga arah peluahan atau petirnya juga terbalik.

Secara garis besar, jenis-jenis petir dapat dikategorikan dalam beberapa macam, yaitu sebagai berikut :

Berdasarkan polaritas muatan :

- 1 Muatan positif
- 2 Muatan negatif

Berdasarkan arah sambaran :

1. Arah kebawah (bumi atau objek), disebut *downward lightning*
 2. Arah keatas (awan), disebut *upward lightning*
- Berdasarkan jenis sambaran :
3. Sambaran dalam awan (*intra cloud lightning*)
 4. Sambaran antar awan (*inter cloud lightning*)
 5. Sambaran awan ke bumi (*cloud to ground lightning*)

D. Frekuensi sambaran petir

Rata-rata frekuensi sambaran petir langsung per tahun (N_d), bisa diperoleh dari perhitungan densitas rata-rata sambaran petir ke tanah / Km^2 / tahun (N_g) yang diperkirakan ke bangunan, dikalikan dengan area ekuivalen (A_e) bangunan. Menurut [6]. Rumus menghitung kerapatan sambaran petir ke tanah rata-rata tahunan adalah dengan persamaan berikut :

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

dengan :

N_g = Densitas sambaran petir ketanah rata-rata tahunan

Td = Hari per tahun

Menurut [6] menghitung era poteksi pada bangunan adalah menggunakan persamaan berikut :

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

dengan :

A_e = Area proteksi

A = Panjang gedung

b = Lebar gedung

h = Tinggi gedung

E. Risk assesment / taksiran resiko

Suatu sistem proteksi petir yang baik, harus mampu melindungi seluruh bangunan beserta orang dan peralatan yang ada didalamnya guna menghindari bahaya yang ditimbulkan. Jika suatu bangunan dianggap beresiko terkena sambaran petir, maka akan dilakukan perhitungan untuk melakukan perancangan sistem penangkal petir eksternal yang diperlukan bangunan tersebut. Dalam menghitung jumlah rata-rata frekuensi sambaran petir langsung per tahun dengan menggunakan persamaan berikut [6].

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

dengan :

N_d = Frekuensi sambaran petir langsung per tahun

N_g = Densitas sambaran petir ketanah rata-rata tahunan

A_e = Area proteksi gedung/bangunan

Kemudian menghitung efisiensi sambaran petir dengan telah diketahui sebesar 0,1 [6].

$$E \geq 1 - \frac{N_c}{N_d} \tag{4}$$

dengan :

E = Efisiensi sambaran petir

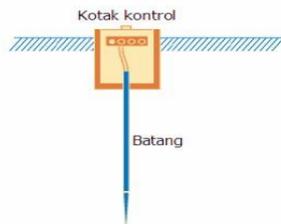
N_c = Sambaran petir setempat (0,1)

N_d = Frekuensi sambaran petir langsung per tahun.

E. Elektroda batang (Rod)

Elektroda batang merupakan elektroda yang terbuat dari besi atau baja profil yang dipasang secara tegak lurus masuk kedalam tanah [11]. Umumnya digunakan batang tembaga atau bias juga pipa galvanis dengan diameter minimal 1 inc sampai 2 inc [11], elektroda batang adalah elektroda dari pipa atau besi baja profil yang dipancangkan ke dalam tanah. [10].

Selain itu keuntungan dari penggunaan elektroda jenis batang (rod) secara teknis mudah pemasangannya karena hanya perlu menancapkan bagian batang elektroda pada tanah.



Gambar 1. Elektroda (Rod)
Sumber : [10]

Nilai Resistansi tanah pentanahan pada elektroda batang:

$$R_G = \frac{\rho}{2\pi L_R} \left[\ln \left(\frac{4L_R}{A_R} \right) - 1 \right] \tag{5}$$

dengan :

R_G = Tahanan pentanahan untuk batang tunggal (Ω)

In = Tahanan jenis tanah (Ωm)

L_R = Panjang elektroda (m)

A_R = Diameter elektroda (m)

Untuk memperkecil tahanan pentanahan maka pemasangan elektroda batang dapat dihubung paralel dengan jarak antara elektroda tersebut minimum harus dua kali panjangnya [11].

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} \tag{6}$$

III. METODE PENELITIAN

A. Metode penelitian

Metode penelitian adalah metode yang digunakan oleh peneliti dalam melakukan penelitian untuk mendapatkan informasi dan data yang terjadi dilapangan. Mengingat hasil penelitian, dapat ditarik kesimpulan yang dapat ditunjukkan secara langsung didepan umum.

B. Tempat dan waktu penelitian

Penelitian dilakukan di Sekolah Dasar Negeri 011 Tarakan. Penelitian dilaksanakan dalam waktu kurang lebih 6 bulan untuk melakukan perancangan alat ataupun

pengumpulan data dimulai dari Desember 2022 sampai dengan Januari 2023.

C. Jenis penelitian

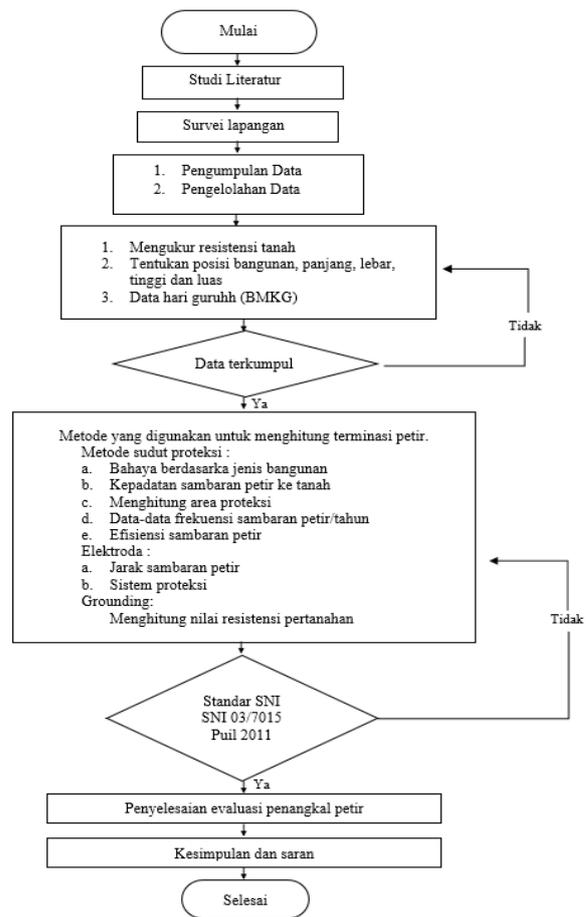
Metode jala (*mesh size method*) merupakan metode yang digunakan untuk membantu melindungi permukaan yang datar karena biasa melindungi seluruh permukaan bangunan.

D. Alat dan bahan penelitian

Alat dan bahan atau instrumen pemeriksaan. yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Alat ukur Earth Tester digunakan untuk mengukur resistansi tahanan jenis tanah .
2. Elektroda pentanahan yang digunakan untuk menetapkan suatu pentanahan.

E. Flowchart penelitian



Gambar 2. Flowchart Alur Analisa Dan Pengukuran Data

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Hasil Pengukuran di lapangan (Grounding)

- Jenis tanah : 4.00 ohm (tanah pasir)
 Panjang Elektroda : 2 meter (elektroda batang)
 Diameter Elektroda : 16 mm = 0,016 meter.

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

$$= \frac{4,00}{2,3,14,2} \left[\ln \left(\frac{4,2}{0,016} \right) - 1 \right]$$

$$= 1,66 \Omega$$

Dengan :

R = Pertanahan (ohm)

ρ = Jenis tanah (ohm-meter)

L = Panjang Elektroda Batang (meter)

A = Diameter Elektroda Batang (meter)

Karena didapatkan hasil pertanahan yang lumayan besar maka dapat di perkecil lagi dengan menggunakan persamaan hubung paralel.

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

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{1,66} + \frac{1}{1,66} + \frac{1}{1,66} + \frac{1}{1,66} + \frac{1}{1,66} + \frac{1}{1,66}$$

$$+ \frac{1}{1,66} + \frac{1}{1,66} + \frac{1}{41,51} + \frac{1}{41,51}$$

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

$$= 0,6 \Omega$$

Tabel I

Perhitungan resistansi tahanan tanah pada Gedung Rusunawa Universitas Borneo Tarakan

| No | Nama | Hasil |
|----|--------------------|---------------|
| 1 | Sebelum di paralel | 1,66 Ω |
| 2 | Sesudah di paralel | 0,6 Ω |

B. Data Standar SNI

Jenis Tanah : 200 Ω (tanah pasir)

Panjang Elektroda : 2 meter (elektroda batang/pasak)

Diameter Elektroda : 16 mm = 0,016 meter

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

$$= \frac{200}{2,3,14,4} \left[\ln \left(\frac{4,2}{0,016} \right) - 1 \right]$$

$$= 41,51 \Omega$$

Dengan :

R = Pertanahan (ohm)

ρ = Jenis tanah (ohm-meter)

L = Panjang Elektroda Batang (meter)

A = Diameter Elektroda Batang (meter)

Dikarnakan hasil dari perhitungan menurut [11], Sangat besar maka dapa diperkecil menggunakan persamaan hubung paralel.

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

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

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

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

$$= 4,15 \Omega$$

Tabel II

Hasil perhitungan menurut SNI

| No | Nama | Hasil |
|----|--------------------|----------------|
| 1 | Sebelum di paralel | 41,51 Ω |
| 2 | Sesudah di paralel | 4,15 Ω |

C. Perhitungan penangkal petir

Panjang Gedung : 22 meter.

Tinggi gedung : 16 meter.

Lebar gedung : 32 meter.

Panjang terminasi : 2 meter.

Hari guruh : 85 /tahun 2022 kota tarakan.

Menghitung Indeks bahaya sambaran petir (R) menurut PUIL1983:

R = Indeks A + Indeks B + Indeks C + Indeks D + Indeks E

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

$$= \mathbf{12 \text{ (sedang)}}$$

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

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

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

$$= 10,32 \text{ Sambaran}/Km^2/tahun$$

Menghitung area proteksi (A_c) pada gedung SD Negeri 011 Tarakan.

Panjang terminasi : 2 meter.

Panjang gedung : 22 meter.

Lebar gedung : 32 meter.

Tinggi gedung : 15 meter.

Jenis gedung : beton.

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

$$= (22 . 32) + 6 . 15 (22 + 32) + 9 . 3,14 . 15^2$$

$$= 5.987,9 m^2$$

$$= 5,9879 Km^2$$

Setelah mendapatkan nilai dari area proteksi pada gedung sekolah dasar negeri 011 tarakan selanjutnya menentukan nilai jumlah rata-rata sambaran petir, untuk menentukan nilai jumlah rata-rata sambaran petir secara langsung yaitu dengan :

$$N_d = N_g . A_c$$

$$= 10,32 . 5,9879$$

$$= 61,795 \text{ sambaran}/Km^2/tahun$$

Dari data BMKG yang didapat nilai Frekuensi tahunan (N_c) sebesar 0,1/tahun. Untuk menentukan tingkat proteksi pada suatu bangunan berdasarkan perhitungan N_d dan N_c adalah sebagai berikut:

- Jika nilai dari $N_d \leq N_c$ maka tidak diperlukan pemasangan sistem proteksi sambaran petir.
- Jika nilai dari $N_d \geq N_c$ maka diperlukan pemasangan sistem proteksi sambaran petir.

Dari perhitungan yang diperoleh nilai N_d adalah lebih besar dari N_c yaitu 61,795. Sehingga pada bangunan sekolah dasar negeri 011 tarakan ini sangat diperlukan untuk pemasangan sistem proteksi sambaran petir.

Dari nilai N_d kita dapat menentukan nilai dari efisiensi proteksi sambaran petir. Untuk menghitung nilai efisiensinya yaitu sebagai berikut:

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

$$E \geq 1 - \frac{0,1}{61,795}$$

$$E \geq 0,99 \%$$

Dari hasil perhitungan efisiensi yang didapat sebesar 0,99. Maka nilai dari efisiensinya dikategorikan proteksi tingkat I maka sekolah dasar negeri 011 tarakan ini membutuhkan pemasangan penangkal petir yang maksimal untuk melindungi bangunannya.

D. Analisa Metode Jala

Metode jala ini hanya membutuhkan satu parameter untuk menentukan batasan-batasan metode, yaitu tingkat proteksi gedung tersebut. Tingkat proteksi pada Gedung Sekolah Dasar Negeri 011 Tarakan adalah tingkat I oleh karena itu ukuran jala yang akan dipakai dalam penerapan metode jala ini adalah 5 x 5 m, minimum. Dari dimensi gedung dapat dilihat bahwa panjang atap 23 m, sehingga jala-jala konduktor yang dipasang tidak perlu memiliki luas 5 x 5 m. Penerapan metode jala ini dapat kita lihat pada gambar berikut. garis putus-putus yang digambarkan adalah konduktor di atas atap dan konduktor ke bawah.

V. KESIMPULAN

Dari hasil analisa dan perhitungan yang telah didapatkan dari Perancangan Metode Jala Sudut Proteksi Petir Eksternal pada Gedung Sekolah Dasar Negeri 011 Tarakan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a) Bangunan Sekolah Dasar Negeri 011 Tarakan memiliki ukuran panjang 22 m dan lebar 32 m serta tinggi 15 m, yang terletak pada daerah dengan tingkat kerawanan petir sedang yaitu 85 hari guruh per tahun, sehingga perhitungan yang diperoleh 10,32 Km²/tahun
- b) Berdasarkan tingkat proteksi I, sudut proteksi diperoleh sebesar 20⁰ sehingga hanya dirancang menggunakan terminasi udara dengan menggunakan sudut proteksi.
- c) Perbandingan pentanahan Grounding dengan pentanahan menurut SNI yaitu pentanahan grounding mendapati nilai:
 - Tanah jenis tanah : 4,00 Ω (Tanah pasir)
 - Panjang Elektroda : 2 meter (Elektroda batang/pasak)
 - Diameter Elektroda : 16 mm = 0,016 meter
 Sedangkan pentanahan menurut SNI mendapati nilai:
 - Tanah jenis tanah : 100 Ω (Tanah pasir)
 - Panjang Elektroda : 2 meter (Elektroda batang/pasak)
 - Diameter Elektroda : 16 mm = 0,016 meter.
- d) Nilai grounding penangkal petir didapatkan 0,6 Ω sedangkan menurut SNI didapatkan 4,15 Ω dengan cara memperoleh 1 elektroda batang, sehingga total elektroda yang di paralel adalah 10 elektroda batang. Sehingga pada penangkal petir menggunakan metode sudut proteksi didapatkan hasil 8 terminasi udara untuk melindungi seluruh bangunan laboratorium dengan sudut proteksi 20⁰.

REFERENSI

- [1] Ainun, R. & Abu Bakar Sidik, M., 2019. Evaluasi Sistem Proteksi Petir Eksternal Pada Gedung Aula Dan Pusat Kegiatan Mahasiswa Fakultas Ekonomi Universitas Sriwijaya. Jurnal Rekayasa Elektro Sriwijaya , Volume 2, P. 117.
- [2] Bandri, S., 2012. Perancangan Instalasi Penangkal Petir Eksternal Gedung Bertingkat (Aplikasi Balai Kota Pariaman). Jurnal Momentum, Volume 13.
- [3] Hosea, E., Iskanto, E. & M. Luden, H., 2014. Penerapan Metode Jala,Sudut Proteksi Dan Bola Bergulir Pada Sistem Proteksi Petir Eksternal Yang Diaplikasikan Pada Gedung W Universitas Kristen Petra. Jurnal Teknik Elektro, Volume 4, P. 1
- [4] Prayeni, P., P. & D., 2017. Evaluasi Sistem Penangkal Petir Pada Gedung Perkuliahan (Studi Pada Universitas Negeri Jakarta Kampus A Sektor C). Journal Of Elektrikal And Vocational And Technology, Volume 2, P. 196.
- [5] Rohani & Yuniarti, N., 2017. Evaluasi Penangkal Petir Eksternal Di Gedung Rektorat Universitas Negeri Yogyakarta. Jurnal Edukasi Elektro, Volume 1.
- [6] Standarisasi Nasional. (2004). SNI 03-7013-2004. Tata Cara Perencanaan Fasilitas Lingkungan Rumah Susun Sederhana. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- [7] Suardi, Moh. (2005). Belajar & Pembelajaran. Yogya:Dee Publish.
- [8] Sugiyono. (2009). Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif Dan R&D. Bandung: Alfabeta
- [9] Supannur Bandri. (2012). Perancangan Instalasi Penangkal Petir Eksternal Gedung Bertingkat
- [10] Sumardjati. Prih. DKK. (2008). Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik, Jilid I Penerbit : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- [11] PUIL 1983 dan PUIL 2011