

Perancangan Penyalur Petir pada Gedung SMK Ma'arif Nahdlatul Ulama Driyorejo

Yoga Iqbal Fardhuansa¹, Puji Slamet², Niken Adriaty Basyarach³, Reza Sarwo Widagdo⁴

Giovanni Dimas Prenata⁵, Lutfi Agung Swarga⁶, Kurnia Paranita Kartika Riyanti⁷

Jurusan Teknik Elektro, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Jl. Semolowaru 45 Surabaya 60118

Telp. (031)-5931800, Faks. (031)-5927817

E-mail: yogaiqbal79@gmail.com

ABSTRAKS

Gedung SMK Ma'arif Nahdlatul Ulama Driyorejo, bangunan tersebut berdiri di daerah perbukitan dan permukiman tanah datar di antara bangunan rumah penduduk. Selain itu masih terdapat hamparan perkebunan dan sawah di belakang lokasi. Pada gedung tidak terdapat sistem penyalur petir, seharusnya gedung yang memiliki ketinggian perlu sistem penyalur petir agar terhindar dari bahaya yang diakibatkan oleh sambaran petir. Pada Penelitian ini merancang sebuah sistem penyalur petir pada Gedung lantai 3A dengan menggunakan metode sudut proteksi. Hasil dari penelitian pada Gedung lantai 3A masuk dalam tingkat proteksi 1 dengan menggunakan 4 buah splizer agar dapat memproteksi bangunan dengan baik, serta pada gedung lantai 3A menggunakan jenis kabel (BC) Bare core dengan luas penampang sebesar 38 mm² dan pada sistem pembumian menggunakan 3 batang elektroda dengan jenis besi lapis tembaga ditanam dengan kedalaman 1,5 meter.

Kata Kunci: Proteksi Eksternal, Konduktor Penyalur, Sistem Pembumian

1. BAB I. PENDAHULUAN

Petir adalah salah satu peristiwa alam yang terjadi saat hujan, terjadi nya petir disebabkan adanya gaya tarik menarik antar muatan positif dan negatif [1]. Penyebab terjadinya petir dikarenakan adanya muatan negatif yang berada di awan dan menyebabkan terinduksi nya muatan positif pada tanah sehingga membentuk medan listrik antara awan dan tanah. Semakin besar positif dan negatif yang disimpan pada awan maka akan terjadi pelepasan muatan berupa cahaya atau berupa kilat. Setiap kejadian kilat atau petir maka akan menghasilkan suatu suara yang disebut gemuruh.

Indonesia berada digaris khatulistiwa dan beriklim tropis, iklim tropis menyebabkan adanya salah satu musim yaitu hujan. Musim hujan umumnya memiliki intensitas hujan yang tinggi akibatnya Indonesia memiliki intensitas petir yang tinggi. Tinggi nya intensitas petir digambarkan dalam satuan hari guruh. Tinggi nya intensitas petir menyebabkan jumlah hari guruh tinggi.

Indonesia memiliki bangunan-bangunan tinggi, sehingga memiliki risiko kerusakan akibat sambaran petir. Efek yang diakibatkan dari sambaran petir tersebut, mengakibatkan kerusakan dan kebakaran pada peralatan listrik. Salah satu contoh lokasi yang akan dikaji adalah Gedung sekolah menengah kejuruan (SMK) Ma'arif Nahdlatul Ulama (NU) Kecamatan Driyorejo Kabupaten Gresik..

Gedung ini berada dibawah naungan Yayasan perguruan Ma'arif Nahdlatul Ulama. gedung ini berdiri di tanah seluas 4.750 m² dengan dua bangunan yang masing-masing terdiri dari 3 lantai

dan 2 lantai. Bangunan tersebut berdiri di daerah perbukitan dan permukiman tanah datar di antara bangunan rumah penduduk. Selain itu masih terdapat hamparan perkebunan dan sawah di belakang lokasi.

Setiap bangunan memiliki instalasi listrik dan peralatan elektronik, kedua komponen ini sangat membutuhkan penyalur petir jika terjadi sambaran petir. Hal ini dikarenakan bangunan yang bertingkat lebih rentan terkena gangguan sambaran petir. Baik gangguan mekanik maupun gangguan yang terjadi karena alam. Sambaran petir dapat membahayakan peralatan listrik yang ada pada gedung tersebut yang berakibat pada kerusakan serta dapat membahayakan makhluk hidup yang berada di dalam gedung tersebut. Guna mengurangi dampak dan melindungi kerusakan akibat sambaran petir secara langsung. Maka gedung tersebut perlu dipasang penyalur petir eksternal.

Penelitian ini dilakukan pengambilan sampel kasus pada Gedung. Pada gedung tersebut tidak terpasang penyalur petir, maka penelitian ini dilakukan untuk mencari kebutuhan sistem proteksi petir pada gedung tersebut. Setelah melakukan survei, penyalur petir pada gedung tersebut belum ditemukan dan masih dalam rencana untuk membuat sistem penyalur petir.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Petir

Petir adalah salah satu peristiwa alam yang terjadi saat hujan, akan tetapi belum tentu saat hujan dapat terjadi petir, dikarenakan terjadinya petir yaitu adanya beda potensial yang sangat kuat antar muatan

negatif yang berada di awan dan muatan positif yang berada di bumi [1]. Petir memiliki karakteristik atau penggambaran petir dan terdapat parameter petir seperti bentuk gelombang petir, kerapatan sambaran (N_g), arus puncak (I_{max}), kecuraman rata-rata gelombang (di/dt) [2].

2.2 Proteksi Terhadap Sambaran Petir

Sistem proteksi petir yaitu mencegah petir agar tidak menyambar langsung pada objek yang dilindunginya. Ada dua cara atau prinsip yang pertama: suatu proteksi petir membentuk semacam perisai, guna melindungi objek. Sehingga yang diharapkan petir tidak menyambar objek melainkan menyambar perisai tersebut dan dapat meminimalisir terjadinya sambaran petir [3].

2.3 Sistem Proteksi Eksternal

Sistem Proteksi Petir Eksternal merupakan instalasi dan alat-alat yang berada diluar suatu struktur bangunan untuk menangkap dan menghantarkan arus petir ke sistem pembumian. Proteksi petir eksternal berfungsi sebagai proteksi tegangan lebih akibat sambaran langsung dari petir yang menuju ke suatu sistem atau bangunan yang dilindungi. Dalam hal ini sistem proteksi petir eksternal memiliki tiga bagian yaitu air termal, konduktor penyalur dan sistem pembumian [2], [4]

3. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu survei dengan cara observasi, pengamatan dan pengukuran. Observasi yang akan dilakukan pada objek gedung untuk mendapatkan data, dimana data yang didapat, diolah agar mendapatkan nilai atau hasil yang akan menentukan tingkat proteksi pada bangunan.

3.1. Studi Literatur

Langkah awal sebelum melakukan penelitian yaitu menegumpulkan referensi yang relevan berupa berupa teori dari beberapa sumber seperti buku, jurnal ilmiah, dan beberapa penelitian terdahulu terkait penelitian ini, untuk digunakan sebagai referensi penunjang proses penelitian. Tujuan dari mencari literatur ini yaitu sebagai pengetahuan dasar mengenai perancangan sistem penyalur petir pada bangunan,

3.2. Pengambilan Data

setelah itu pengambilan data dengan cara observasi dan wawancara yang diperlukan untuk melengkapi pembahasan pada penelitian ini, pada gedung sekolah tersebut. Pengambilan data ini dilakukan pada tanggal 10 Januari – 15 Februari 2023. Kemudian Data yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain data bangunan, meliputi tinggi, lebar panjang pada bangunan, kemudian bahan konstruksi pada bangunan dan juga mengukur

besar nilai tanah pentanahan, serta data hari guruh per tahun pada daerah tersebut.

3.3. Teknik Analisa Data

. Setelah data terkumpul. perhitungan guna mencari nilai taksiran resiko untuk menentukan perkiraan bahaya dan kebutuhan pada bangunan yang mengacu pada beberapa standar sistem penyalur petir. Pada penelitian ini menggunakan beberapa standar yaitu menurut Peraturan Umum Instalasi Penyalur Petir, Standar Nasional Indonesia (SNI 03-7015-2004), *National fire protection association* (NFPA), *British standard* 7430:1998 (BS). Langkah Langkah perancangan sistem penyalur petir sebagai berikut :

1. Menentukan indeks-indeks bahaya bangunan

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

Dimana A adalah Bahaya menurut kegunaan.

B adalah Bahaya menurut konstruksi bangunan.

C adalah Bahaya menurut tinggi bangunan. D

adalah Bahaya menurut lokasi bangunan. E

adalah Bahaya menurut hari guruh.

2. Menentukan Rata-rata Sambaran Petir ketanah (N_g)

$$N_g = 0,04 \times Td^{1,25} / \text{Tahun} \quad (2)$$

Dimana N_g adalah Kerapatan sambaran petir, Td adalah hari guruh pertahun.

3. Menentukan Area Cakupan Ekuivalen (A_e)

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

Dimana A_e adalah Area Cakupan Ekuivalen. a adalah panjang bangunan, b adalah Lebar bangunan. h adalah Tinggi bangunan.

4. Menentukan Frekuensi Sambaran Petir Langsung (N_d).

$$N_d = N_g \times A_e \times C_1 \times 10^{-6} / \text{tahun} \quad (4)$$

Dimana N_d adalah Frekuensi sambaran petir Langsung. C_1 adalah Faktor pengaruh lingkungan.

5. Menentukan Frekuensi petir yang dapat ditoleransi (N_c)

$$N_c = \frac{1,5 \times 10^{-3}}{C} \quad (5)$$

Dimana $C = (C_2)$ adalah Koefisien struktural (C_3) adalah Isi struktur (C_4) adalah Struktur hunian (C_5) adalah Konsekuensi petir.

6. Menentukan Effisiensi

$$E = 1 - \frac{N_c}{N_d} \quad (6)$$

Dimana Jika $N_d \leq N_c$ tidak perlu proteksi dan

jika $N_d > N_c$ perlu proteksi. Perhitungan tersebut menentukan tingkat proteksi pada bangunan

7. Menentukan Jarak Sambaran Petir

$$r_s = 10 \times I^{0,65} \quad (7)$$

Dimana r_s adalah Jarak sambaran petir, I adalah Arus maksimum sambaran petir (kA).

8. Menentukan Sudut Lindung

$$\theta = \sin^{-1}\left\{1 - \frac{h}{r_s}\right\} \quad (8)$$

Dimana θ adalah Sudut lindung, h adalah Tinggi penangkal petir dari permukaan tanah (m), r_s adalah Jarak sambaran petir

9. Menentukan Radius Proteksi

$$r = \frac{h}{\sin(90^\circ - \theta)} \sin(\theta) \quad (9)$$

Dimana r adalah Radius perlindungan, h adalah Tinggi penyalur petir dari permukaan tanah, θ adalah Sudut perlindungan.

10. Menentukan Jumlah Splizer

$$n = \frac{P}{\text{jarak minimum splizer}} \quad (10)$$

Dimana P adalah Panjang atap atau bangunan, n adalah Total splizer yang digunakan.

11. Menentukan Hambatan

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A} \quad (11)$$

Dimana R adalah Hambatan (Ω), l adalah Panjang kawat (m), ρ adalah Hambatan jenis (Ωm), A adalah Luas penampang (mm^2).

12. Menentukan Luas Penampang

$$A = I_o \times \sqrt{\frac{R \times 10^{-6} \cdot s}{\log_{10}\left(\frac{T}{274+1}\right)}} \quad (12)$$

Dimana A adalah Luas penampang (m^2), I_o adalah Arus petir maksimum (kA), S adalah Lama arus gangguan (s), T adalah Temperatur konduktor yang diizinkan ($^\circ\text{C}$).

Jika luas penampang yang didapat kurang dari standar, maka disesuaikan dengan standar yang sudah ditetapkan, dikarenakan semakin besar luas penampang semakin baik dari segi ketahanan.

13. Menentukan *Single rod*

$$R = \frac{\rho}{2\pi \cdot L} \left[\ln \frac{8L}{d} - 1 \right] \quad (13)$$

Dimana R adalah Resistansi untuk satu batang ρ adalah Tahanan jenis tanah, L adalah Panjang elektroda, d adalah Diameter batang.

14. Menentukan *Multiple rod*

$$a = \left(\frac{\rho}{2\pi \cdot R \cdot s} \right) \quad (14)$$

$$Rn = R \left(\frac{1 + (\lambda \cdot a)}{n} \right)$$

Dimana R adalah Resistansi dalam satu batang, λ adalah Factor perkalian, n adalah Jumlah elektroda, ρ adalah Tahanan jenis tanah S adalah jarak antara batang elektroda.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Menghitung Kebutuhan Bangunan Menurut PUIPP

1. Menghitung Indeks-indeks Bahaya bangunan

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

$$3 + 3 + 2 + 0 + 6$$

$$R = 14$$

Pada perhitungan indeks bahaya pada bangunan, didapatkan nilai sebesar 14 untuk tingkat bahaya gedung lantai 3A, maka kebutuhan proteksi sambaran petir termasuk besar, menurut PUIPP sangat dianjurkan sistem penyalur petir pada gedung lantai 3A, untuk pengaman dari sambaran petir.

4.2 Menghitung Perhitungan (*National Fire Protection Association*) NFPA

Menurut NFPA (*National Fire Protection Association*) untuk mencari nilai kerapatan sambaran petir (N_g), area cakupan valen (A_e), frekuensi sambaran petir langsung (N_d), dan menentukan efisiensi guna mengetahui tingkat proteksi pada gedung lantai 3A [5]. Berikut perhitungannya :

2. Menghitung Rata-rata Sambaran Petir ketanah (N_g)

$$N_g = 0,04 \times Td^{1.25} / \text{Tahun} \quad (2)$$

$$N_g = 0,04 \times 149^{1.25} / \text{Tahun}$$

$$N_g = 20,82 / \text{Tahun}$$

Dari hasil perhitungan sambaran petir ketanah pada gedung lantai 3A, didapat nilai sebesar 20,82 km^2/Tahun . Selanjutnya menghitung Area permukaan tanah yang dianggap sebagai bangunan yang mempunyai frekuensi sambaran petir langsung tahunan.

3. Menghitung Area Ckupan Ekuivalen (A_e)

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

$$A_e = 40,53 \times 9,10 + 6 \times 12,29$$

$$(40,53 + 9,10) + 9 \times 3,14 \times 12,29^2$$

$$A_e = 8297,045466 \text{ m}^2$$

Dari hasil perhitungan Area Cakupan Ekuivalen pada gedung lantai 3A, didapat nilai sebesar 8297,045466 m^2 Selanjutnya menghitung Frekuensi sambaran petir langsung ke bangunan.

4. Menghitung Frekuensi Sambaran Petir Langsung (N_d)

$$N_d = N_g \times A_e \times C_1 \times 10^{-6} / \text{tahun} \quad (4)$$

$$N_d = 20,82 \times 8297,045466 \times 0,5 \times 10^{-6} / \text{tahun}$$

$$N_d = 0,086 / \text{tahun}$$

Dari hasil perhitungan frekuensi sambaran petir langsung ke bangunan pada gedung lantai 3A, didapat nilai sebesar 0,0086 /Tahun Selanjutnya menghitung Faktor pengaruh lingkungan. Selanjutnya.

5. Menghitung Faktor pengaruh lingkungan

$$N_c = \frac{1,5 \times 10^{-3}}{c} \quad (5)$$

$$N_c = \frac{1,5 \times 10^{-3}}{11}$$

$$N_c = 0,0001$$

Dari hasil perhitungan faktor pengaruh lingkungan pada gedung lantai 3A, didapat nilai sebesar 0,0001. Selanjutnya menentukan tingkat proteksi.

6. Menentukan Tingkat Proteksi

$$E = 1 - \frac{0,0001}{0,086} \quad (6)$$

$$E = 1 - \frac{0,0001}{0,086}$$

$$E = 0,99$$

Dari hasil perhitungan tingkat proteksi pada gedung lantai 3A, didapat nilai sebesar 0,99. Maka Gedung masuk tingkat proteksi I.

4.3 Perancangan Kebutuhan Sistem Penyalur

Setelah mengetahui bangunan memerlukan proteksi selanjutnya perancangan kebutuhan sistem penyalur, terdapat tiga bagian penting yaitu pada terminasi udara dimana mengetahui radius proteksi dan jumlah splizer, kemudian down conductor dimana mencari ukuran Luas penampang yang digunakan, kemudian sistem pembumian dimana mencari nilai tahanan tanah dan jumlah elektroda yang digunakan. Berikut perhitungan :

Pada sistem terminasi udara perlu mencari nilai jarak sambaran petir, dapat dilihat pada perhitungan berikut.

7. Menghitung Jarak Sambaran Petir

$$r_s = 10 \times I^{0,65} \quad (7)$$

$$r_s = 10 \times 200^{0,65}$$

$$r_s = 313,09 \text{ meter}$$

Dari hasil perhitungan Jarak Sambaran Petir pada gedung lantai 3A, didapat nilai sebesar 313,09 meter. Selanjutnya mencari sudut lindung yang digunakan pada splizer Gedung lantai 3A.

8. Menentukan Sudut Lindung

$$\theta = \sin^{-1}\left\{1 - \frac{h}{r_s}\right\} \quad (8)$$

$$\theta = \sin^{-1}\left\{1 - \frac{13,73}{313,09}\right\}$$

$$\theta = 72,96^\circ$$

Dari hasil perhitungan Sudut Lindung pada gedung lantai 3A, didapat nilai sebesar 72,96°. Selanjutnya mencari radius proteksi yang diperoleh dari splizer yang diletakan pada gedung lantai 3A.

9. Menentukan Radius Proteksi

$$r = \frac{h}{\sin(90^\circ - \theta)} \sin(\theta) \quad (9)$$

$$r = r = \frac{13,73}{\sin(90^\circ - 72,96^\circ)} \times \sin(72,96^\circ)$$

$$r = 44,79 \text{ meter}$$

Dari hasil perhitungan Radius Proteksi pada gedung lantai 3A, didapat nilai sebesar 44,79 meter. Nilai tersebut adalah radius yang diperoleh dari satu splizer. Selanjutnya menghitung jarak antar splizer .

Menentukan Jarak Antar Splizer

$$r = \frac{h}{\sin(90^\circ - \theta)} \sin(\theta) \quad (9)$$

$$r = r = \frac{1,5}{\sin(90^\circ - 72,96^\circ)} \times \sin(72,96^\circ)$$

$$r = 4,89 \text{ meter}$$

Dari hasil perhitungan jarak antar splizer pada gedung lantai 3A, didapat nilai sebesar 4,89 meter. Nilai tersebut adalah jarak yang diperoleh antar splizer satu dengan splizer lain pada gedung lantai 3A. Selanjutnya mencari jumlah splizer yang diperlukan pada gedung Lantai 3A. Berikut perhitungan :

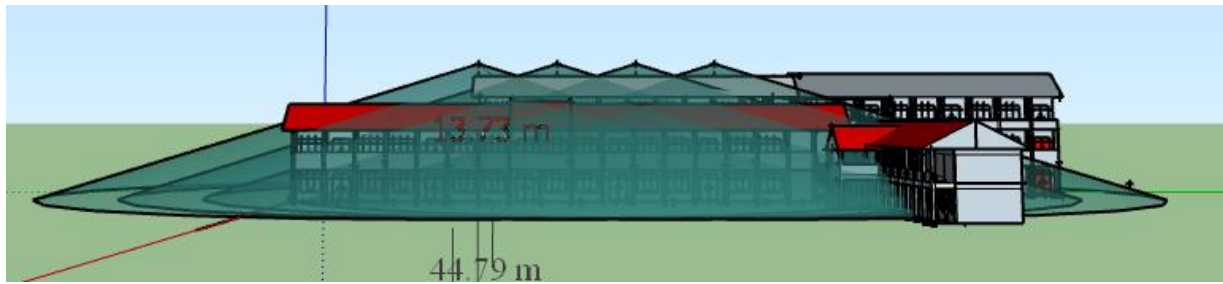
10. Menentukan Jumlah Splizer

$$n = \frac{P}{\text{jarak minimum splizer}} \quad (10)$$

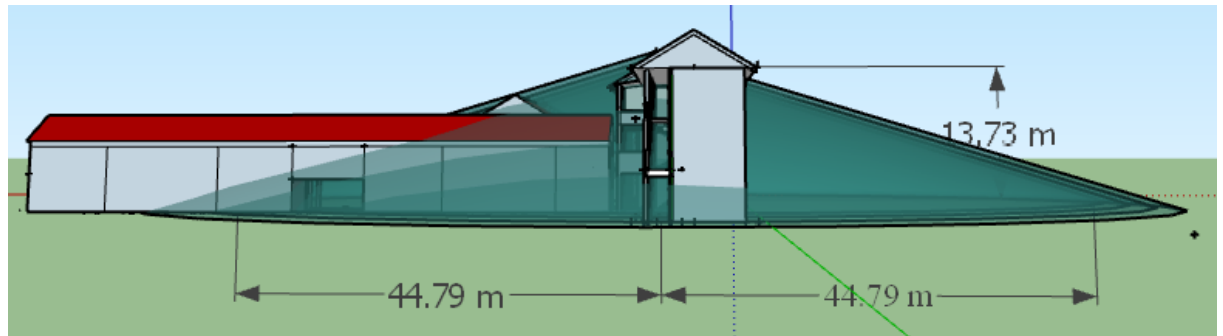
$$n = \frac{40}{9,79}$$

$$n = 4 \text{ Batang}$$

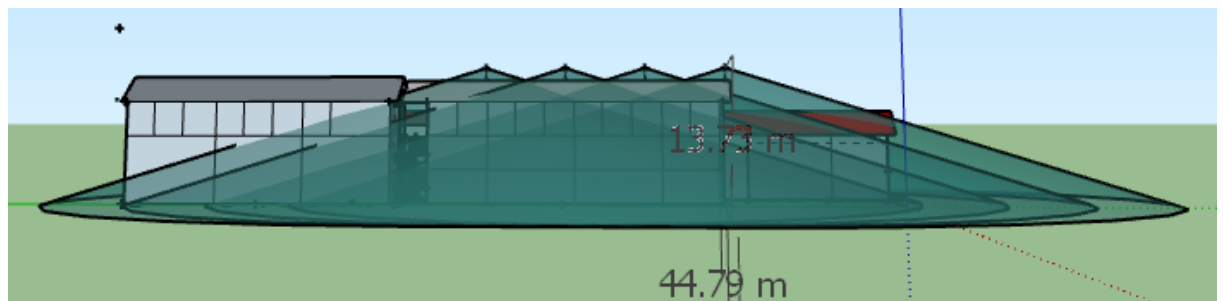
Dari hasil perhitungan jumlah splizer pada gedung lantai 3A, dibutuhkan sebanyak 4 batang Splizer agar dapat melindungi seluruh bangunan lantai 3A. Berikut gambar Gedung lantai 3A.



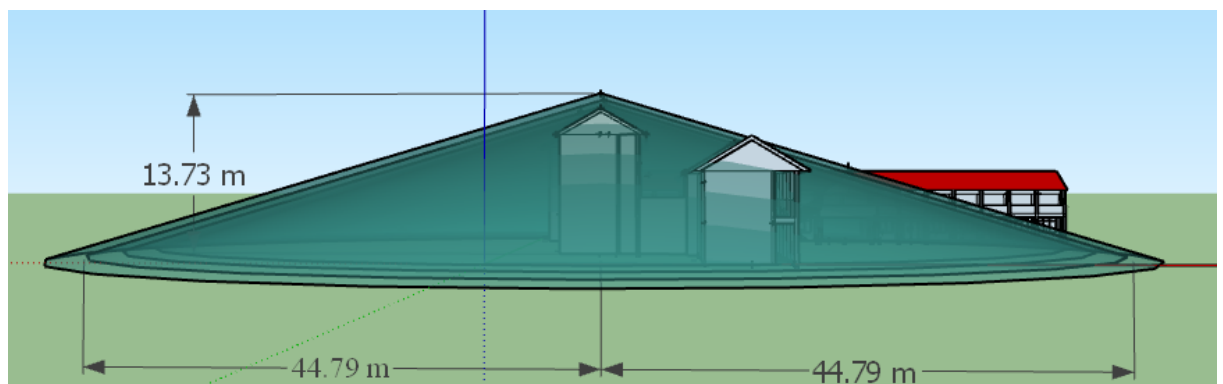
(a)



(b)



(c)



(d)

Sistem Penyalur Petir

Gambar a adalah tampak depan pada Gedung lantai 3A. Gambar b adalah samping kanan. Gambar c adalah tampak belakang. Gambar d adalah tampak samping kiri. Kemudian mencari besaran luas penampang yang digunakan pada gedung lantai 3A berikut perhitungan.

Pada sistem penyalur atau down conductor dibutuhkan luas penampang yang mampu menahan panas yang diakibatkan dari arus sambaran petir yang mengalir pada kabel [6][7]. Kemudian untuk mengetahui ukuran luas penampang terlebih dahulu

mencari nilai hambatan pada kawat atau kabel. Berikut perhitungan untuk mencari hambatan :

11. Menentukan Hambatan

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A} \quad (11)$$

$$R = \frac{1,68 \times 10^{-8} \times 68,79}{16 \times 10^{-3}}$$

$$R = 0,0000722 \Omega$$

$$= 7,22 \times 10^{-5}$$

Dari hasil perhitungan hambatan didapat nilai sebesar 0,0000722 Ω , kemudian disederhanakan menjadi $7,22 \times 10^{-5}$. Nilai tersebut adalah hambatan yang terdapat pada kabel. Selanjutnya mencari ukuran luas penampang pada gedung lantai 3A digunakan. Berikut Perhitungannya.

12. Menentukan Luas Penampang

$$A = I_o \times \sqrt{\frac{R \times 10^{-6} \cdot S}{\log_{10} \left(\frac{T}{274+1} \right)}} \quad (12)$$

$$A = 200 \times 10^3 \sqrt{\frac{6,47 \times 10^{-5} \times 0,001}{\log_{10} \left(\frac{1083}{274+1} \right)}}$$

$$A = 38,00 \text{ mm}^2$$

Dari hasil perhitungan Luas Penampang didapat nilai sebesar 38,00 mm², nilai tersebut adalah ukuran diameter kabel yang digunakan sebagai conductor penyalur pada gedung lantai 3A. kemudian mencari jumlah elektroda yang digunakan pada gedung lantai 3A. berikut perhitungan.

Sistem Pentanahan

Sistem pentanahan adalah pembuangan arus petir yang diterima dari splizer menuju tanah. Pada sistem pembumian menurut PUIL nilai hambatan tanah sebesar 5 Ω [8]. dalam penelitian ini telah melakukan pengukuran hambatan tanah, dengan mendapat nilai sebesar 3,07 Ω , maka nilai tersebut sudah memenuhi standar yang di anjurkan yaitu sebesar 5 Ω . Namun pada penelitian ini menghitung kembali bertujuan untuk menentukan jumlah elektroda yang digunakan serta nilai hambatan tanah pada gedung lantai 3A. berikut perhitungan dengan menggunakan metode *multiple rod*.

13. Metode single rod

$$a = \left(\frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot S} \right) \quad (13)$$

$$a = \left(\frac{40}{2 \times 3,14 \times 3,07 \cdot 28,63} \right)$$

$$a = 0,072$$

nilai 0,072 kemudian nilai tersebut dimasukkan dalam perhitungan Rn

$$Rn = R \left(\frac{1+(\lambda \cdot a)}{n} \right) \quad (13)$$

$$Rn = 3,07 \frac{1+(1,66 \times 0,072)}{3}$$

$$Rn = 1,14 \Omega$$

hasil perhitungan Multiple rod didapat sebesar 1,14 Ω , dimana nilai tersebut adalah hambatan tanah jika menggunakan 3 batang elektroda dengan metode baris.

5. KESIMPULAN

Dari hasil analisa pada gedung lantai 3A, menurut PUIPP dan NFPA gedung tersebut memerlukan sistem proteksi petir. Setelah melakukan perhitungan untuk kebutuhan bangunan pada sistem terminasi udara, dimana gedung lantai 3A membutuhkan 4 splizer dengan jarak antar splizer sejauh 4,89 dikalikan dua. Kemudian untuk sistem penyalur membutuhkan ukuran luas penampang sebesar 38 mm² dan pada sistem pembumian memerlukan 3 batang elektroda yang digunakan sebagai pembuangan arus petir.

PUSTAKA

- [1] A. Karta, M. S. Widyartono, and A. H. Chandra SST, "Analisis Kebutuhan Sistem Proteksi Sambaran Petir Pada Gedung Bertingkat" Jurnal Teknik Elektro, Vol 09 No 03 Tahun 2020.
- [2] Standar Nasional Indonesia "Sistem Proteksi petir pada bangunan gedung" Nomer 03-7015-2004.
- [3] E.Noviana, SaifulKarim, "PERANCANGAN PENANGKAL PETIR DI INSTALASI PENGOLAHAN AIR (IPA) MANARAP PADA PERUSAHAAN DAERAH AIR MINUM INTAN BANJAR", Teknik Elektro, Universitas Islam Kalimantan Muhammad Arsyad Al Banjari Banjarmasin, Vol. 5 No. 2 Tahun 2022.
- [4] Rohmanita Duanaputri, Ruah Joto, Sigi Syah Wibowo, Fery Nova Dwi Prasetyo "Perencanaan Instalasi Penangkal Petir Pada Bangunan Industri Bengkel," Jurnal sistem kelistrikan, vol. 8 no.3 p, 2021."
- [5] NFPA 780 Standard for the Installation of Lightning Protection Systems 2004 Edition Origin and Development of NFPA 780 NFPA first adopted Specifications for Protection of Buildings Against Lightning in 1904."
- [6] "PERANCANGAN SISTEM PENANGKAL PETIR EKSTERNAL PADA AIRNAV INDONESIA CABANG YOGYAKARTA."
- [7] British Standards Institution., *Code of practice for earthing*. British Standards Institution, 1998.
- [8] PUIL 2011 "Persyaratan Umum Instalasi Listrik" edisi 2014".