

Rancangan Desain Instalasi Penyalur Petir di Gedung *Substation* 8 Bandara Sultan Mahmud Badaruddin II Palembang

Dhionanda Atmaja Tarigan¹, R.B. Budi Kartika W.², KGS. M. Ismail^{3*}

Program Studi Teknik Listrik Bandara,
Politeknik Penerbangan Indonesia Curug, Tangerang
¹dhiotarigan23@gmail.com, ²budi.kartika@ppicurug.ac.id, ³kgs.ismail@ppicurug.ac.id

Abstrak

Gedung *substation* 8 yang digunakan untuk mensuplai tenaga listrik ke BMKG, belum memiliki instalasi penyalur petir, sehingga dirancang instalasi penyalur petir pada gedung tersebut. Rancangan ini menghasilkan perhitungan dalam menentukan tingkat proteksi dari gedung *substation* 8. Instalasi penyalur petir yang dirancang adalah penyalur petir Franklin dengan metode proteksi bola gulir dan sistem *grounding* menggunakan *driven rod*. Nilai dari indeks *R* gedung *substation* 8 adalah sebesar 13, yang merupakan nilai dengan tingkat bahaya sambaran petir "agak besar," sehingga dianjurkan adanya sistem penyalur petir. Nilai *Ng* adalah sebesar 22,0529 sambaran per km²/tahun, nilai *Ae* sebesar 1152,3 m², nilai *Nd* sebesar 0,0127 sambaran/tahun, dan nilai *Nc* sebesar 0,0006. Nilai efisiensi (*E*) sebesar 0,95 (95%) dengan tingkat proteksi *level* II. Radius proteksi dari metode bola gulir adalah 30 m. Sistem *grounding* dilakukan dengan memparalelkan tiga batang *grounding* tipe pembumian plat elektroda (*copper plate*) dengan dimensi ukuran 900mm x 900mm x 1,5mm sedalam enam meter dan sehingga tahanan *Grounding* sebesar 0,74 Ω.

Kata kunci: gedung *substation*, penyalur petir Franklin, proteksi bola gulir

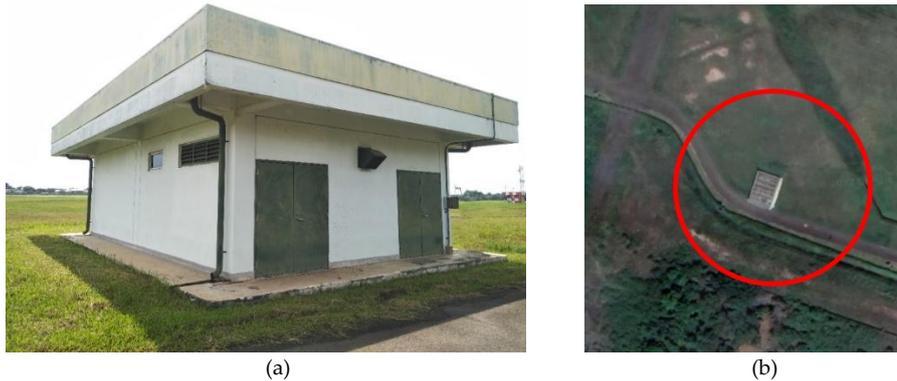
Abstract

The *substation* 8 building is used to supply electricity to BMKG, it does not yet have a lightning protection installation, so that the lightning protection installation was designed in the building. The lightning protection installation designed is a Franklin lightning protection with a rolling sphere method and a grounding system using a driven rod. The value of the *R* index for the *substation* 8 building is 13, which is a value with a "rather large" level of lightning strike danger, so it is recommended to have a lightning distribution system. *Ng* value is 22.0529 strikes per km²/year, the *Ae* value is 1152.3 m², the *Nd* value is 0.0127 strike/year, and the *Nc* value is 0.0006. The value of efficiency (*E*) is 0.95 (95%) with a level of protection level II. The protection radius of the rolling sphere method is 30 m. Grounding system by paralleling three grounding rods of the electrode plate (*copper plate*) type with dimensions of 900mm x 900mm x 1.5mm with a depth of 6 meters and so that the grounding resistance is 0.74 Ω.

Keywords: *substation* building, franklin lightning protection, rolling sphere method

1. Pendahuluan

Di bidang penyaluran tenaga listrik, Bandara Sultan Mahmud Badaruddin II Palembang memiliki tujuh *substation* yang digunakan untuk menyalurkan jaringan listrik. Salah satunya adalah gedung *substation* 8 pada Gambar 1, yang digunakan untuk menyalurkan listrik ke Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) dimana fungsi dari BMKG adalah pengumpulan data terkait perkiraan cuaca yang sangat berpengaruh pada pelayanan proses penerbangan.



Gambar 1. (a) Gedung *Substation* 8 (b) lokasi Gedung *Substation* 8

Gedung *substation* 8 belum memiliki sistem proteksi petir. Kondisi saat ini penyalur petir pada gedung tersebut sudah pernah ada, tetapi fasilitas komponen penyalur petir tersebut hilang karena diambil oleh orang yang tidak bertanggung jawab. Kondisi di lapangan saat ini hanya tersisa konduktor yang digunakan sebagai penyalur ke bawah tanah, dengan menggunakan pembumian jenis *copper plate* yang dipasang dengan kedalaman enam meter dari permukaan tanah.

Pemasangan penyalur petir yang handal dan memenuhi persyaratan yang berlaku merupakan salah satu cara untuk melindungi bangunan dari sambaran petir, sehingga jika terjadi sambaran petir, penyalur petir yang akan menyalurkan arus petir ke dalam tanah. Beberapa penelitian sebagai bentuk studi literatur metode perencanaan sistem penangkal petir yang dilakukan peneliti sehingga dapat dijadikan sumber referensi yang digunakan, diantaranya adalah perencanaan sistem penangkal petir dengan memperhitungkan tata letak, dimensi, dan spesifikasi elektroda [1] [2], metode sudut proteksi dan bola bergulir [3] sistem penangkal petir Franklin dan metode elektrostatis (*Electrostatic Field Lightning Protection*) [4], serta *Early Streamer Emission* (ESE) [5].

Berdasarkan permasalahan dan penelitian yang telah dilakukan terhadap metode sistem penangkal petir, dilakukan penelitian untuk rancangan instalasi penyalur petir pada gedung *substation* 8, dengan tujuan untuk mengurangi resiko sambaran petir pada gedung.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Pengertian Petir

Petir merupakan peristiwa alam berupa kilatan cahaya disertai suara menggelegar yang terjadi menjelang atau ketika hujan. Bukan berarti ketika terjadi hujan selalu disertai petir, tapi petir terjadi jika adanya awan *cumulonimbus* (Cb). Peristiwa petir terjadi karena

perbedaan potensial antara dua medium, yaitu antara awan dengan tanah atau awan dengan awan. Pelepasan ini terjadi karena pembentukan muatan negatif dan positif di awan atau karena perbedaan muatan dengan permukaan tanah. Pelepasan tersebut dapat menimbulkan gangguan atau kerugian [6].

2.2. Tingkat Kebutuhan Bangunan terhadap Ancaman Bahaya Petir

Kebutuhan instalasi proteksi petir pada suatu bangunan ditentukan oleh potensi kerusakan dan bahaya yang mungkin terjadi jika bangunan tersebut tersambar petir. Kebutuhan proteksi petir untuk suatu bangunan ditentukan dengan menjumlahkan indeks-indeks tertentu, yaitu Indeks Ketinggian Bangunan, Indeks Letak Geografis, Indeks Konstruksi Bangunan, Indeks Nilai Ekonomi Bangunan, dan Indeks Fungsi Bangunan [7], sehingga dapat dituliskan persamaan (1) sebagai berikut:

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

dimana:

A = Jenis Bangunan

B = Konstruksi Bangunan

C = Tinggi Bangunan

D = Situasi Bangunan

E = Hari Guruh

Nilai Indeks R untuk perkiraan bahaya sambaran petir dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Indeks R: Perkiraan bahaya sambaran petir

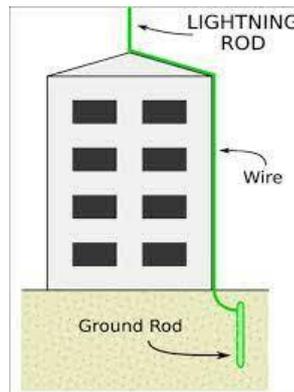
R = A+B+C+D+E		Perkiraan Bahaya	Pengamanan
Kurang dari	11	Diabaikan	Tidak perlu
Sama Dengan	11	Kecil	Tidak perlu
	12	Sedang	Dianjurkan
	13	Besar	Dianjurkan
	14	Besar	Sangat dianjurkan
Lebih dari	14	Sangat besar	Sangat perlu

2.3. Sistem Penyalur Petir

Penyalur petir adalah alat yang berperan sebagai jalur petir ke permukaan tanah, ketika muatan negatif di dasar awan tercukupi, muatan positif di tanah langsung tertarik. Terdapat berbagai jenis metode pemasangan penyalur petir, yaitu penyalur petir jenis Franklin, sangkar Faraday, radioaktif, dan elektrostatik. Dengan melakukan analisis perhitungan data, dapat diketahui arus maksimum yang bisa menyebabkan kegagalan proteksi [8].

2.4. Penyalur Petir Tipe Franklin

Sistem penyalur petir tipe Franklin adalah cara tertua yang masih sering dipakai, karena dianggap cukup memuaskan untuk bangunan dengan bentuk tertentu, seperti gereja, menara, dan bangunan dengan atap kerucut. Franklin menempatkan sebuah batang penyalur petir yang ujungnya runcing di bagian paling atas pada bagian yang akan dilindungi. Penyalur petir ini dibuat runcing agar pada saat terjadi penumpukan muatan di awan, maka ujung runcing itulah yang terinduksi muatan dengan kerapatan muatan yang lebih besar jika dibandingkan muatan pada bagian lain dari bangunan [9].



Gambar 2. Penyalur petir Franklin

2.5. Komponen Penyalur Petir

Adapun komponen penyalur petir adalah sebagai berikut.

a. Batang penyalur petir (*splitzen*)

Bahan yang digunakan ada berbagai macam, yaitu bahan tembaga, bahan besi, dan bahan aluminium. Ketinggian *splitzen* yang terhubung ke terminal atau langsung ke tabung tembaga dengan kabel BC minimal dari penyalur petir tersebut adalah 10 inchi atau 25 cm [10]. Menurut Peraturan Menteri Tenaga Kerja tentang Pengawasan Instalasi Penyalur Petir [11], penempatan *splitzen* harus sedemikian rupa sehingga gedung tersebut masuk ke dalam daerah perlindungan.

b. Kabel konduktor

Konduktor tersebut diklem atau diikat pada bagian atap ataupun sisi bangunan dengan jarak maksimal 1,5 m [11].

c. Pembumian

Sistem pembumian berfungsi untuk melepaskan arus petir ke dalam bumi. Untuk menghindari bahaya sambaran petir pada sebuah gedung dibutuhkan nilai resistansi pembumian $< 1 \Omega$ [12]. Pada umumnya pembumian ada dua macam, yaitu elektroda batang dan elektroda plat. Untuk menghitung tahanan pembumian dari elektroda batang pada persamaan (2) dan elektroda plat pada persamaan (3), dapat dilakukan sebagai berikut:

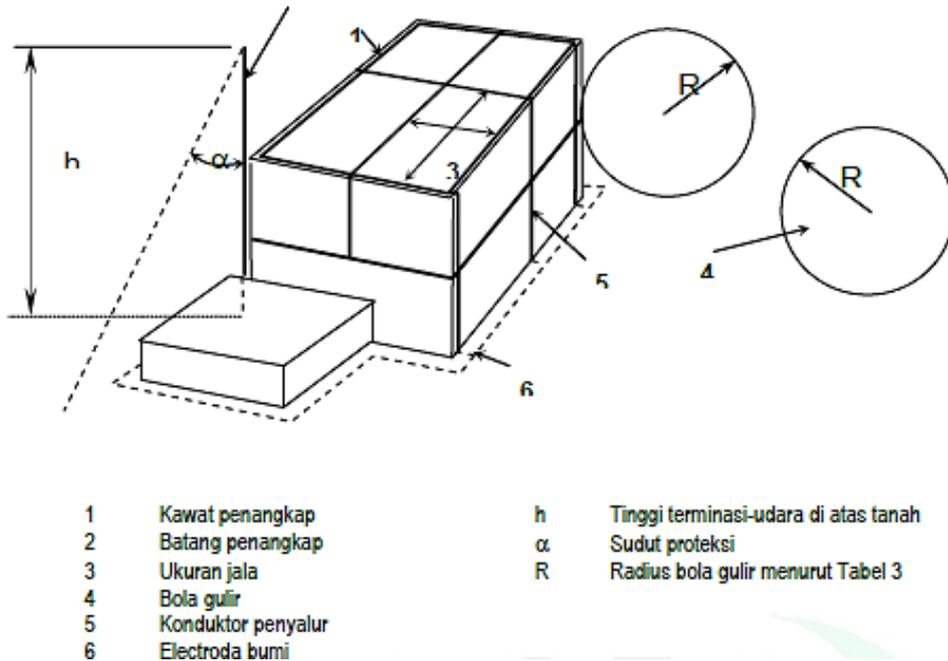
$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left\{ \ln \left(\frac{4L}{d} \right) - 1 \right\} \quad (2)$$

$$R = \rho / (4,1 L)(1 + 1,84 b/t) \quad (3)$$

d. Metode sistem proteksi roda bergulir

Metode ini sangat efektif digunakan pada bangunan dengan bentuk yang rumit. Dengan menggunakan metode roda bergulir, bangunan seolah-olah berada dalam suatu bola dengan radius R yang bergulir di atas tanah, sekeliling struktur. Titik-titik pada bangunan yang bersentuhan dengan permukaan bola ini adalah titik-titik yang berpotensi tinggi disambar petir. Oleh karena itu, pada titik-titik tersebut harus dipasang penyalur petir untuk melindungi bangunan dari sambaran petir. Penempatan penyalur petir dianggap baik jika pada bangunan tidak ada titik yang tersentuh oleh bola gulir dengan radius R pada ruang proteksi. Bola tersebut hanya boleh menyentuh penyalur petir dan tanah. Titik sentuh bola bergulir pada gedung adalah titik yang harus ditempatkan penyalur petir karena titik tersebut berpotensi disambar oleh petir. Konsep ini digunakan untuk menentukan area di sekitar

gedung yang paling mungkin terkena sambaran petir, sehingga dapat diproteksi dengan baik menggunakan penyalur petir atau konduktor terminasi udara.



Gambar 3. Sistem proteksi metode bola bergulir

3. Metode Penelitian

Beberapa tahapan yang dilakukan pada penelitian mengenai rancangan instalasi penyalur petir pada gedung *substation* 8 menggunakan tipe franklin dengan metode sistem proteksi bola gulir (*rolling sphere method*) dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 4. Diagram alir penelitian

3.1. Pengumpulan Data

Teknik Pengumpulan dilakukan dengan cara observasi lapangan dan pengambilan data secara langsung di Bandara Sultan Mahmud Badaruddin II Palembang. Observasi dilakukan dengan melakukan pengamatan terhadap lokasi dan bangunan yang akan dilakukan perancangan. Adapun beberapa data yang diambil adalah tinggi bangunan, lebar bangunan, lebar atap bangunan, dan nilai tahanan tanah.

3.2. Perancangan Sistem Instalasi Penyalur Petir

Berdasarkan SNI 04-7015-2004 [10] dan *National Fire Protection Association* (NFPA) 780 Tahun 2020 [13], tahapan dalam perhitungan rancangan penyalur petir, yaitu:

- a. Menghitung jumlah rata-rata frekuensi sambaran petir langsung tahunan (N_d)

$$N_d = N_g A_e C_d 10^{-6} \quad (4)$$

- b. Menghitung densitas sambaran petir tahunan (N_g)

$$N_g = 0,04 T d^{1,25} \text{ per km}^2/\text{tahun} \quad (5)$$

- c. Menghitung area cakupan ekivalen bangunan (A_e)

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

- d. Menghitung nilai frekuensi sambaran petir setempat (N_c)

$$N_c = \frac{1,5 \cdot 10^{-3}}{c} \quad (7)$$

- e. Menghitung nilai koefisien

$$C = (C_2)(C_3)(C_4)(C_5) \quad (8)$$

- f. Menentukan nilai efisiensi (E)

$$E = 1 - \frac{N_c}{N_d} \quad (9)$$

- g. Menentukan *grounding*

- h. Menentukan desain penyalur petir

- i. Menentukan penempatan penyalur petir

- j. Membuat desain *layout* penyalur petir

- k. Membuat desain komponen penyalur petir

- l. Menghitung jarak kabel BC

3.3. Pengujian Data

Melakukan pengujian rancangan dengan menggunakan sebuah *software* atau perangkat lunak *Sketchup* dengan menggambarkan secara tiga dimensi dari perencanaan yang sudah dibuat berdasarkan perhitungan-perhitungan yang ada.

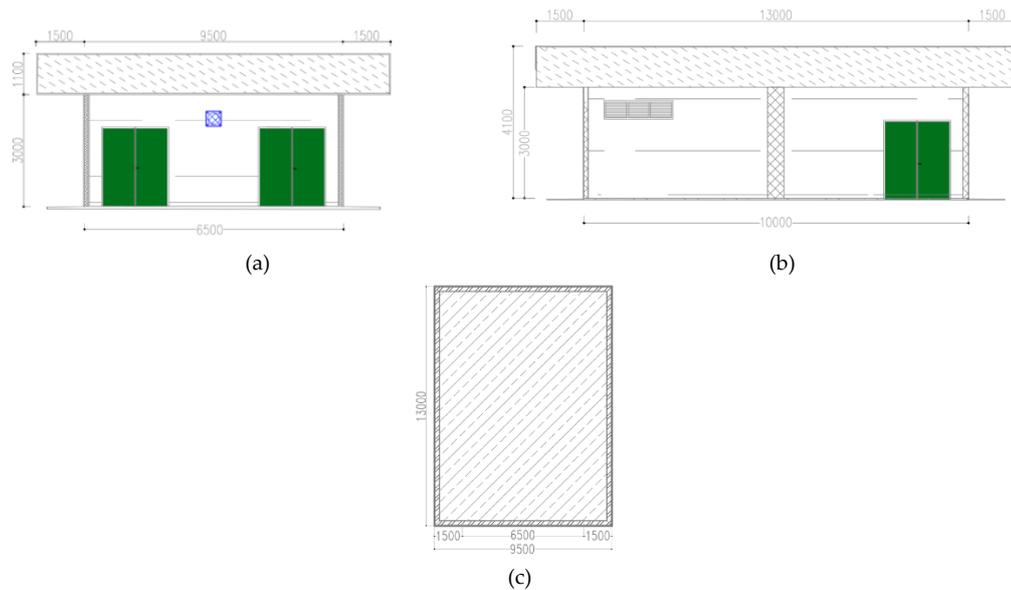
4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Data Gedung *Substation* 8

Data-data gedung *substation* 8 yang terletak pada Bandara Sultan Mahmud Badaruddin II Palembang dapat dilihat pada dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 4.

Tabel 2. Data gedung *substation* 8

No	Uraian	Ukuran
1	Tinggi Gedung	4,1 m
2	Panjang Gedung	10 m
3	Lebar Gedung	6,5 m
4	Panjang Atap Gedung	13 m
5	Lebar Atap Gedung	9,5 m
6	Resistansi Tanah	2,87 Ohm
7	Jumlah Orang	Tidak dihuni
8	Hari Guruh	156 hari/tahun
9	Karakteristik Material	Non-metal



Gambar 5. Denah gedung Substation 8 (a) tampak depan (b) tampak samping (c) tampak atas

4.2. Menentukan Tingkat Proteksi

4.2.1. Kebutuhan bangunan terhadap ancaman bahaya petir

Nilai Indeks R pada gedung *substation* 8 berdasarkan pedoman perencanaan penyalur petir menurut peraturan umum instalasi penyalur petir [7] adalah sebagai berikut.

Tabel 3. Indeks kebutuhan bangunan

Bahaya berdasarkan Jenis Bangunan Bangunan berisi instalasi listrik	A 5
Bahaya berdasarkan Kontruksi Bangunan Bangunan kontruksi beton bertulang dan atap bukan logam	B 2
Bahaya berdasarkan Tinggi Bangunan Tinggi bangunan 4,1 meter	C 0
Bahaya berdasarkan Situasi Bangunan Bangunan ditanah datar pada semua ketinggian	D 0
Bahaya berdasarkan Hari Guruh Hari guruh 156 hari/tahun	E 6
Perkiraan Bahaya Sambaran Petir Perkiraan agak besar dan instalasi petir dianjurkan	R 13

Berdasarkan data pada Tabel 3 dan Persamaan (1) maka diperoleh nilai indeks R adalah 13, merupakan nilai dengan tingkat bahaya sambaran petir “agak besar,” sehingga dianjurkan adanya sistem penyalur petir.

4.2.2. Menghitung densitas sambaran petir tahunan (N_g)

Berdasarkan pada Tabel 2 (Hari Guruh = 156 hari/tahun) dan persamaan (5), maka diperoleh $N_g = 0,04 \cdot (156)^{1,25}$ per km^2 /tahun dan $N_g = 22,0529$ sambaran per km^2 /tahun.

4.2.3. Menghitung area cakupan ekivalen bangunan (A_e)

Berdasarkan pada Tabel 2 (nilai a , b , dan h = dimensi gedung *substation* 8) dan persamaan (6), maka diperoleh $A_e = (13 \times 9,5) + ((6 \times 4,1)(13 + 9,5)) + (9\pi \times 4,1^2)$ dan $A_e = 1152,3 \text{ m}^2$

4.2.4. Menghitung jumlah rata-rata frekuensi sambaran petir langsung tahunan (N_d)

Tahap pertama yang dilakukan adalah menentukan nilai faktor lokasi gedung (C_d), berdasarkan pada Tabel 4 sesuai dengan standar *National Fire Protection Association* (NFPA) 780 Tahun 2020 [13].

Tabel 4. Indeks kebutuhan bangunan

Lokasi Struktur	C_d
Dikelilingi struktur lebih tinggi dari gedung dengan jarak $>3H$	0,25
Dikelilingi struktur dengan tinggi sama atau lebih kurang dari gedung dengan jarak $\leq 3H$	0,5
Tidak ada struktur dengan jarak $3H$	1
Berada di puncak bukit	2

Nilai faktor lokasi dari gedung tersebut adalah 0,5. Karena disekitar gedung tersebut terdapat pohon yang lebih rendah daripada gedung dan berjarak $3H$ (tinggi gedung), yaitu $\pm 10 \text{ m}$ sehingga nilai jumlah rata-rata frekuensi sambaran petir langsung tahunan (N_d) didapat $N_d = 22,0529 \cdot 1152,3 \cdot 0,5 \cdot 10^{-6}$ dan $N_d = 0,0127$ sambaran/tahun.

4.2.5. Menghitung nilai frekuensi sambaran petir setempat (N_c)

Dalam perhitungan nilai frekuensi sambaran petir setempat (N_c), perlu dilakukan terlebih dahulu untuk mengetahui nilai masing-masing koefisien (C_1 , C_2 , C_3 , dan C_4).

Tabel 5. Nilai koefisien berdasarkan bangunan

Koefisien Kontruksi Bangunan	C_2
Gedung tersebut terbuat dari struktur non-logam dan atap non-logam	1,0
Koefisien Isi dari Bangunan	C_3
Gedung tersebut dengan struktur isi dengan nilai standar dan tidak mudah terbakar	1,0
Koefisien Hunian dari Bangunan	C_4
Gedung tersebut tidak ditempati (tidak dihuni)	0,5
Koefisien Dampak Sambaran Petir terhadap Bangunan	C_5
Dampak sambaran petir terhadap gedung tersebut dibutuhkan perbaikan	5,0

Berdasarkan data pada tabel 5 dan persamaan (8) maka diperoleh nilai Koefisien (C) adalah $C = (1)(1)(0,5)(5)$ atau $C = 2,5$.

Dari perhitungan tersebut, maka didapat hasil dari koefisien suatu bangunan adalah sebesar 2,5. Dari hasil nilai koefisien tersebut, maka dapat ditentukan nilai frekuensi sambaran petir setempat (N_c) berdasarkan persamaan (7)

$$Nc = \frac{1,5 \cdot 10^{-3}}{2,5}$$

$$Nc = 0,0006$$

4.2.6. Menentukan nilai efisiensi (E)

Dalam menentukan nilai efisiensi, nilai Nd harus lebih besar daripada nilai Nc . Karena hasil nilai $Nd > Nc$, sehingga dapat ditentukan nilai efisiensi gedung tersebut. Berdasarkan persamaan (9), dapat ditentukan nilai efisiensi gedung tersebut terhadap sistem proteksi petir, yaitu:

$$E = 1 - \frac{0,0006}{0,0127}$$

$$E = 0,95$$

Berdasarkan hasil dari perhitungan nilai efisiensi, maka dapat ditentukan tingkat proteksi berdasarkan Tabel 6.

Tabel 6. Tingkat proteksi

Tingkat Proteksi	Efisiensi Sistem Proteksi
I	0,98
II	0,95
III	0,90
IV	0,80

Sehingga dapat disimpulkan berdasarkan nilai efisiensi 0,95 dan Tabel 6, bahwa tingkat proteksi dari gedung substation 8 tersebut adalah tingkat proteksi *level II*.

4.3. Menentukan Penumbumian (*Grounding*)

Dalam penelitian ini telah dilakukan pengukuran tahanan *grounding* pada gedung *substation* 8 sebanyak tiga kali percobaan pada titik yang berbeda [14],[15], sistem *grounding* yang digunakan adalah tipe penumbumian plat elektroda (*Copper Plate*) dengan dimensi ukuran 900mm x 900mm x 1,5mm. *Grounding* ditanam pada kedalaman tiga meter. Pengukuran dilakukan pada kabel BC menggunakan *Megger Earth Ground Tester DET4TC2* di panel *Grounding* tersebut. Hasil pengukuran tahanan *grounding* pada gedung *substation* 8 yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil pengukuran tahanan *grounding*

Percobaan	Hasil
1	3,44 Ω
2	2,5 Ω
3	2,69 Ω
Rata - rata	2,87 Ω

Dari percobaan yang telah dilakukan, karena tahanan *grounding* masih $> 1 \Omega$, dilakukan rancangan ulang sistem *grounding* dengan menggunakan tipe penumbumian elektroda batang [16]. Elektroda batang yang dirancang diameternya adalah 50 mm². dengan nilai tahanan jenis tanahnya sebesar 16,38 Ω -m. Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk menentukan kedalaman batang elektroda yang tepat dengan persamaan (10):

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left\{ \ln \left(\frac{4L}{d} \right) - 1 \right\} \quad (10)$$

Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Perhitungan *Grounding*

No	Kedalaman Tanah	Tahanan <i>Grounding</i>
1	1 m	8,92 Ω
2	2 m	5,29 Ω
3	4 m	3,09 Ω
4	6 m	2,22 Ω

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 8, pada kedalaman enam meter nilai pentanahan sebesar 2,22 Ω . Nilai tersebut belum sesuai dengan ketentuan PUIL 2011, yaitu tahanan pembumian <1 Ω . Dengan demikian, nilai tahanan dapat diturunkan dengan memparalel elektroda batang sebanyak tiga buah. Jarak dari batang elektroda melebihi dari panjang satu elektroda. Nilai tahanan *grounding* yang diperoleh adalah 0,74 Ω .

4.4. Desain Penyalur Petir

Setelah mengetahui tingkat proteksi gedung *substation* 8 tersebut, selanjutnya dibuat desain dari penyalur petir tersebut dengan ukuran rancangan yang dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Ukuran desain sistem penyalur petir

Desain	Diameter (mm^2)
Batang Penyalur Petir	35
Konduktor Penyalur	50
Pembumian (<i>Grounding</i>)	50

4.4.1. Desain Penempatan Lokasi Penyalur Petir

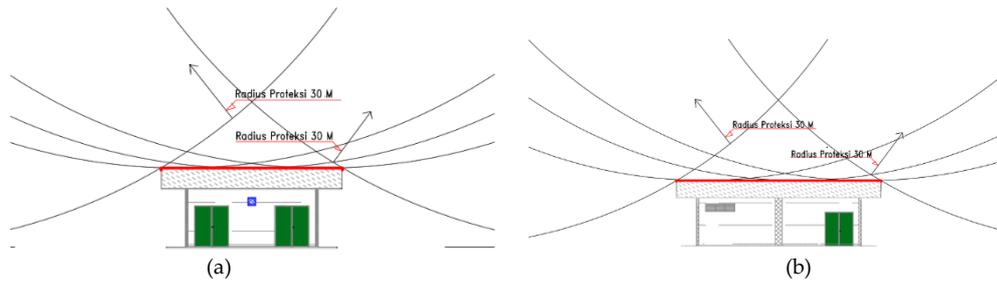
Dalam penentuan tempat penyalur petir dengan menggunakan metode Bola Bergulir berdasarkan pada tingkat proteksi bangunan untuk mendapatkan nilai radius proteksi [4] yang dapat diperoleh dari Tabel 10 berikut ini.

Tabel 10. Penempatan terminasi udara sesuai tingkat proteksi

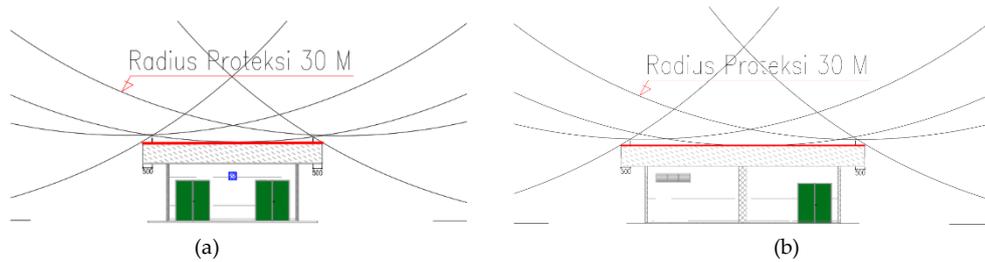
Tingkat Proteksi	<i>h</i> (m)	20	30	45	60	Lebar Mata jala (m)
	<i>R</i> (m)	α°	α°	α°	α°	
I	20	25	-	-	-	5
II	30	35	25	-	-	10
III	45	45	35	25	-	10
IV	60	55	45	35	25	20

Berdasarkan Tabel 10, jika tingkat proteksi berada pada *level* II, maka radius dari proteksi yang digunakan adalah sebesar 30 m. Adapun jarak radius tersebut diterapkan pada gedung *substation* 8. Daerah perpotongan antara permukaan tanah, gedung *substation* 8, dan keliling bola gulir tersebut adalah daerah proteksinya.

Pada Gambar 6 dapat dilihat bagian gedung yang berwarna merah merupakan bagian gedung yang membutuhkan penyalur petir. Karena pada bagian berwarna merah tersebut tepat tersentuh oleh bola bergulir dan besar kemungkinan tersambar petir. Ketinggian minimal dari penyalur petir adalah 25 cm [10], sehingga pada bagian yang berwarna merah tersebut ditempatkan penyalur petir dengan tinggi dari batang penyalur petir adalah 25 cm seperti Gambar 7.

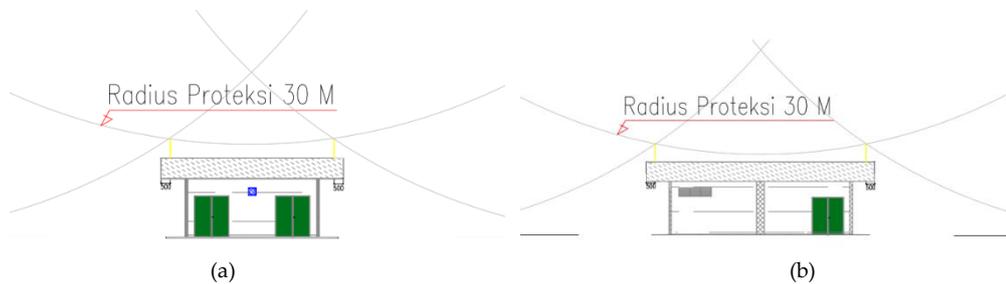


Gambar 6. Penerapan metode Bola Gulir (a) tampak depan (b) tampak samping



Gambar 7. Penerapan metode Bola Gulir $t = 25$ cm (a) tampak depan (b) tampak samping

Dari Gambar 7 terlihat bahwa pada gedung tersebut masih tersentuh bagian dari bola gulir (garis merah), sehingga penyalur petir tersebut belum efektif dalam melindungi gedung dari sambaran petir. Karena dengan ketinggian penangkal petir 25 cm tidak efektif, maka ditempatkan penyalur petir dengan ketinggian 1,1 meter, seperti terlihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Penerapan metode Bola Gulir $t = 110$ cm (a) tampak depan (b) tampak samping

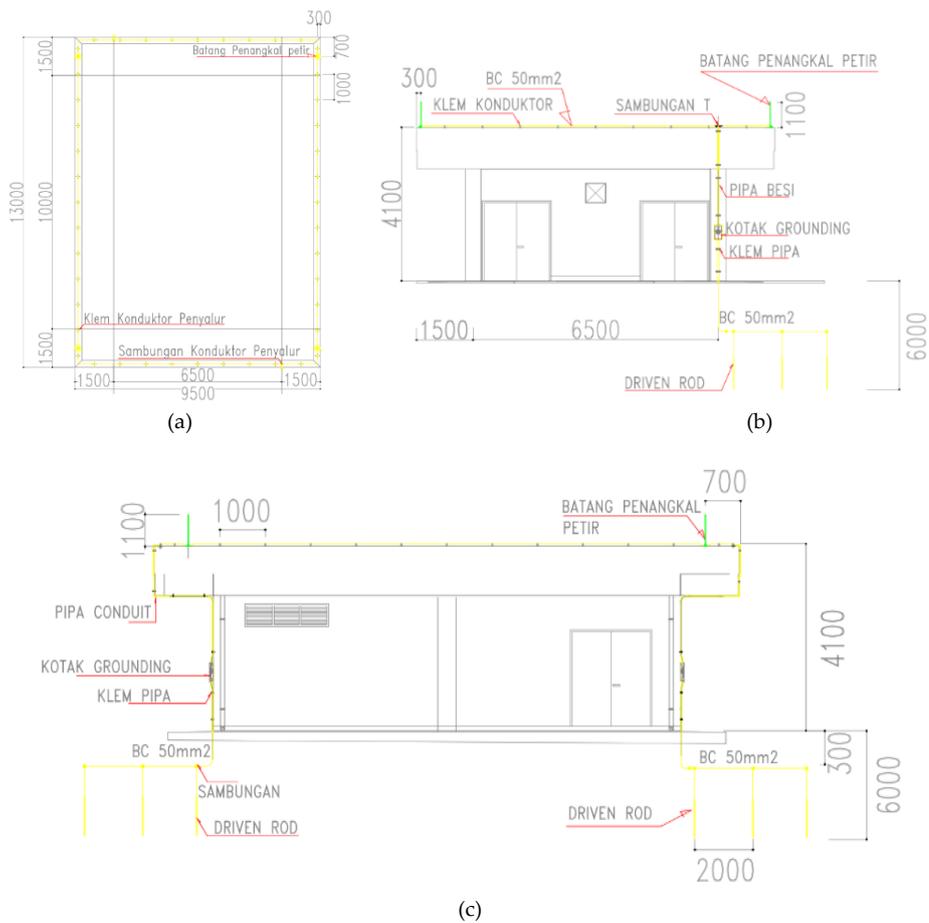
Dari Gambar 8 terlihat bahwa bagian dari gedung *substation* 8 sudah tidak ada yang tersentuh sisi dari bola gulir, sehingga tinggi dari penyalur petir tersebut lebih efektif dalam melindungi gedung dari sambaran petir.

4.4.2. Desain *Layout* Penyalur Petir

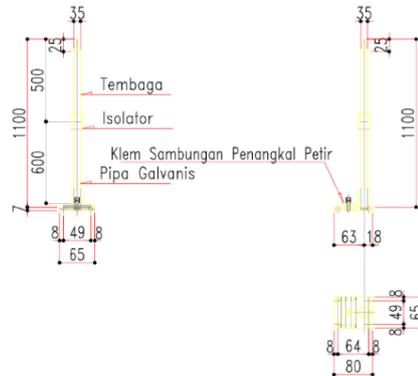
Setelah membuat desain dari tempat penyalur petir yang akan dibuat, selanjutnya adalah membuat desain dari *layout* penyalur petir pada gedung *substation* 8 seperti tampak pada Gambar 9.

4.5. Desain Komponen Penyalur Petir

Setelah desain dari *layout* penyalur petir, dilanjutkan dengan desain komponen dari sistem penyalur petir yang digunakan, seperti ditunjukkan pada Gambar 10.



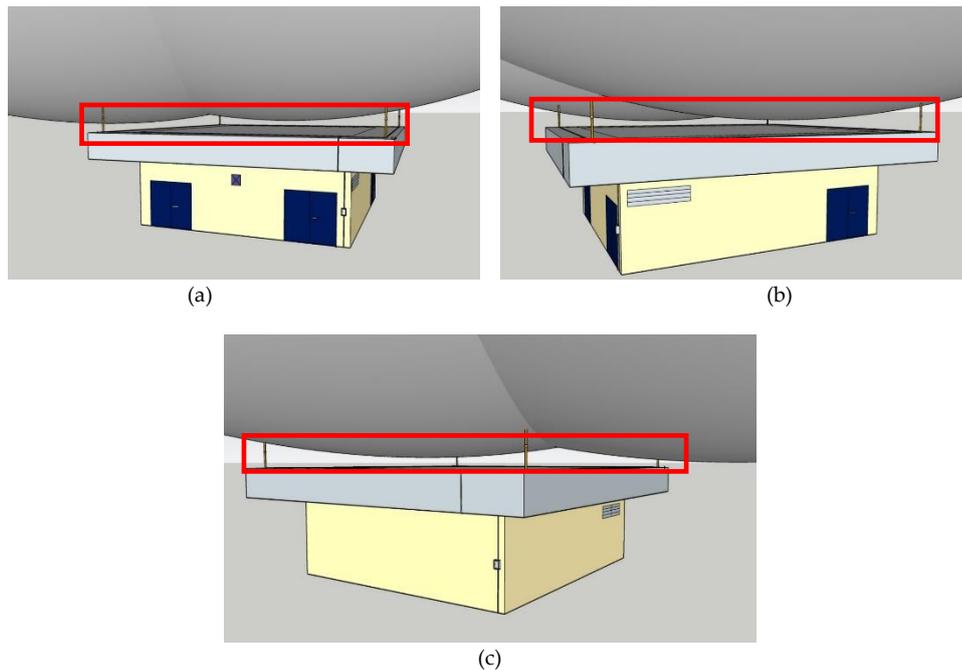
Gambar 9. Desain layout penyalur petir (a) tampak atas (b) tampak depan (c) tampak samping



Gambar 10. Desain penyalur petir

4.6. Pengujian Rancangan

Dalam pengujian rancangan, digunakan aplikasi *Sketchup Pro* tahun 2021. Dalam aplikasi ini terlihat hasil dari rancangan tersebut dalam bentuk tiga dimensi (3D), dimana pada bentuk tiga dimensi ini dapat dilihat cakupan dari proteksi penyalur petir yang sudah dirancang.



Gambar 11. Desain rancangan tiga dimensi (a) tampak depan (b) tampak samping (c) tampak belakang

Bola gulir tersebut memperlihatkan proteksi dari gedung *substation* 8. Metode bola gulir juga menunjukkan seolah-olah diatas gedung tersebut ada bola yang menggelinding untuk melindungi gedung dari sambaran petir. Gambar tersebut menunjukkan bahwa sisi dari bola gulir (bagian warna hitam di atas gedung *substation* 8) tidak ada yang bersentuhan dengan sisi gedung *substation* 8, sehingga bangunan tersebut terproteksi dari petir yang menyambar. Karena pada SNI 03-7015-2004 dinyatakan bahwa sisi dari bola gulir hanya boleh menyentuh bagian dari ujung penyalur petir dan tanah.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian untuk rancangan Instalasi Penyalur Petir di Gedung *Substation* 8 Bandar Udara Sultan Mahmud Badaruddin II Palembang, pada bangunan *substation* masuk kategori tingkat proteksi *level* II. Dengan metode bola bergulir diperoleh radius adalah 30 meter, dengan sistem penyalur petir panjang total 1.100 cm yang terdiri dari batang penyalur petir (*splitzen*) diameter 35 mm², panjang 50 cm, dan tiang peninggi dengan diameter 35 mm² dan panjang 60 cm, kabel BC 50 mm², serta diperoleh tahanan *grounding* sebesar 0,74 Ohm berdasarkan perhitungan dengan memparalelkan tiga batang *grounding* tipe pbumian plat elektroda (*copper plate*) dengan dimensi ukuran 900mm x 900mm x 1,5mm sedalam enam meter. Dari hasil rancangan tersebut telah dilakukan pengujian menggunakan aplikasi *sketchup* dengan hasil pengujian gedung *substation* 8 dapat diproteksi dengan sistem penyalur hasil perancangan dari penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] H. Nawir, M. R. Djalal, and S. Sonong, "Rancang Bangun Sistem Pentanahan Penangkal Petir Pada Tanah Basah dan Tanah Kering pada Laboratorium Teknik Konversi Energi," *JEEE-U (Journal Electr. Electron. Eng.)*, vol. 2, no. 2, pp. 1–39, 2018, doi: 10.21070/jeee-u.v2i2.1581.

- [2] B. Saragih, J. M. Siburian, and J. L. Purba, "Sistem Penangkal Petir pada Gedung Kemang Gallery Medan," *J. Tek. Elektro*, vol. 9, no. 1, pp. 44–61, 2020. [Online]. Available: <https://jurnal.darmaagung.ac.id/index.php/teknologienergi/article/view/622>.
- [3] Z. Mulyadi, I. Usrah, and A. Andang, "Perencanaan Sistem Proteksi Penangkal Petir Di Stadion Sakti Lodaya Kecamatan Cisayong Kabupaten Tasikmalaya," *J. Energy Electr.*, vol. 4, no. 2, pp. 95–103, 2023. [Online]. Available: <http://publikasi.unsil.ac.id/index.php/jeee/article/view/6118>.
- [4] Sukamdi, S. W. Dali, C. Wiharya, and A. A. Asror, "Perencanaan Instalasi Penangkal Petir Pada Bangunan Industri Furniture," *Elposys J. Sist. Kelistrikan*, vol. 9, no. 2, pp. 52–57, 2023, doi: 10.33795/elposys.v9i2.616.
- [5] J. M. Siburian, Jumari, and T. M. Hutagalung, "Studi Sistem Penangkal Petir Pada Menara Lampu Penerangan Parkir Bandara Kualanamu," *J. Tek. Elektro*, vol. 8, no. 2, pp. 73–80, 2019.
- [6] T. Gunawan and L. N. L. Pandiangan, "Analisis Tingkat Kerawanan Bahaya Sambaran Petir Dengan Metode Simple Additive Weighting Di Provinsi Bali," *Meteorol. Klimatologi dan Geofis. Wil.*, vol. 15, no. 3, pp. 193–201, 2014.
- [7] Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, *Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP) untuk Bangunan di Indonesia*, vol. 1, p. 66, 1983.
- [8] A. Suryadi, "Perancangan Instalasi Penangkal Petir Eksternal Politeknik Enjinereng Indorama," *Sinergi*, vol. 21, no. 3, p. 219, 2017, doi: 10.22441/sinergi.2017.3.009.
- [9] M. Ulfa, *Perencanaan sistem penangkal petir di gedung bengkel teknik alat berat politeknik negeri padang*, Skripsi, Politeknik Negeri Padang, 2016.
- [10] Badan Standarisasi Nasional, *SNI 03-7015-2004 Tentang Sistem proteksi petir pada bangunan gedung*, p. 112, 2004.
- [11] Kementerian Ketenagakerjaan, *Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Nomor 31 Tahun 2015 Tentang Pengawasan Instalasi Penyalur Petir*, 2015.
- [12] Peraturan Umum Instalasi Listrik, *Pedoman Peraturan Instalasi Listrik*, vol. 2011, no. PUIL. 2011.
- [13] National Fire Protection Association (NFPA), *NFPA 780 Standard for the Installation of Lightning Protection Systems*, 2020.
- [14] A. B. Pulungan, H. Hambali, T. Taali, and H. Habibullah, "Perancangan Sistem Grounding Pada Gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Padang," *JTEIN J. Tek. Elektro Indones.*, vol. 3, no. 1, pp. 111–119, 2022, doi: 10.24036/jtein.v3i1.213.
- [15] L. Zhou, J. He, H. Xu, P. Wang, Y. Chen, and S. Chen, "Simulation of impact of vertical grounding electrode on impulse grounding resistance of substation grounding network," *2017 2nd Int. Conf. Integr. Circuits Microsystems, ICICM 2017*, vol. 2017–Novem, pp. 18–22, 2017, doi: 10.1109/ICAM.2017.8242130.
- [16] G. U. Hardi, T. Taufiq, R. Putri, and F. A. Nasution, "Pengaruh Tahanan Jenis Tanah Terhadap Sistem Pentanahan Menggunakan Elektroda Batang Dilokasi Gedung Teknik Elektro Unimal," *INSOLOGI J. Sains dan Teknol.*, vol. 2, no. 2, pp. 314–326, 2023, doi: 10.55123/insologi.v2i2.1818.