

# PERENCANAAN SISTEM PROTEKSI PENANGKAL PETIR DI STADION SAKTI LODAYA KECAMATAN CISAYONG KABUPATEN TASIKMALAYA

Zaki Mulyadi<sup>1</sup>, Ifkar Usrah<sup>2</sup>, Asep Andang<sup>3</sup>  
Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Siliwangi  
Jl. Siliwangi No. 24 Kota Tasikmalaya  
E-mail: 157002086@student.unsil.ac.id

## Abstract

*Lightning is an electrical discharge event between a mutant cloud and the earth, or between a charged cloud and another charged cloud. The lightning protection system is designed to protect an area from the impact of a lightning strike. The Indonesian region itself has a fairly high intensity of lightning strikes. This study aims to plan (SPP) External Lightning Protection System and determine the effectiveness of the lightning rod system that will be installed at Sakti Lodaya Stadium, Cisayong District, Tasikmalaya Regency. The standards used in analyzing Lightning Protection Systems (SPP) are SNI 03-7015-2004 and General Regulations for Lightning Protection Installation (PUIPP). In this study the method used is the Angle of Protection Method, the Rolling Ball Method. According to the results of the analysis that has been carried out, the lightning protection system at the Sakti Lodaya Stadium, Cisayong District, Tasikmalaya Regency has not yet installed lightning protection, therefore it must install protection that meets the lightning protection zone according to the required standards. Based on the results of the analysis that has been carried out the lightning protection system at Sakti Lodaya Stadium, Cisayong District, Tasikmalaya Regency is considered safe.*

**Keywords:** *Lightning Protection System, Mesh Method, Rolling Sphere Method.*

## Abstrak

Petir merupakan peristiwa peluahan listrik antara suatu awan bermuatan dengan bumi, atau antar awan bermuatan dengan awan bermuatan lainnya. Sistem proteksi petir dirancang untuk melindungi suatu area dari dampak sambaran petir. Wilayah Indonesia sendiri memiliki intensitas sambaran petir yang cukup tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan (SPP) Sistem Proteksi Petir Eksternal dan mengetahui efektifitas sistem penangkal petir yang akan terpasang pada Stadion Sakti Lodaya Kecamatan Cisayong Kabupaten Tasikmalaya. Standar yang digunakan dalam menganalisa Sistem Proteksi Petir (SPP) adalah SNI 03-7015-2004 dan Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP). Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah Metode Sudut Proteksi, Metoda Bola Bergulir. Menurut hasil analisa yang telah dilakukan, sistem proteksi petir pada Stadion Sakti Lodaya Kecamatan Cisayong Kabupaten Tasikmalaya belum terpasang proteksi penangkal petir, karenanya harus memasang proteksi yang memenuhi zona proteksi petir sesuai standar yang dibutuhkan. Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan sistem proteksi petir pada Stadion Sakti Lodaya Kecamatan Cisayong Kabupaten Tasikmalaya sudah termasuk aman.

**Kata Kunci:** *Sistem Proteksi Petir, Metode Jala, Metode Bola Bergulir.*

## I. PENDAHULUAN

Stadion merupakan sarana olahraga sepak bola juga lari jarak menengah yang sering digunakan atlet maupun masyarakat. Di dalam stadion terdapat beberapa bangunan yang memiliki ketinggian lebih dari 15 meter dan juga bangunan pendukung lainnya, salah satunya adalah tiang lampu. Suatu bangunan memiliki resiko mengalami gangguan secara mekanik juga gangguan dari alam. Gangguan mekanik yang mungkin terjadi pada bangunan adalah pondasi yang kurang kokoh, sedangkan gangguan yang disebabkan oleh alam yang sering terjadi adalah terkena sambaran petir yang dapat merusak fasilitas stadion tersebut [1].

Secara geografis Indonesia terletak pada daerah khatulistiwa dengan iklim tropis dan kelembaban yang tinggi, hal ini menyebabkan Indonesia termasuk wilayah yang memiliki hari guruh per tahun (*thunderstorm day*) yang tinggi dan mempunyai kerapatan sambaran petir yang banyak sehingga memungkinkan banyak terjadi bahaya yang timbul akibat sambaran petir. Petir menjadi salah satu penyebab utama terjadinya kerusakan perangkat elektronik juga manusia dan lingkungan.

Petir menjadi kendala serius karena kemampuannya untuk merusak infrastruktur yang memiliki jaringan tenaga listrik, telekomunikasi, dan lain sebagainya dan dapat berpengaruh terhadap timbulnya tegangan lebih akibat

sambaran petir. Tegangan lebih menjadi ancaman bagi peralatan elektronik melalui tegangan lebih yang masuk ke sistem karena proses tidak langsung. Mengingat kerusakan-kerusakan yang dapat timbul akibat adanya sambaran petir, maka muncullah berbagai usaha untuk mengatasi sambarannya yang dikenal sebagai usaha proteksi petir. Untuk menghindari bahaya dari petir maka sebuah bangunan struktur yang tinggi harus memiliki proteksi petir agar dapat melindungi semua bagian pada bangunan tersebut, termasuk manusia dan peralatan yang ada didalamnya. Efek gangguan akibat sambaran petir ini semakin besar sesuai dengan semakin tingginya bangunan tersebut. Untuk melindungi dan mengurangi dampak kerusakan dari sambaran petir maka perlu dipasang proteksi penangkal petir yang sangat dibutuhkan untuk melindungi bangunan yang ada di stadion.

Pemerintah Desa Cisayong Kabupaten Tasikmalaya saat ini telah membangun sebuah stadion baru Sakti Lodaya. Stadion ini belum memiliki sistem proteksi, seperti proteksi instalasi, dan salah satunya yaitu sistem proteksi penangkal petir. Mengingat adanya bangunan yang memiliki ketinggian melebihi 15 meter, oleh karena itu cukup berbahaya jika terkena sambaran petir.

Sistem proteksi penangkal petir di stadion ini meliputi sistem proteksi penangkal petir eksternal. Sistem proteksi eksternal berfungsi untuk mengurangi resiko terhadap bahaya

kerusakan sambaran petir langsung pada tiang yang di lindungi. Perancangan sistem proteksi petir juga di pengaruhi oleh karakteristik tahanan tanah di daerah tersebut. Dengan adanya sistem proteksi penangkal petir di stadion ini dapat melindungi area stadion dan juga sekitarnya, agar tidak menyebabkan kerusakan internal maupun eksternal stadion, dan juga tidak membahayakan manusia dan lingkungan hidup di sekitar area stadion. Tiap batang penangkal petir harus dapat melindungi setiap sudut stadion dan dapat di analisis menggunakan metode bola bergulir, sudut proteksi, dan lain sebagainya untuk menyusun perencanaan pada resistansi tahanan, penangkal petir, dan sistem proteksi penangkal petir.

Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui assesment risk petir terhadap bangunan di stadion sakti lodaya dan Menyusun perencanaan sistem *grounding* di Stadion Sakti Lodaya yang memenuhi standar yang berlaku, salah satunya yaitu Standar Nasional Indonesia ( SNI 03-7015-2004).

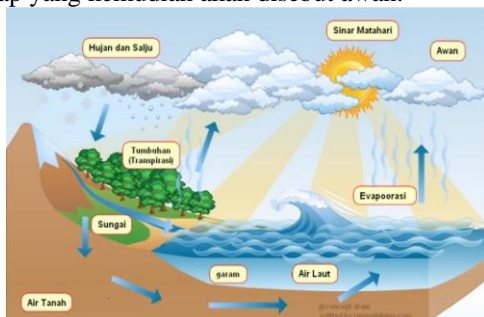
## II. FORMAT ARTIKEL

### A. Pengertian dan Mekanisme Terjadinya Petir

Petir merupakan peristiwa peluahan listrik antara suatu awan bermuatan dengan bumi, atau antara awan bermuatan dengan awan lainnya. Proses pelepasan muatan listrik (*electrical discharge*) yang terjadi di atmosfer. Dalam peristiwa ini, jarak antara awan ke awan atau awan ke bumi relatif cukup tinggi dan dapat diasumsikan sebagai jarak antar elektroda. Petir sering terjadi antara muatan satu dengan muatan lain didalam awan dibandingkan yang terjadi antara pusat muatan di awan dengan permukaan bumi [2].

### B. Mekanisme Terjadinya Petir

Mekanisme terjadinya petir bermula dari pembentukan awan melalui penguapan yang terjadi pada air sampai ke atmosfer yang bernama evaporasi. Atmosfer memiliki suhu yang lebih rendah dari suhu normal, sehingga menyebabkan pengembunan dan mengakibatkan uap air berubah menjadi titik-titik air dan menjadi satu dalam keadaan setengah menguap yang kemudian akan disebut awan.



Gbr. 1 Proses Terbentuknya Awan

Sambaran petir terjadi karena ada perbedaan potensial antara awan dan bumi atau dengan awan lainnya. Proses ini terjadi ketika muatan pada awan bergerak terus menerus secara teratur, dan selama pergerakannya akan berinteraksi dengan awan lainnya sehingga muatan negatif akan berkumpul pada salah satu sisi (atas atau bawah), sedangkan muatan positif berkumpul pada sisi sebaliknya. Jika perbedaan potensial antara awan dan bumi cukup besar, maka akan terjadi pelepasan muatan negatif (elektron) dari

awan ke bumi atau sebaliknya untuk mencapai kesetimbangan. Proses pelepasan muatan ini, media yang dilalui elektron adalah udara. Saat elektron mampu menembus ambang batas isolasi udara inilah terjadi ledakan suara.

Sambaran petir lebih sering terjadi pada musim hujan, karena pada keadaan tersebut udara mengandung kadar air yang lebih tinggi sehingga daya isolasinya turun dan arus lebih mudah mengalir. Karena ada awan bermuatan negatif dan awan bermuatan positif, maka sambaran petir juga bisa terjadi antar awan yang berbeda muatan. Proses perpindahan muatan negatif (elektron) menuju ke muatan positif (proton) inilah yang mengakibatkan terjadinya sambaran petir. Sedangkan di bagian tengah inilah terkumpul muatan negatif dengan muatan positif, pada bagian inilah terjadinya petir. Petir dapat terjadi antara awan dengan awan, dalam awan itu sendiri, antara awan dan udara, antara awan dengan tanah (bumi).

Sambaran Petir beragam tergantung perbedaan potensial antara awan satu dan lainnya atau bisa juga perbedaan potensial antara awan dan tanah, Adapun beberapa macam sambaran petir yang terjadi yaitu

#### 1) Sambaran Petir dari awan ke awan

Pusat muatan yang terjadi dalam sambaran petir jenis ini adalah dua jenis awan yang berbeda muatan. Pelepasan muatan yang terjadi menjembatani celah udara kosong diantara kedua awan tersebut. Medan-medan yang berada diantara awan-awan ini lebih cepat mencapai potensial gangguan.

#### 2) Sambaran Petir awan ke Tanah

Sambaran petir dari awan ke tanah bukan merupakan sambaran petir yang sering terjadi, dengan berbagai cara dapat diperkirakan bahwa sambaran dari awan ke tanah tercatat hanya 10 % dari keseluruhan sambaran petir yang terjadi. Tidak semua sambaran dari awan ke tanah sama modelnya. Tipe yang biasanya terjadi, dimulai dengan sambaran yang merambat ke bawah awan di dekat pusat muatan negatif bagian bawah, kemudian mengalirkan muatan negatif ke bumi. Tipe yang membawa muatan positif kadang-kadang terjadi dalam badai guntur dengan polaritas normal ketika badai berada pada tahap yang dicapainya. Sambaran petir jenis ini yang paling berbahaya karena dapat menyambar benda-benda tinggi seperti pohon dan bangunan-bangunan gedung serta dapat menimbulkan kebakaran.

#### 3) Sambaran Petir dalam awan

Petir dalam awan adalah tipe petir yang paling umum terjadi antara pusat-pusat muatan yang berlawanan pada awan yang sama, biasanya kelihatan seperti cahaya yang menghambur secara kelap-kelip, kadang-kadang petir keluar dari batas awan dan seperti saluran yang bercahaya.

### C. Efek Sambaran Petir

Petir dapat menyambar apapun yang dapat menarik sambarannya, efek dari sambaran petir cukup berbahaya untuk beberapa objek

#### 1) Terhadap Manusia

Apabila aliran listrik akibat sambaran petir mengalir melalui tubuh manusia, maka organ – organ tubuh yang dilalui oleh aliran tersebut akan mengalami kejutan (*shock*). Arus tersebut dapat menyebabkan berhentinya kerja jantung. Selain itu, efek rangsangan dan panas

akibat arus petir pada organ- organ tubuh dapat juga melumpuhkan jaringan – jaringan / otot – otot bahkan bila energinya besar dapat menghanguskan tubuh manusia. Perlu diketahui, yang menyebabkan kematian sambaran tidak langsung, karena di sekitar titik / tempat yang terkena sambaran akan terdapat muatan listrik dengan kerapatan muatan yang besar dimana muatan itu akan menyebar di dalam tanah dengan arah radial. Efek sambaran petir terhadap manusia melalui beberapa metode yaitu tegangan sentuh, sambaran tidak langsung, sambaran langsung, *side flash*, tegangan langkah.

## 2) Terhadap Bangunan

Kerusakan tersebut dapat berupa kerusakan thermis, seperti terbakar pada bagian yang tersambar, bisa juga berupa mekanis, seperti atap runtuh, bangunan retak. Bahan bangunan yang paling parah bila terkena sambaran petir adalah yang bersifat kering.

## 3) Terhadap Jaringan dan Instalasi Listrik

Gangguan jenis ini di kelompokkan menjadi 2 bagian yaitu sambaran petir mengenai kawat fasa. Sambaran petir langsung mengenai kawat tanah dapat mengakibatkan terputusnya kawat tanah, naiknya potensial kawat tanah yang diikuti oleh *backflashover* ke kawat fasa dan naiknya potensial pentanahan menara transmisi yang menyebabkan bahaya tegangan langkah.

## 4) Terhadap Peralatan Elektronik dan Listrik

Sambaran petir pada suatu struktur bangunan maupun saluran transmisi mengakibatkan kerusakan peralatan elektronik, control, komputer, telekomunikasi dan lainnya yang disebabkan oleh sambaran petir langsung maupun tidak langsung.

## D. Standar Analisis Sistem Proteksi

Standar untuk menganalisis sistem proteksi petir ada beberapa macam.

### 1) (SNI 03-7015-2004)

Tahap pertama prosedur pemilihan SPP menghendaki penilaian memadai terhadap bangunan yang dipertimbangkan sesuai rancangannya. Selanjutnya harus ditentukan dimensi bangunan dan penempatan, aktivitas badai guntur (desintas sambaran petir pertahun) di daerah yang diperhitungkan juga harus di tentukan klasifikasi bangunan. Data berikut ini memberikan latar belakang untuk penilaian:

- Frekuensi sambaran petir rata-rata tahunan  $N_d$  sebagai hasil perkalian desintas sambaran ke tanah  $N_g$  lokal dan area cakupan ekivalen  $A_e$  dari bangunan.
- Frekuensi sambaran rata-rata tahunan  $N_c$  yang dapat diterima untuk bangunan yang diperlukan.

Nilai frekuensi sambaran rata – rata tahunan  $N_c$  yang dapat diterima harus dibandingkan dengan harga nyata frekuensi sambaran petir  $N_d$  ke bangunan. Perbandingan berikut menentukan apakah SPP diperlukan, jika diperlukan, jenisnya apa :

- Jika  $N_d \leq N_c$  tidak perlu sistem proteksi petir.
- Jika  $N_d > N_c$  diperlukan sistem proteksi dengan efisiensi

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

Dimana :

$E$  = Efisiensi sistem proteksi petir

$N_d$  = Frekuensi sambaran petir langsung per tahun

$N_c$  = Frekuensi sambaran petir tahunan setempat yang diperbolehkan ketetapan  $(10^{-1})$

Untuk mengetahui jumlah rata-rata frekuensi sambaran petir-petir langsung per tahun ( $N_d$ ) dan frekuensi sambaran petir per tahun ( $N_c$ ) dapat dihitung dengan perkalian kerapatan petir ke bumi per tahun ( $N_g$ ) dan area cakupan ekivalen dari bangunan Gedung ( $m^2$ )( $A_e$ ) :

$$N_d = N_g \times A_e \times 10^{-6} \text{ per tahun} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana :

$N_g$  =Densitas sambaran ke tanah rata-rata tahunan (sambaran petir/km<sup>2</sup>/tahun) dalam daerah ditempat bangunan gedung berada

$A_e$  = Area cakupan ekivalen dari bangunan gedung ( $m^2$ )

Kerapatan sambaran petir ke tanah dipengaruhi oleh hari guruh rata-rata per tahun di daerah tersebut. Hal ini ditunjukkan oleh hubungan sebagai berikut:

$$N_g = 4 \times 10^{-2} \times T^{1.26} \dots \dots \dots (3)$$

Dimana :

$T$  = Hari guruh per tahun

Sedangkan besar  $A_e$  dapat dihitung sebagai berikut

:

$$A_e = ab + 6 \times h(a+b) + 9 \times \pi \times h^2 \dots \dots \dots (4)$$

Dimana :

$a$  = Panjang gedung (meter)

$b$  = Lebar gedung (meter)

$h$  = Tinggi gedung (m)

Sehingga dari substitusi persamaan diatas maka nilai  $N_d$  dapat dicari dengan persamaaan berikut

$$N_d = 4 \times 10^{-2} \times T^{1.26} \{ a \times b + 6 \times (a+b) + 9 \times h^2 \}$$

Rata-rata frekuensi tahunan ( $N_n$ ) dari petir yang mengenai tanah dekat gedung dapat dihitung dengan perkalian kerapatan petir ke tanah per tahun ( $N_g$ ) dengan cakupan daerah disekitar gedung yang disambar ( $A_g$ ).

$$N_n = N_g \cdot A_g \dots \dots \dots (5)$$

Dimana :

$N_n$  = Rata-rata frekuensi tahunan

## 2) Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP)

Menurut Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP) besarnya kebutuhan ditentukan berdasarkan penjumlahan indeks-indeks tertentu yang mewakili keadaan bangunan disuatu lokasi dan dituliskan sebagai:

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

Dimana :

$R$  = Perkiraan bahaya petir

$A$  = Penggunaan dan isi bangunan

$B$  = Kontruksi bangunan

$C$  = Tinggi bangunan

$D$  = Situasi bangunan

$E$  = Pengaruh peti.

## E. Penentuan Parameter Arus Petir

Menentukan parameter petir sangat berguna untuk keamanan suatu bangunan, maka dari itu harus diketahui besaran parameter petir agar pemasangan penangkal petir dapat aman dan terlindungi.

1) *Kepadatan Sambaran Petir*

Dalam perencanaan pengaman terhadap sambaran petir perlu ditinjau angka kepadatannya (frekuensi) untuk menentukan mutu pengamanan yang akan dipasang. Hal tersebut dapat diketahui dengan mempergunakan peta hari guruh per tahun (Isokrounic Level/IKL), kemudian mencari harga korelasinya dengan kepadatan sambaran petir ke tanah. Untuk menentukan kepadatan sambaran petir (Ft) maka dapat dipakai persamaan berikut :

$$F_t = 0,25 \cdot T \text{ sambaran/Km}^2 \text{ /tahun} \dots\dots\dots(7)$$

Dimana

$F_t$  = Kepadatan sambaran petir (sambaran/Km<sup>2</sup> /tahun)

T = Hari guruh pertahun (IKL)

2) *Penentuan Besaran Sambaran Petir*

Setelah nilai arus petir didapat, besaran lainnya yang akan dihitung adalah sebagai berikut :

(1) *Striking Distance/Jarak Pukul Petir*

Pilot leader akan membawa muatan mengawali aliran ketanah sehingga saluran yang dibuat oleh pilot leader ini menjadi bermuatan dan kuat medan (potensial gradient) dari ujung leader ini sangat tinggi. Selama pusat muatan diawan mampu memberikan muatannya pada ujung leader lebih besar dari kuat medan udara maka leader (petir) akan tetap mampu melanjutkan perjalanannya. Pada saat leader mendekati tanah, kuat medan statis pada permukaan tanah akan naik cukup tinggi untuk menghasilkan aliran keatas yang pendek menyongsong pilot leader

Jarak Pukul petir (*striking distance*) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$d = 6,7 I_s \text{ Is } 0,8 \text{ meter} \dots\dots\dots(8)$$

Dimana :

d = jarak pukul petir (m)

$I_s$  = Arus petir (kA)

(2) *Besar Arus Sambaran Petir Terhadap Ketahanan Bangunan*

Besar arus sambaran petir terhadap ketahan bangunan berdasarkan persamaan berikut, maka diperoleh ketahanan bangunan terhadap arus petir adalah :

$$I_b = 0,75 \sqrt{\frac{d}{8}} \dots\dots\dots(9)$$

Dimana

$I_b$  = Arus sambaran petir

d = Jarak pukul petir

2.7 *Sistem Proteksi Petir*

Benjamin Franklin mempelajari persamaan antara listrik dan petir. Akhirnya dia menemukan bahwa petir adalah pelepasan muatan listrik.

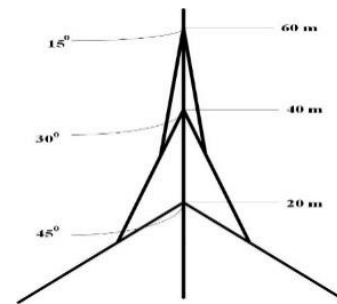
F. *Jenis-jenis Proteksi Petir*

1) *Sistem Proteksi Petir Pasif*

jenis dari proteksi petir da beberapa macam seperti aktif dan pasif keduanya memiliki sifat yang berbeda namun, tetap saja fungsinya sama Antara satu dan lainnya yaitu menangkap petir.

(1) *Franklin Rod*

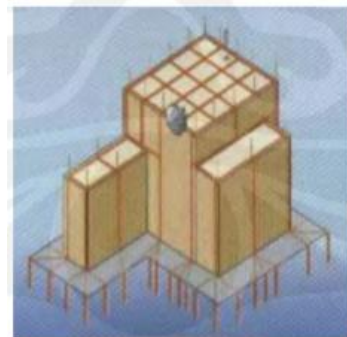
Pengaman bangunan terhadap sambaran kilat dengan menggunakan alat berupa kerucut tembaga dengan daerah perlindungan berupa kerucut imajiner dengan sudut puncak 112°.



Gbr. 2 Sistem Proteksi Kerucut

(2) *Sangkar Faraday*

Untuk mengatasi kelemahan *Franklin Rod* karena adanya daerah yang tidak terlindungi dan daerah perlindungan melemah bila jarak makin jauh dari Franklin Rod-nya maka dibuat Sistem Sangkar Faraday. Sangkar faraday mempunyai sistem dan sifat seperti *Franklin Rod*, tapi pemasangannya diseluruh permukaan atap bangunan dengan tinggi tiang yang lebih rendah.



Gbr. 3 Sistem Proteksi Sangkar Faraday

(3) *Non-Konvensional*

Sistem proteksi petir *Early Streamer Emission* adalah pendekatan relative terbaru dalam penyelesaian masalah kerusakan instalasi petir, yang dilengkapi dengan system FR. ESE adalah terminal udara radioaktif non konvensional[3].

Peralatan ESE non radioaktif yang banyak digunakan adalah *Pulsar* (dikembangkan oleh Helita, Perancis), *Dynasphere* (dikembangkan oleh Erico, Australia), *Prevectron* (dikembangkan oleh Indelec, Perancis) dan *EF* (dikembangkan EF International, Swiss).

2) *Sistem Proteksi Petir Aktif*

(1) *Ionisasi Corona*

Sistem ini bersifat menarik petir untuk menyambar ke ujung penyalur petir dengan cara memancarkan ion-ion ke udara. Kerapatan ion semakin besar bila jarak ke ujung penyalur petir semakin dekat. Area perlindungan sistem ini berupa bola dengan radius mencapai 120 meter dan radius ini akan mengecil dengan sejalan bertambahnya umur.

(2) *Radioaktif*

Sistem ini menggunakan pemancaran radiasi yang radius pengamanannya akan berkurang bersama waktu sesuai dengan sifat radioaktif.

G. *Prinsip Kerja Penangkal Petir*

Cara kerja penangkal petir adalah saat muatan listrik negatif di bagian bawah awan sudah tercukupi, maka muatan listrik positif di tanah akan segera tertarik. Muatan listrik kemudian segera merambat naik melalui kabel konduktor , menuju ke ujung batang penangkal petir. Ketika muatan

listrik negatif berada cukup dekat di atas atap, daya tarik menarik antara kedua muatan semakin kuat, muatan positif di ujung-ujung penangkal petir tertarik ke arah muatan negatif. Pertemuan kedua muatan menghasilkan aliran listrik. Aliran listrik itu akan mengalir ke dalam tanah, melalui kabel konduktor, dengan demikian sambaran petir tidak mengenai bangunan tetapi dinetralisirkan kedalam tanah[4].

Sistem penangkal petir yang dikenal ada macam – macam namun pada dasarnya prinsip kerja dari sistem – sistem tersebut adalah sama yaitu :

#### 1) Menangkap Petir

Sistem tersebut menyediakan sistem penerimaan (air terminal) yang dapat dengan cepat menyambut luncuran arus petir dan memproteksi secara tepat dengan memperhitungkan besaran petir

#### 2) Penyalur Petir

Luncuran petir yang telah ditangkap dialirkan ke tanah secara aman tanpa mengakibatkan terjadinya loncatan listrik (imbasan) ke bangunan atau manusia.

#### 3) Menampung Petir

Sistem ini menyediakan sebaik mungkin agar arus petir yang turun sepenuhnya dapat diserap oleh tanah tanpa menimbulkan bahaya pada bagian bangunan atau manusia yang berada dalam posisi kontak dengan tanah disekitar sistem pentanahan tersebut

### H. Sistem Proteksi Petir Eksternal

Proteksi eksternal adalah instalasi dan alat – alat diluar sebuah struktur untuk menangkap dan menghantarkan arus petir ke sistem penatanaan atau berfungsi sebagai ujung tombak penangkap muatan arus petir ditempat tertinggi.

### I. Terminasi Udara (Air Termination)

Terminasi udara adalah bagian sistem proteksi petir eksternal yang dikhususkan untuk menangkap sambaran petir, berupa elektroda logam yang dipasang secara tegak maupun mendarat.

Penangkap petir ditempatkan sedemikian rupa sehingga mampu menangkap semua petir yang menyambar tanpa mengenai bagian gedung, bangunan atau daerah yang dilindungi (zona proteksi).

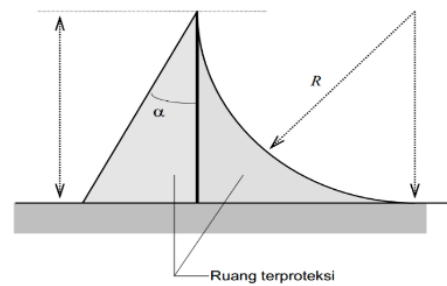
Ada beberapa metode dan teori yang digunakan pada saat ini untuk menentukan penempatan terminasi udara dan untuk mengetahui daerah proteksi. Metode – metode tersebut antara lain:

#### 1) Metode Jala

Metode ini digunakan untuk keperluan perlindungan permukaan yang datar karena bisa melindungi seluruh permukaan bangunan. Daerah yang diproteksi adalah keseluruhan daerah yang ada di dalam jala – jala

#### 2) Metode Sudut Proteksi

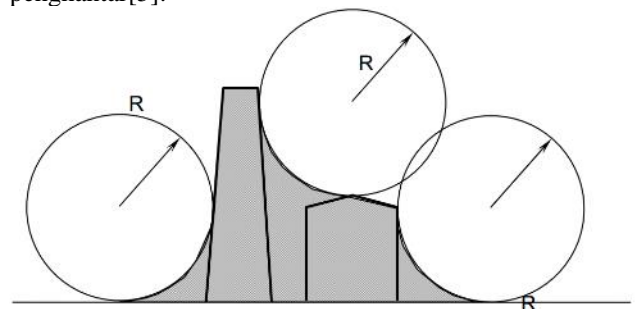
Metode yang penggunaannya melalui penempatan konduktor terminasi udara sedemikian sehingga semua bagian bangunan gedung yang di proteksi berada disebelah dalam permukaan selubung yang dihasilkan oleh proyeksi titik – titik dari konduktor terminasi udara ke bidang referensi, dengan sudut  $\alpha$  ke garis vertical dalam semua arah.



Gbr. 4 Metode Sudut Proteksi

#### 3) Metode Bola Bergulir

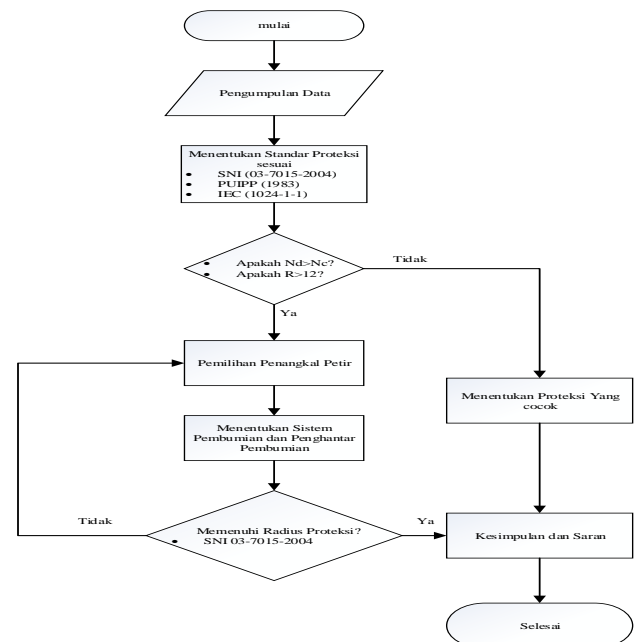
Metode bola bergulir baik di gunakan pada bangunan yang bentuknya rumit. Dengan metode ini seolah-olah ada suatu bola dengan radius R yang bergulir di atas tanah, sekeliling struktur dan diatas struktur kesegala arah hingga bertemu dengan tanah atau struktur yang berhubungan dengan permukaan bumi yang mampu bekerja sebagai penghantar[5].



Gbr. 5 Perancangan terminasi udara SPP menurut metoda bola bergulir

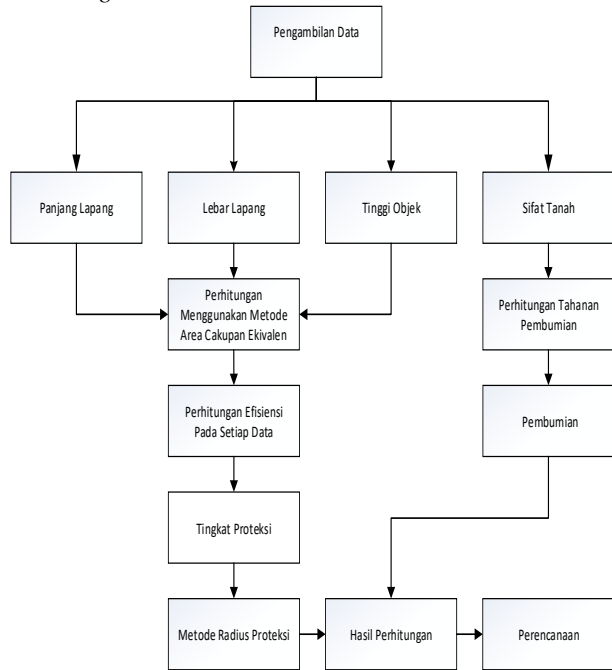
## III. METODE

### A. Flowchart Penelitian



Gbr. 6 Flowchart Penelitian

## B. Diagram Blok Penelitian



Gbr. 7 Diagram Blok Penelitian

## C. Metode Pengumpulan Data

### 1) Studi Literatur

Salah satu sumber acuan dimana peneliti dapat menggunakannya sebagai penunjuk informasi dalam perencanaan adalah dengan menggunakan buku PUIL 2000, 2011, serta buku dan jurnal lainya sebagai referensi.

### 2) Observasi

Banyaknya periode observasi yang perlu dilakukan dan panjangnya waktu pada setiap periode observasi tergantung kepada jenis data yang dikumpulkan. Observasi dilakukan pada Stadion Sakti Lodaya Cisayong, pengambilan data pada lokasi tentang tinggi tiang lampu, tekstur tanah dan sambaran petir

### 3) Perencanaan

Data-data yang ada dalam perencanaan di ambil dari hasil studi literatur dan observasi lapangan. Dalam perencanaan ini terdapat suatu gambar perencanaan yang akan dibuat beserta analisa yang akan dijadikan sebagai pedoman untuk melakukan pemasangan instalasi penangkal petir. Agar bisa dipahami oleh teknisi atau instalatir maka perencanaan harus jelas dan sudah memenuhi standar yang telah ditentukan. Perencanaan ini terdiri dari perencanaan sistem instalasi penangkal petir.

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

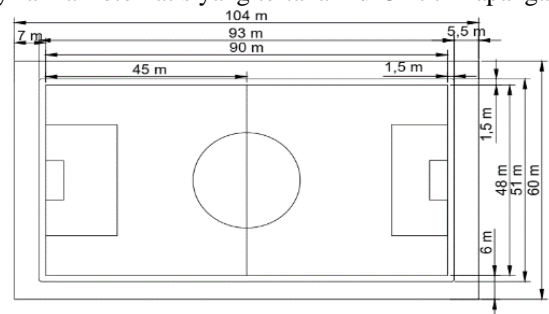
### A. Deskripsi Lokal

Dalam perencanaan akan dilakukan analisa mengenai perencanaan instalasi penangkal petir pada Stadion Sakti Lodaya Kabupaten Tasikmalaya. Adapun kondisi, situasi dan lokasi dari gedung tersebut adalah sebagai berikut:

1. Stadion terletak di kecamatan Cisayong Kabupaten Tasikmalaya dekat dengan jalan baru cisinga.
2. Konstruksi tiang lampu dan luas stadion terdiri dari beton bertulang dengan ukuran : Tinggi lampu = 12 meter Panjang stadion = 104 meter Lebar stadion = 60 meter.

3. Hari guruh per tahun di daerah stadion yang dibangun dengan rata-rata 128,6 hari per tahun.
4. ISO Kronik Level (IKL) untuk daerah Cisayong : 35,3 hari pertahun
5. Keadaan tanah pada Stadion Sakti Lodaya Kabupaten Tasikmalaya adalah tanah pada lapisan atas yaitu tanah pasir dan berdebu karena adanya penimbunan pada lokasi, sedangkan lapisan bawah tanah adalah tanah rawa yang dulunya lokasi tersebut bekas sawah.

Pemerintah Desa Cisayong Kabupaten Tasikmalaya saat ini telah membangun sebuah stadion baru yang akan menjadi sebuah stadion berstandar FIFA (Herdiansah, 2018). Pembangunan stadion tersebut bernama Stadion Sakti Lodaya, stadion ini memiliki lapangan berukuran 93 m x 51 m (4.743m<sup>2</sup>), di kelilingi dengan jogging track, 15 sistem drainase, rumput yang sesuai setandar serta menggunakan penyiram air otomatis yang tertanam di 32 titik lapangan.



Gbr. 8 Stadion

### B. Tingkat Proteksi

Penentuan kebutuhan bangunan atau suatu area berdasarkan peraturan dan standar.

#### 1) Berdasarkan Peraturan Umum Instalasi Penyalur Petir

Berdasarkan Peraturan Umum Instalasi Penyalur Petir (PUIPP) di Indonesia besarnya keperluan pemasangan sistem proteksi terhadap sambaran petir pada suatu bangunan ditentukan dengan menjumlahkan indeks-indeks yang mewakili keadaan di lokasi struktur tersebut berada.

Maka untuk bangunan stadion sakti lodaya diperoleh indeks-indeks sebagai berikut:

1. Jenis bangunan berdasarkan **Indeks A** adalah "Bangunan untuk umum, misalnya bioskop, sekolah, masjid dan gereja" dengan nilai **3**.
2. Jenis bangunan berdasarkan **Indeks B** adalah "Bangunan dengan konstruksi beton bertulang atau rangka besi dengan atap logam" dengan nilai **1**.
3. Jenis bangunan berdasarkan **Indeks C** adalah "Bangunan dengan tinggi sampai 12 m" dengan nilai **2**.
4. Jenis bangunan berdasarkan **Indeks D** adalah "Pada tanah datar di semua ketinggian" dengan nilai **0**.
5. Berdasarkan banyaknya hari Guruh 128,6, maka nilai untuk **Indeks E** adalah **6**.

Perkiraan bahaya sambaran petir diperoleh dengan menjumlahkan seluruh nilai dari indeks diatas sesuai dengan rumus dan diperoleh:

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

$$R = 3 + 1 + 2 + 0 + 6$$

$$R = 12$$

Maka besarnya kebutuhan akan instalasi proteksi petir adalah dianjurkan, sehingga diperlukan sistem proteksi petir.

## 2) Berdasarkan SNI 03-7015-2004

Penggunaan SNI 03-7015-2004 memberikan cara perhitungan dengan menggunakan data hari guruh data ukuran bangunan/daerah area. Proteksi frekuensi sambaran petir langsung setempat ( $N_d$ ) dan frekuensi sambaran tahunan ( $N_c$ ) yang diperbolehkan pada struktur, dengan terlebih dahulu menghitung kerapatan sambaran ke tanah ( $N_g$ ).

Kerapatan sambaran petir ke tanah ( $N_g$ ) dipengaruhi oleh hari guruh rata-rata pertahun ( $T_d$ ) dapat dihitung dari persamaan :

$$N_g = 4 \times 10^{-2} \times T^{1.26}$$

$$N_g = 4 \times 0,01 \times 202^{1.26}$$

$$N_g = 32 \text{ sambaran per km}^2/\text{tahun}$$

Jadi dalam satu tahun terjadi sambaran ketanah 19 kali per satu km<sup>2</sup>/tahun.

Adapun hasil perhitungan mencari area cakupan sambaran petir yang didapat dari BAB II persamaan 2.3 dengan hasil sebagai berikut:

$$A_e = ab + 6 \times h (a+b) + 9 \times \pi \times h$$

$$A_e = 6240 + 6 \times 12 (104+60) + 9 \times 3,14 \times 12^2$$

$$A_e = 6240 + 6 \times 12 (164) + 9 \times 3,14 \times 144$$

$$A_e = 6240 + 11808 + 4069,44$$

$$A_e = 22117,44 \text{ m}^2$$

Sedangkan untuk hasil jumlah rata – rata frekuensi sambaran petir langsung per tahun ( $N_d$ ) didapat dari persamaan sebagai berikut :

$$N_d = N_g \times A_e \times 10^{-6}$$

$$N_d = 32 \times 22117,44 \times 0.000001$$

$$N_d = 0,708 \text{ sambaran petir per tahun}$$

Dengan hasil dari persamaan tersebut diketahui bahwa frekuensi sambaran petir per tahun di Kabupaten Tasikmalaya adalah sebanyak **1,0006635 sambaran petir per tahun.**

Dimana :

a = Panjang (m)

b = Lebar (m)

h = Tinggi (m)

$T_d$  = Hari guruh rata – rata per tahun

$N_g$  = Kerapatan sambaran petir ketanah (sambaran/km<sup>2</sup>/tahun)

$A_e$  = Luas daerah yang memiliki angka sambaran petir sebesar  $N_d$  (km<sup>2</sup>)

$N_d$  = Frekuensi sambaran petir pertahun

$N_c$  = ketentuan ( $10^{-1}$ )

Frekuensi sambaran petir tahunan setempat ( $N_c$  diketahui bernilai  $10^{-1}$ ) yang diperbolehkan. Penentuan tingkat proteksi pada bangunan berdasarkan perhitungan  $N_d$  dan  $N_c$  dilakukan sebagai berikut :

Jika  $N_d \leq N_c$  tidak perlu sistem proteksi petir.

Jika  $N_d > N_c$  diperlukan sistem proteksi petir

Dikarenakan dalam perhitungan didapatkan

$N_d > N_c$  maka nilai efisiensi:

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

$$E \geq 1 - \frac{10^{-1}}{0,708}$$

$$E \geq 1 - 0,142$$

$$E \geq 0,86 = E \geq 86 \%$$

Dimana:

E = Efisiensi sistem proteksi petir

$N_d$  = Frekuensi sambaran petir langsung per tahun.

$N_c$  = Frekuensi sambaran petir tahunan setempat yang diperbolehkan ketentuan ( $10^{-1}$ )

Dimana hubungan nilai E (efisiensi) dengan tingkat proteksi sesuai tabel sebagai berikut:

Tbl. 1 Efisiensi SPP sehubungan dengan tingkat proteksi

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

$E < 0\%$  tidak diperlukan sistem proteksi petir

$0\% < E \leq 80\%$  berada pada tingkat proteksi IV

$80\% < E \leq 90\%$  berada pada tingkat proteksi III

$90\% < E \leq 95\%$  berada pada tingkat proteksi II

$95\% < E \leq 98\%$  berada pada tingkat proteksi I

$E > 80\%$  berada pada tingkat proteksi III dengan penambahan alat proteksi.

Dengan demikian nilai E sebesar 0,86 berada pada tingkat proteksi III dengan nilai efisiensi 80% - 90%. Oleh karena itu tingkat proteksi yang sesuai adalah **tingkat III.**

## 3) Pemilihan Penangkal Petir

## (1) Penentuan Besaran Sambaran Petir

## (a) Jarak Pakul Petir

Persamaan jarak pukul petir dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$d = 6,7 \text{ Is } 0,8$$

$$d = 6,7 \times 100 \times 0,8$$

$$d = 536 \text{ m}$$

Maka Jarak pukul petir nya adalah 506 Meter.

## (b) Besar Arus Sambaran Petir Terhadap Ketahanan Bangunan

Persamaan Besar arus sambaran petir terhadap bangunan petir dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$I_b = \sqrt{(0,75 \times d/8)} \dots \dots \dots (17)$$

$$I_b = \sqrt{(0,75 \times 536/8)}$$

$$I_b = \sqrt{(0,75 \times 67)}$$

$$I_b = 6,15$$

Maka Besar Arus Sambaran Petir Terhadap Ketahanan Bangunan

## (2) Penangkal Petir Kurn

Untuk menentukan area proteksi untuk penangkal petir kurn dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$R = 8 \times [I_b]^{0,75}$$

$$R = 8 \times [6,15]^{0,75}$$

$$R = 8 \times 3,91$$

$$R = 31,28 \text{ m}$$

Radius dari penangkal petir kurn per satu finial yaitu 31,28 meter

## 4) Luas Penghantar Penangkal Petir

Untuk menentukan luas penampang konduktor yang akan digunakan, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\begin{aligned}
 A &= I_0 \sqrt{\frac{8,5 \times 10^{-6} s}{\log_{10} \left( \frac{T}{274} \right)^{+1}}} \\
 A &= 100 \sqrt{\frac{8,5 \times 10^{-6} \cdot 0,1}{\log_{10} \left( \frac{1000}{274} \right)^{+1}}} \\
 A &= 100 \sqrt{\frac{8,5 \times 10^{-6} \cdot 0,1}{\log_{10} (4,649)}} \\
 A &= 100 \sqrt{\frac{8,5 \times 10^{-7}}{0,6674}} \\
 A &= 100 \sqrt{\frac{0,00000085}{0,6674}} \\
 A &= 100 \sqrt{1,274} \\
 A &= 112,872 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

5) Analisis Zona Proteksi

Setelah menentukan tingkat proteksi petir, kemudian akan menghitung dan menganalisis luas proteksi atau zona proteksi untuk penyalur petir yang telah terpasang sebelumnya. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah daerah tersebut telah terproteksi dengan baik atau tidak. Metode yang digunakan untuk metode ini daerah proteksi di daerah tersebut adalah dengan metode sudut proteksi, bola bergulir.

(1) Metode Sudut Proteksi

Tbl. 2 Pemilihan Tingkat Proteksi SPP berdasarkan SNI 03-7015-2004

Tingkat Proteksi	h (m)	20	30	45	60	Lebar mata jala (m)
	R (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 tbl 2 stadion sakti lodaya berada di tingkat proteksi III, dan dengan memiliki tinggi sekitar 12 meter serta tinggi terminasi udara 5 meter, dan yang lainnya 3 meter sehingga untuk menentukan hasil dari metoda sudut proteksi dapat dihitung dengan menggunakan formula

Untuk Terminasi udara 5 meter

$$\begin{aligned}
 \tan \alpha &= \frac{r}{h} \\
 r &= \tan \alpha \times h \\
 r &= \tan 45^\circ \times 17 \\
 r &= 17 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

Untuk terminasi udara 3 meter

$$\begin{aligned}
 \tan \alpha &= \frac{r}{h} \\
 r &= \tan \alpha \times h \\
 r &= \tan 45^\circ \times 15 \\
 r &= 15 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

Untuk area proteksinya dapat di tentukan dengan menggunakan rumus luas lingkaran. Berikut merupakan perhitungan untuk terminasi udara 5 meter dan untuk terminasi udara 3 meter :

- a. Terminasi udara 5 meter
  - Ax = π x R<sup>2</sup>
  - Ax = π x (17<sup>2</sup>)

$$\begin{aligned}
 Ax &= 3,14 \times 289 \\
 Ax &= 907,46 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Jika memakai 2 finial penangkal petir maka luas area yang terproteksinya yaitu 2 x 907,46 = **1814,92 m<sup>2</sup>** dan jika memakai 4 finial penangkal petir yaitu 4 x 907,46 = **3629,84 m<sup>2</sup>** sedangkan luas area yang dibutuhkan yaitu **22117,44 m<sup>2</sup>**.

- b. Terminasi udara 3 meter

$$\begin{aligned}
 Ax &= \pi \times R^2 \\
 Ax &= \pi \times (15^2) \\
 Ax &= 3,14 \times 225 \\
 Ax &= 706,5 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Jika memakai 2 finial penangkal petir maka luas area yang terproteksinya yaitu 2 x 706,5 = 1412m<sup>2</sup> dan jika memakai 4 finial penangkal petir yaitu 4 x 706,5 = 2824 m<sup>2</sup> sedangkan luas area yang dibutuhkan yaitu 22117,44 m<sup>2</sup>.

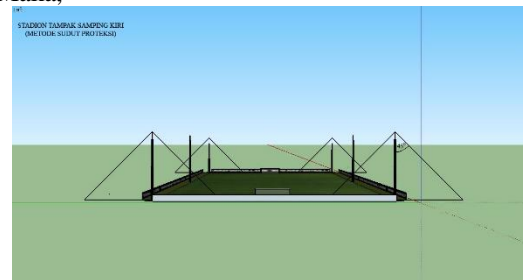
Area yang di hitung diatas hanya untuk terminasi udara 6 meter dan 3 meter jika ingin mengetahui keseluruhan area yang terproteksi, dapat ditentukan dengan menghitung area luar di setiap lingkaran terminasi udara

(2) Metode Bola Bergulir

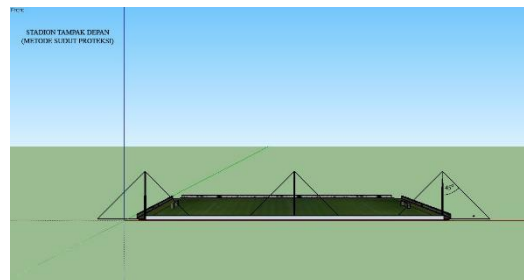
Untuk Metode ini radius bola bergulir sudah didapatkan dari tabel 2.10 yaitu untuk tingkat proteksi I radius proteksinya adalah 20 m. Dan untuk arus minimum (I) dapat dicari dari persamaan

$$R(m) = 10 \times I^{0,65}$$

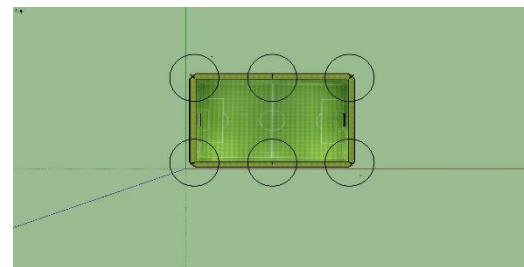
Maka,



Gbr. 9 Tampak Samping



Gbr. 10 Tampak Depan



Gbr. 11 Tampak Atas

$$R(m) = 10 \times I^{0,65}$$

$$I = 0,65 \sqrt{\frac{R}{10}}$$



$$I = 0,65 \sqrt{\frac{45}{10}}$$

$$I = 0,65 \sqrt{4,5}$$

$$I = 1,378 \text{ KA}$$

Ini berarti penyalur petir tersebut dapat menangkap petir dengan arus minimal **1,38 KA**.

$$A_x = \pi \times r^2$$

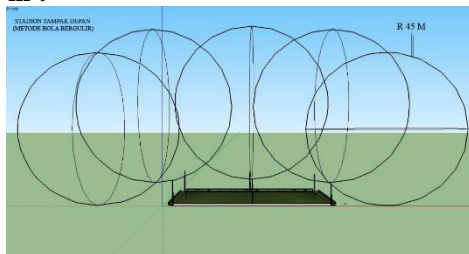
$$A_x = 3,14 \times 45^2$$

$$A_x = 3,14 \times 2025$$

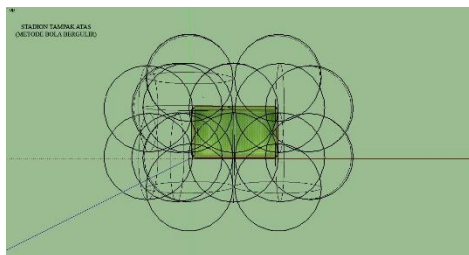
$$A_x = 6358 \text{ m}^2$$

Dari hasil perhitungan Metode Bola Bergulir luas daerah yang terproteksi adalah **6358 m<sup>2</sup>**. Jika finial penangkal petirnya 2 maka luas daerah yang terproteksi adalah  $2 \times 6358 = 12716 \text{ m}^2$  dan jika memakai 4 finial penangkal petir adalah  $4 \times 6358 = 25432 \text{ m}^2$

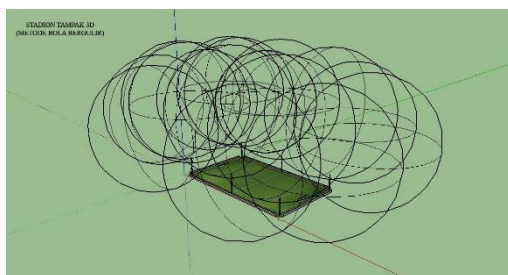
Dari luas area proteksi yang dibutuhkan stadion sakti lodaya **22117,44 m<sup>2</sup>**. Ini berarti luas daerah yang terproteksi lebih besar dari luas stadion sakti lodaya adalah 4 finial penangkal petir dengan luas area yang terproteksinya adalah **25432 m<sup>2</sup>**.



Gambar 12. Tampak Depan



Gambar 13. Tampak Atas



Gambar 14. Tampak 3D

## V. KESIMPULAN

Dari hasil analisa dan perhitungan perencanaan Stadion Sakti Lodaya Kecamatan Cisayong Kabupaten Tasikmalaya Tingkat bahaya terhadap sambaran petir pada Stadion Sakti Lodaya Kecamatan Cisayong Kabupaten Tasikmalaya menurut PUIP yaitu **12**, dan menurut SNI yaitu **0,90** atau **90%** maka bahaya terhadap petir berada pada **tingkat III**.

Penangkal petir pada perencanaan stadion sakti lodaya kecamatan cisayong kabupaten tasikmalaya menurut metode sudut proteksi penangkal petir dengan tinggi finial 5 meter sebesar **907,46m<sup>2</sup>**, dengan jumlah finial penangkal petir berjumlah 2 sebesar **1814,92 m<sup>2</sup>**, dan dengan jumlah finial

penangkal petir berjumlah 4 sebesar **3629,84 m<sup>2</sup>**. dan dengan tinggi finial 3 meter sebesar **706,5m<sup>2</sup>**, dengan jumlah finial penangkal petir berjumlah 2 sebesar **1412m<sup>2</sup>**, dan dengan jumlah finial penangkal petir berjumlah 4 sebesar **25432 m<sup>2</sup>**. Dan menurut metode bola bergulir sudut proteksinya yaitu sebesar **6358 m<sup>2</sup>** dengan jumlah finial penangkal petir berjumlah 2 sebesar **12716 m<sup>2</sup>**, dan dengan jumlah finial penangkal petir berjumlah 4 sebesar **25432 m<sup>2</sup>**. Sedangkan luas daerah Proteksi yang dibutuhkan bangunan tersebut **25432 m<sup>2</sup>**. Menurut SNI 03-7015-2004 bahwa luas sudut proteksi penangkal (Ax) harus lebih besar dari luas daerah proteksi yang dibutuhkan oleh bangunan (Ae)..

## REFERENSI

- [1] Z. Hakim, I. Danial, M. Rajagukguk, D. Program, and S. Teknik, "MASJID RAYA MUJAHIDIN MENGGUNAKAN METODE BOLA BERGULIR ( ROLLING SPHERE METHOD )," pp. 1–7.
- [2] M. T. A. Sutisna and M. T. A. Andang, "CISAYONG KABUPATEN TASIKMALAYA BERSTANDAR FIFA Penelitian ini tidak membahas instalasi penerangan pada gedung dan tribun stadion."
- [3] J. Gajah, "( APLIKASI BALAI KOTA PARIAMAN ) Oleh :," vol. 1, no. 2, pp. 12–18, 2012.
- [4] S. N. Indonesia, "Sistem proteksi petir pada bangunan gedung," 2004.
- [5] D. Kelurahan and U. Sari, "Analisis Sistem Pengaman Menara Seluler Smartfren Pada Perumahan Masyarakat," vol. 1, no. 2, pp. 11–20, 2015.

## BIOGRAFI PENULIS

**Zaki Mulyadi**, Lahir pada tanggal 09 Maret 1996 di Tasikmalaya, Jawa Barat. Menempuh pendidikan sarjana di Universitas Siliwangi pada program studi Teknik Elektro.



**Ifkar Usrah**, Lahir pada tanggal 17 Maret 1964. Memperoleh gelar Magister dari Institut Teknologi Bandung pada tahun 1998. Bekerja sebagai tenaga pengajar di Program Studi Teknik Elektro Universitas Siliwangi. Dengan konsentrasi penelitian di bidang Teknik Tenaga Listrik.



**Asep Andang**, Memperoleh gelar Magister dari Institut Teknologi Bandung pada tahun 2006. Bekerja sebagai tenaga pengajar di Program Studi Teknik Elektro Universitas Siliwangi. Dengan konsentrasi penelitian meliputi Kualitas Daya, *Power Electronics and Driver*, *Internet Of Things Automation*