

Analisa Kegagalan Perlindungan Sistem Penangkal Petir Pada Gedung Olah Raga Kota Bangkinang

Yolnasdi

Jurusan Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru

*corresponding author : sttp_yds@yahoo.co.id

Abstrak

Gedung Olah Raga Kota Bangkinang merupakan gedung yang digunakan untuk turnamen olah raga tingkat lokal maupun tingkat nasional, gedung ini dibangun diatas tanah seluas 12.350 m² dengan ukuran gedung 57 m x 47 m x 21 m, Secara fisik bangunannya ini lebih tinggi dan menonjol dari bangunan yang berada disekitarnya, karena di dalam bangunan ini banyak terdapat peralatan-peralatan elektronik seperti komputer, telephone, radio, AC dan lain-lainnya, maka untuk mengamankan gedung beserta peralatan ini maka dipasanglah instalasi penangkal petir untuk melindungi gedung dari bahaya sambaran petir.

Dalam penelitian ini analisa dilakukan berdasarkan kajian teori-teori yang berhubungan dengan sistem proteksi gedung terhadap sambaran petir. Penelitian dilakukan dengan survey ke lokasi, kemudian data-data teknis yang didapatkan dilokasi diolah dengan data dari BMKG setempat. Data yang telah terkumpul dianalisa berdasarkan persamaan-persamaan yang ada. Dari hasil analisa didapat nilai indeks perkiraan bahaya sebesar 16, berdasarkan tingkat resiko nilai ini tergolong memiliki resiko sangat besar dari bahaya sambaran petir, maka disimpulkan gedung olah raga ini sangat perlu untuk dipasang sebuah Instalasi penangkal petir. Dan setelah dilakukan perhitungan terhadap parameter lainnya didapat luas daerah yang menarik sambaran petir adalah seluas 13.179 m², dengan jumlah sambaran 0,117 atau akan terjadi satu sambaran dalam setiap 8,54 tahun, dengan resiko kegagalan perlindungan proteksi adalah 0,0045 atau akan terjadi satu kegagalan perlindungan proteksi untuk setiap 222,2 tahun.

Kata-kata Kunci : Sambaran petir, peralatan-peralatan elektronik, Instalasi Penangkal petir

PENDAHULUAN

Petir merupakan kejadian alam yang sangat kuat dan kekuatan petir tercatat mulai dari ribuan ampere sampai 200.000 ampere atau sama dengan kekuatan untuk menyalakan 500 ribu lampu bohlam 100 watt. Meskipun arus petir hanya sesaat durasinya selama 200 microdetik tapi dapat mengakibatkan kerusakan yang sangat luar biasa.

Efek dari sambaran langsung dapat menimbulkan kerusakan bangunan, kebakaran sampai bahaya kematian bagi manusia, selain itu pada saat petir menyambar terjadi loncatan muatan listrik yang bersifat konduktor di sekitar pusat hantaman, loncatan ini bahkan bisa mengalir ke mana mana hingga puluhan kilometer. Petir terjadi karena adanya benturan antara awan yang bermuatan listrik positif di udara. Kilatan cahaya petir yang mengandung arus listrik sangat kuat tersebut dapat merusak bangunan ataupun peralatan elektronik. Meskipun kilatan petir jatuh didaerah yang agak jauh misalnya 1 km dari kantor anda, arus listrik imbasannya tetap mengalir pada berbagai kabel tembaga seperti kawat penghantar listrik PT. PLN dan kabel telepon PT.

Telkom. Arus imbas ini meskipun lebih kecil tetapi tetap memiliki kemampuan merusak peralatan elektronik seperti telepon, *faximile* ataupun komputer dan peralatan jaringan komputer.

Untuk hal tersebut diatas sangat di perlukan perlindungan sebuah bangunan dari sambaran petir yang bersifat langsung maupun tidak langsung, hal yang sangat penting untuk menggunakan penangkal petir terutama untuk gedung, fasilitas umum dan pusat bisnis yang memanfaatkan komputer atau peralatan elektronik untuk seluruh kegiatan bisnis-nya. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui fungsi pengaman perlindungan terhadap sambaran petir yang di pasang di Gedung Olah Raga Bangkinang .
2. Menganalisa proteksi petir sistem *elektrostatik field* di Gedung Olah Raga Bangkinang. Sedangkan permasalahan yang akan dianalisa Pada penelitian ini adalah sebagai berikut:
 - a. Kinerja peralatan penangkal petir dalam melindungi gedung, peralatan dan manusia dalam sebuah Bangunan.

- b. Analisa kegagalan peralatan penangkal petir dalam melindungi gedung, peralatan dan manusia di Gedung Olah raga Bangkinang.

METODE PENELITIAN

Mekanisme Terbentuknya Petir

Petir atau halilintar merupakan gejala alam yang biasanya muncul pada musim hujan di mana di langit muncul kilatan cahaya sesaat yang menyilaukan terjadi beberapa saat kemudian disusul dengan suara menggelegar. Perbedaan waktu kemunculan ini disebabkan adanya perbedaan antara kecepatan suara dan kecepatan cahaya. Petir adalah gejala alam yang bisa kita analogikan dengan sebuah kapasitor raksasa, di mana lempeng pertama adalah awan bisa lempeng negatif atau lempeng positif dan lempeng kedua adalah bumi dianggap netral. Salah satu jenis petir tersebut adalah jenis petir awan ke bumi, seperti terlihat pada gambar 1. Petir ini tergolong berbahaya dan paling merusak, berasal dari muatan yang lebih rendah lalu mengalirkan muatan negatif (-) ke tanah. Terkadang petir jenis ini mengandung muatan positif (+) terutama pada musim dingin.



Gambar 1. Petir Awan ke tanah

Arus Puncak Petir

Arus puncak petir (I [kA]) merupakan harga maksimum dari impuls petir yang dapat menyebabkan tegangan lebih pada tempat sambaran.

Muatan Arus Petir

Muatan arus petir ($Q = \int i \, dt$ [kAs]) merupakan jumlah muatan arus petir yang dapat menyebabkan pelepasan pada ujung objek sambaran.

Impuls Muatan Arus Petir

Impuls muatan arus petir ($Q = \int i^2 \, dt$ [kA²s]) (1) merupakan efek thermos yang dapat menyebabkan panas berlebih pada penghantar.

Kecuraman Arus Petir

Kecuraman arus petir (di/dt) adalah laju kenaikan terhadap waktu yang dapat menyebabkan tegangan induksi elektromagnetik pada benda logam di dekat instalasi penyalur petir. Kecuraman arus petir (di/dt) adalah laju kenaikan terhadap waktu yang dapat

menyebabkan tegangan induksi elektromagnetik pada benda logam di dekat instalasi penyalur petir, seperti yang terlihat pada tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Karakteristik Petir dan Kondisi Cuaca di daerah Tropis (Zorro, 2008)

Karakteristik Petir			Polaritas Negatif	Polaritas Positif
Arus Puncak (i)	Maksimum	Tangkuban Perahu	280 kA	298 kA
		Jawa Barat	335 kA	392 kA
	Probability 50 %		40 kA	18 kA
	Rata-rata		41 kA	30 kA
Kecuraman (di/dt)	Maksimum		119 kA/μs	120 kA/μs
	Probability 50 %		30 kA/μs	20 kA/μs
Kerapatan Sambaran (sambaran/km ² /tahun)			4,1 – 12,4	1,5 – 3,8
Kerapatan Sambaran Total (sambaran/km ² /tahun)			7,9 – 15,5	

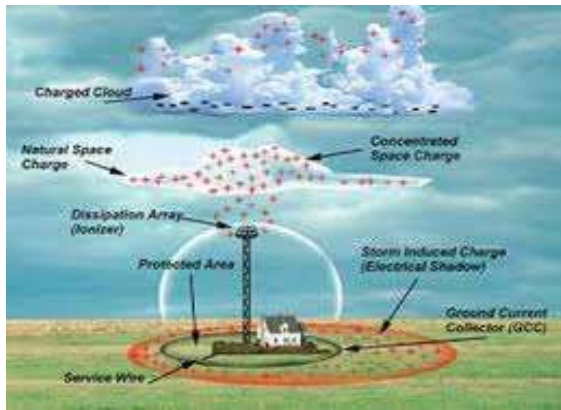
Penangkal Petir sistim EF (Elektrostatik Field)

Berbeda dengan penangkal petir konvensional yang bersifat passif, penangkal petir system EF (*elektrostatik field*) memodifikasi cara kerja penangkal petir menjadi bersifat aktif, fungsinya yaitu memberikan perlindungan yang lebih luas radiusnya dan berbentuk seperti payung dalam radius tertentu, oleh karena itu penangkal petir system EF (*elektrostatik field*) sering di sebut juga sebagai penangkal petir radius, Elemen yang tidak ada dalam penangkal petir konvensional yaitu *Head Terminal* yang merupakan elemen hasil penemuan terbaru yang sengaja di korbakan menantang petir, cara kerjanya adalah dengan cara menambahkan muatan listrik statis di ujung finial (*splitzer*) sehingga head terminal dapat menarik dan mengumpulkan ion positif (+) dalam jumlah yang besar dari dalam bumi.

Cara Kerja Penangkal Petir Sistem EF :

Gambar 2 berikut ini menunjukkan cara kerja dari penangkal petir sistem EF, dengan cara kerja sebagai berikut :

1. Pada saat muatan listrik negatif di bagian bawah awan sudah tercukupi, maka muatan listrik positif di tanah (bumi) akan segera tertarik keatas. Muatan listrik itu kemudian segera merambat naik melalui kabel konduktor penangkal petir sistem EF, menuju ke ujung batang penangkal petir sistem EF
2. Saat muatan listrik negatif berada cukup dekat di atas atap, daya tarik menarik antara kedua muatan semakin kuat, muatan positif di ujung-ujung penangkal petir sistem EF tertarik ke arah muatan negatif. Pertemuan kedua muatan menghasilkan aliran listrik. Aliran listrik itu akan mengalir ke dalam tanah melalui kabel konduktor / kabel penangkal petir sistem EF, sehingga sambaran petir tidak mengenai bangunan / gedung.



Gambar 2. Penangkal Petir Sistem EF (Elektrostatik Field)

Jenis Jenis Penangkal Petir

Ada beberapa beberapa jenis penangkal petir yaitu :

1. Penangkal petir konvensional
2. Penangkal petir Radio Aktif
3. Penangkal Petir Sistem EF

Penangkal Petir Konvensional (Sistem Franklin)

Penangkal petir sistem Franklin menggunakan ide melindungi kerucut, dimana jari-jari alasnya sama dengan tinggi kerucut. Tinggi penangkal petir dari permukaan tanah ke puncak penangkal petir dimana daerah yang terlindungi di daerah bawah merupakan luas lingkaran dengan jari-jari (meter). Luas perlindungan sama dengan,

$$R = \pi \cdot r^2 \quad (2)$$

Dimana :

r = jari-jari lingkaran yang terlindungi

h = tinggi bangunan

Dan isi kerucut yang dilindungi = $\frac{1}{3} \cdot \pi^2 \cdot h$ (3)

Menentukan luas Radius Penangkal Petir EF

Sistem penangkal petir EF ini terbagi dalam 2 yaitu *EF Air Terminal* yang diletakkan dipuncak bangunan sebagai Terminal penangkal petir dan *EF Carrier (kabel kabel Penghantar)* yang masuk kedalam tanah. Pada Head Terminal penangkal petir sitem EF (*Elektrostatik Field*) , maka radius perlindungan yang di dihasilkan disesuaikan dengan table berikut:

Luas radius perlindungan penangkal petir jenis EF dapat di hitung berdasarkan:

$$Ax = \pi \times r_u^2 \quad (4)$$

Dimana :

Ax = Luas Radius Proteksi

$\pi = 3,14$

r_u^2 = radius proteksi sesuai tabel

Dengan sudut proteksi sebesar :

$$\alpha^\circ = \sin^{-1} [1 - h/r] \quad (5)$$

Secara teknis Penangkal petir EF Menciptakan electron bebas awal yang besar sebagai *streamer emission* pada bagian head terminal, mendahului obyek sekeliling yang di lindungi atau yang menjadi sambaran. Berisolasi tegangan tinggi mampu menghasilkan emisi 6×10^{12} electron/second permiliamp *asmorphic current* yang terbangkit dengan sendirinya oleh besarnya medan listrik yang terjadi di awan dan berlanjut pada *corona effect* di atmosfer.

Sedangkan *EF Carrier/ Kabel* penghantar memiliki struktur penghantar penyalur Tegangan tinggi, Mampu menyalurkan arus listrik ke Bumi tanpa menimbulkan effect listrik terhadap obyek sekitar, mencegah adanya induksi, mencegah adanya lompatan arus listrik/sambaran samping, mampu menerima tegangan sambaran hingga 250 KV.

Perhitungan Kemungkinan Bangunan Tersambar Petir

Untuk bangunan yang terletak dibawah awan bermuatan, dimensi masing- masing bangunan sangat terpengaruh pada besarnya kemungkinan untuk tersambar petir karena luasnya daerah yang menarik untuk tersambar petir itu tergantung pada dimensi dari bangunannya. Selain itu intensitas dari arus kilat pun sangat mempengaruhi luas daerah disekitar bangunan yang menarik untuk tersambar petir semakin besar intensitas arus petir, semakin besar pula luas daerah yang menarik untuk tersambar petir karena jarak sambaran petirnya makin besar.

Menurut Golde RH luas daerah disekitar bangunan yang mudah tersambar petir dapat ditentukan dengan cara :

1. Gambar denah bangunan, kemudian dari gambar tersebut gambarkan luas daerah yang menarik untuk tersambar petir.

2. Hitung luas daerah yang menarik untuk tersambar petir pada denah bangunan tersebut (F dalam Km^2). Bila jarak sambaran petir pada bangunan telah diketahui (d), maka kemungkinan luas daerah yang menarik untuk tersambar petir dapat di tentukan dengan rumus :

$$F = (d)^2 \quad (6)$$

Dimana :

F = Luar daerah yang menarik untuk tersambar petir (km^2).

d = Jarak sambaran petir

3. Ditentukan besaran jumlah sambaran petir per

hari per km² (NE) dengan bantuan rumus :

$$N_E = (0.1 + 0.35 \sin \lambda) (0.4 \pm 0.2) \quad (7)$$

Dimana :

N_E = Besarnya jumlah sambaran petir per hari per km²

λ = Garis lintang geografis bangunan tersebut (101°).

4. Ditentukan jumlah sambaran petir pertahun per km² di tempat tersebut = IKL ditempat tersebut di kali NE. Besarnya IKL untuk tempat-tempat di pulau jawa digambarkan pada Lampiran A. Besarnya kemungkinan bangunan tersebut tersambar petir/tahun adalah :

$$L = F \times \text{IKL} \times N_E \quad (8)$$

Dimana :

L = Besarnya kemungkinan bangunan tersambar petir / tahun

IKL = Iso Keraunic Level

N_E = Besarnya jumlah sambaran petir per hari per km²

F = Luar daerah yang menarik untuk tersambar petir (Km²).

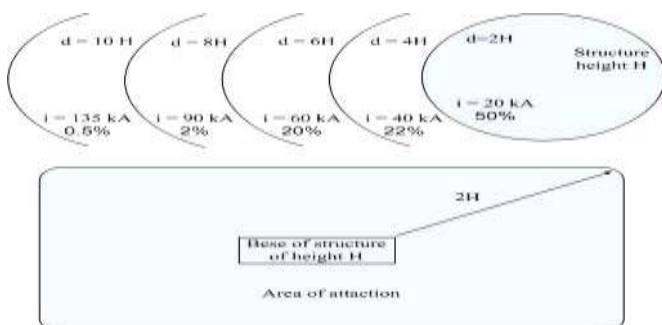
Gambar 3 memperlihatkan Luas daerah yang menarik sambaran petir, dimana besarnya arus petir dan dimensi dari bangunan menentukan luas daerah yang menarik sambaran petir. Adapun dalam perhitungan instalasi penangkal petir ini di asumsikan bahwa besarnya Arus penangkal petir untuk wilayah kota bangkinang berkisar 20.000 ampere sehingga dalam perhitungan nanti menggunakan persamaan seperti di bawah ini :

$$d = 2 \cdot h \quad (9)$$

Dimana :

d = Jarak sambaran petir

h = Tinggi bangunan.



Gambar .3. Luas Daerah yang Menarik Sambaran Petir.

Dengan demikian bila jumlah hari guruh per tahun, dimensi serta lintang geografis bangunan tersebut diketahui, maka untuk suatu harga tertentu dari arus petir dan frekuensi kejadiannya, dapat dihitung besarnya kemungkinan bangunan tersebut tersambar petir/tahun.

Perhitungan Kegagalan Penangkal Petir

Apabila telah mengetahui suatu besaran luas dan suatu ketinggian batang vertikal pelindung petir, maka di hitung besar arus yang akan mengakibatkan terjadinya kegagalan penangkal petir.

$$X_a = \sqrt{2 \cdot H \cdot r_s - H^2} \quad (10)$$

dimana

$$r_s = 9,41 \cdot I^{\frac{2}{3}} \quad (11)$$

Maka didapat dari kedua persamaan diatas:

$$X_a = \sqrt{2 \cdot H \cdot 9,4 \cdot I^{\frac{2}{3}} - H^2} \quad (12)$$

Atau arus maksimum yang dapat menyebabkan kegagalan adalah :

$$I = \left[\frac{X_a^2 + H}{18,8 H} \right]^{3/2} \text{ kA} \quad (13)$$

Dimana :

X_a = jarak perlindungan antara proteksi perlindungan petir pada bidang dan batasan dari daerah perlindungan (m)

H = ketinggian batas perlindungan (m)

r_s = jarak sambaran (m)

Kemungkinan besaran arus kurang atau sama dengan 1 dari harga yang di dapat pada persamaan (12) dan dihitung kemungkinan dari arus I (kA) untuk melebihi dapat di tuliskan :

$$P_1 = \frac{1}{1 + \left(\frac{I}{25} \right)^2} \quad (14)$$

Setelah mendapat harga-harga P_1 dapat di ketahui kemungkinan arus lebih kecil atau sama dengan I yang menghasilkan satu kegagalan.

$$P_{1r} = (1 - P_1) \quad (15)$$

Dimana :

P_{1r} = kemungkinan arus lebih kecil dari I (kA).

P_1 = kemungkinan melebihi arus I (kA).

Sambaran Yang Diharapkan Pertahun

Untuk menghitung resiko kegagalan perlindungan jumlah sambaran yang diharapkan akan terjadi pada suatu daerah (Gambar 4), perlu diketahui lebih dahulu jumlah sambaran petir

(No), dan persamaan kenaikan pada permukaan yang seperti diberikan pada persamaan rumus sebagai berikut:

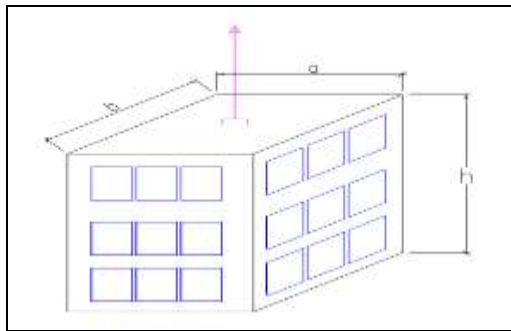
$$S = a \cdot b + 4 \cdot h \cdot (a + b) + 4 \cdot h^2 \quad (16)$$

Dimana :

a = ukuran lebar pada puncak bangunan (m)

b = ukuran panjang puncak bangunan (m)

h = ketinggian bangunan (m).



Gambar .4. Penarikan sambaran pada permukaan

Hasil perkalian persamaan diatas dengan jumlah sambaran petir (No) dapat ditentukan sambaran yang diharapkan dan dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$N_t = S \cdot N_o \quad (17)$$

Dimana :

N_t = sambaran yang diharapkan pertahun (sambaran tahunan)

S = penarikan sambaran pada permukaan (m^2)

N_o = jumlah sambaran petir (sambaran tahunan / km^2)

Resiko kegagalan perlindungan dari perkalian hasil persamaan dua persamaa diatas dapat di ketahui dan dicari nilai resiko kegagalan perlindungan. Hasil ini dapat dibandingkan untuk setiap tahunnya, seperti diberikan pada persamaan berikut :

$$P_{fr} = P_{is} \cdot N_t \quad (18)$$

Dimana :

P_{fr} = Resiko kegagalan perlindungan

P_{is} = Kemungkinan arus lebih kecil dari I (kA)

N_t = Sambaran yang diharapkan pertahun (sambaran tahunan).

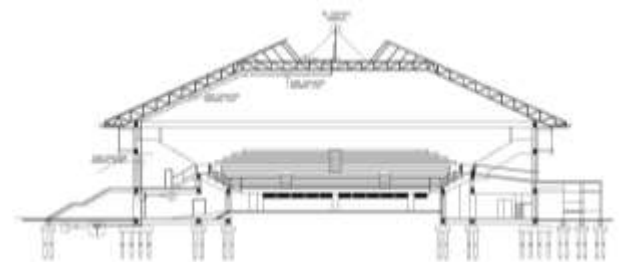
Keadaan Lokasi Gedung Olah Raga Kota Bangkinang

Dilihat dari bentuk dan peruntukan bangunan gedung Gedung Olah Raga Kota Bangkinag seperti pada Gambar 5. yang berlokasi di Jalan Lingkar Bangkinang. Dan analisa yang akan dilakukan pada

Gedung Olah raga ini adalah sebagai berikut :

1. banyaknya orang di dalam gedung tersebut.
2. Konstruksi beton bertulang
3. Tinggi bangunan sampai ke ujung atap 21 meter .
4. Ukuran dasar bangunan 57 x 47 meter
5. Jumlah hari guruh per tahun untuk kota bangkinang memiliki IKL rata-rata setiap tahun sebesar 59,33.
6. Daerah tersebut terletak di ketinggian +/-26 meter dari permukaan laut.
7. Indek bahaya sambaran petir = 16.

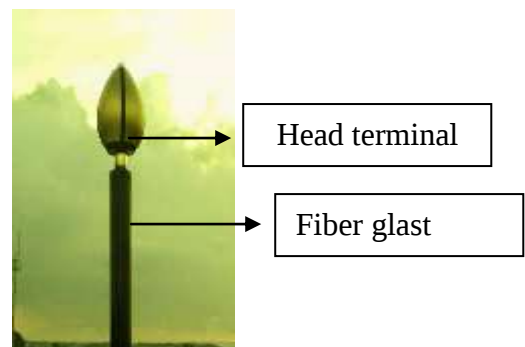
Maka diharuskan memiliki sistem proteksi penangkal petir yang dapat di andalkan guna mengamankan bangunan gedung ini dari sambaran petir.



Gambar 5. Penempatan Penangkal Petir EF pada GOR Bangkinang

Detail peralatan Instalasi Penangkal Petir

Lightning Terminal



Gambar 6. Detail terminal penangkal petir

Spesifikasi Terminal Udara (E.F Lightning

Bahan : Baja Galvanis

Panjang Fiberglass mast : 1,5 meter

Radius daerah proteksi penangkal petir sistem E.F di nyatakan dalam Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Radius Proteksi petir EF (LPI guardian, 2015)

Tinggi (M)	5	10	20	30	40	50	60	70	80
Radius proteksi (M)	90	100	110	120	130	140	150	160	170

Elektroda Pembumian

Spesifikasi Konduktor Penyalur petir

Bahan : Kabel Coaxial Ø 75 mm,

Selubung konduktor penyalur : Pipa PVC

Spesifikasi Sistem pembumian

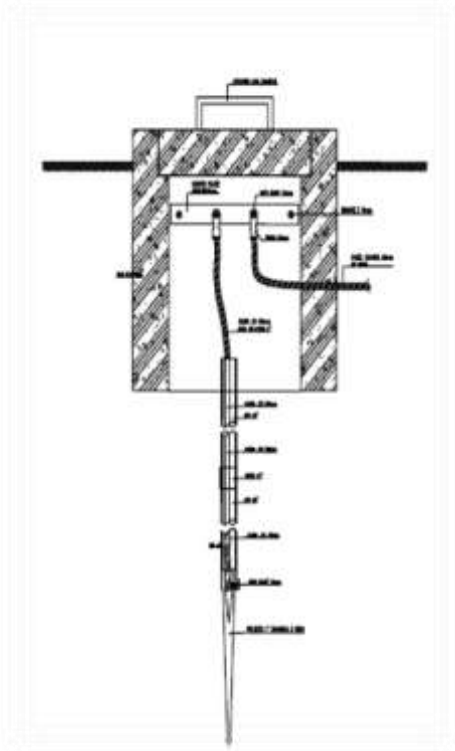
Bahan Konduktor Pembumian : Tembaga.

Diameter : 20 mm.

Selubung konduktor pembumian : Pipa Galvanis.

Jarak Pembumian dari Bangunan : 15 meter.

Ukuran bak control : 40x40x40 cm, dengan pengangkat, seperti diperlihatkan pada gambar 7.



Gambar 7. Bak Kontrol

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kebutuhan Gedung Olah Raga Kota Bangkinang Terhadap Proteksi Petir

Berdasarkan Peraturan Umum Instalasi Penyalur Petir besarnya keperluan pemasangan system proteksi terhadap sambaran petir pada suatu bangunan di tentukan dengan menjumlahkan indeks-indeks yang mewakili keadaan di lokasi struktur tersebut berada. Maka untuk bangunan Gedung Olah raga Kota bangkinang di peroleh indeks-indeks sebagai berikut :

1. Jenis Bangunan Berdasarkan indeks A : adalah “Bangunan atau isinya cukup penting, misalnya menara air , barang-barang berharga dan kantor untuk administrasi cabang olah raga” dengan nilai 3.
2. Jenis bangunan berdasarkan indeks B adalah “Bangunan dengan konstruksi beton bertulang atau rangka besi dengan atap bukan logam” dengan nilai 2.

3. Jenis bangunan berdasarkan indeks C adalah “Bangunan dengan tinggi sampai dengan 25 meter” dengan nilai 4
4. Jenis bangunan berdasarkan indeks D adalah berada di tanah datar pada semua ketinggian dengan nilai 0.
5. Hari guruh di Indonesia pertahun menurut BMG untuk daerah Kota bangkinang adalah 59,33 sehingga dapat di golongankan pada indeks E dengan nilai 6.

Perkiraan bahaya akibat sambaran petir dapat di hitung dengan menjumlahkan seluruh nilai dari indeks diatas sesuai dengan rumus, maka akan diperoleh nilai :

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

$$R = 3 + 2 + 5 + 0 + 6$$

$$R = 16$$

Analisa radius proteksi penangkal petir EF

Radius perlindungan yang di hasilkan disesuaikan dengan tabel 3.1. Penyalur petir eksternal yang terpasang memiliki tinggi maksimum 26 m , ini berarti radius proteksinya sebesar 115 m. Maka luas daerah perlindungan penangkal petir jenis EF dapat di hitung berdasarkan:

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

Dimana :

A_x = Luas Radius Proteksi

$$\pi = 3,14$$

r_u^2 = radius proteksi sesuai tabel

sedangkan ketinggian penangkal petir eksternal bangunan Gedung Olah raga Kota Bangkinang dari atap bangunan adalah 5 m , berdasarkan tabel maka radius proteksinya adalah sebesar 90 m, sehingga dapat di hitung luas daerah perlindungan dari penangkal petir jenis EF ini.

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

$$A_x = \pi \times 115^2$$

$$A_x = 3,14 \times 13225$$

$$A_x = 41.526,5 \text{ m}^2$$

Dengan sudut proteksi sebesar :

$$\alpha^\circ = \sin^{-1} [1 - h/r]$$

$$\alpha^\circ = \sin^{-1} [1 - 21/90]$$

$$= \sin^{-1} [1 - 0,233]$$

$$= \sin^{-1} [0,767]$$

$$= 50,08^\circ$$

jadi luas radius perlindungan = 41.526 m²

dengan sudut = 50,08°

Perhitungan Kemungkinan Terjadinya Sambaran Petir Pada Gedung Olah Raga Kota Bangkinang.

Gedung Olah Raga Kota ini terletak di Jl. Lingkar bangkinang dimana menurut peta IKL pulau Sumatra daerah tersebut mempunyai IKL sebesar 59,33 dan daerah tersebut terletak di

ketinggian ± 26 meter dari permukaan laut. Letak geografis kota bangkinang berada pada posisi 00° s/d 101° lintang selatan, ketinggian gedung adalah 21 meter.

Menurut Golde R.H Jarak sambaran petir (d), dalam gambar besarnya arus petir dan dimensi dari bangunan menentukan luas daerah yang menarik sambaran petir.

$$\begin{aligned} d &= 2 \cdot h \\ &= 2 \cdot 21 \\ &= 42 \text{ meter} \end{aligned}$$

Luasnya daerah yang menarik untuk tersambar petir (F dalam km^2) pada gedung tersebut dapat dihitung. Bila luas daerah yang menarik untuk tersambar petir (d) dari bangunan tersebut telah diketahui, kemudian dapat ditentukan (F).

$$\begin{aligned} F &= (d)^2 \\ &= (42)^2 \\ &= 1764 \text{ m}^2 \\ &= 0,001764 \text{ Km}^2 \end{aligned}$$

Untuk besarnya jumlah sambaran petir per hari per km^2 (N_E) besarnya dapat di tentukan:

$$\begin{aligned} N_E &= (0.1 + 0.35 \times \sin \lambda) (0.4 \pm 0.2) \\ N_E &= (0.1 + 0.35 \times \sin 101^{\circ}) (0.4 \pm 0.2) \\ &= (0.1 + 0.35 \times 0.98) (0.4 \pm 0.2) \\ &= (0.44) (0.4 \pm 0.2) \\ &= (0.176 \pm 0.088) \text{ sambaran petir / hari / km}^2. \end{aligned}$$

Besarnya kemungkinan bangunan tersebut tersambar petir/tahun adalah:

$$\begin{aligned} L &= 0,001764 \times 59,33 (0.176 \pm 0.088) \\ &= 0,104 (0.176 \pm 0.088) \\ &= (0,0184 \pm 0,009) \\ \frac{1}{L} &= \frac{1}{(0,0184 \pm 0,009)} \\ &= 54,34 \pm 111,11 \text{ tahun} = 54 \pm 111 \text{ tahun} \end{aligned}$$

Gedung Olah raga Kota bangkinang minimal akan tersambar petir satu kali dalam 111 tahun dan maksimal satu kali dalam 54 tahun.

$$\begin{aligned} \text{Tinggi bangunan} &= 21 \text{ meter} \\ \text{Tinggi pemasangan finial di atas atap} &= 5 \text{ meter} + \\ \text{Total ketinggian (H)} &= 26 \text{ meter} \end{aligned}$$

Sistem pentanahan yang dipakai adalah dengan elektroda batang yang ditanam tegak lurus pada permukaan tanah sampai didapat tahanan pentanahan sebesar kurang dari 5Ω . Dari hasil pengukuran dilapangan didapat untuk elektroda batang dari pipa besi dengan $\varnothing 1''$ yang ujungnya dipasang runcingan tembaga dengan panjang 2 meter dengan tahanan $1,2 \Omega$. Perletakkannya dari tepi

bangunan atau benda lain yang dikhawatirkan dapat rusak karena sambaran petir adalah :

$$\begin{aligned} D &= 03. R + \frac{h}{15.1} \\ &= 0,3 \times 1,2 + \frac{26}{15.1} \\ &= 2,96 \text{ meter} \end{aligned}$$

Analisa Kegagalan Penangkal Petir

Berdasarkan persamaan-persamaan yang telah diberikan sebelumnya, maka akan dihitung kegagalan proteksi berdasarkan data-data yang ada. Dengan memilih besaran arus minimum (dianjurkan 5 kA) dapat diketahui jarak sambaran yang terjadi dengan memakai persamaan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} r_s &= 9,41 \cdot I^{\frac{2}{3}} \\ r_s &= 9,41 \times 5^{\frac{2}{3}} \\ r_s &= 9,41 \times \sqrt[3]{25} \\ &= 9,41 \times 2,924 \\ &= 27,5 \text{ meter} \end{aligned}$$

Dengan di ketahuinya data-data bangunan maka, dapat diketahui dan dicari batas dari daerah proteksi atau radius perlindungan dengan parameter:

$$\begin{aligned} r_s &= \text{jarak sambaran (m)}, \\ X_a &= \text{Radius Perlindungan (m)} \\ H &= \text{ketinggian batas perlindungan (m).} \\ X_a &= \sqrt{2 \cdot H \cdot r_s - H^2} \\ &= \sqrt{2 \cdot 26 \cdot 27,5 - (26)^2} \\ &= \sqrt{1430 - 676} \\ &= \sqrt{754} \\ X_a &= 27,459 \text{ meter} \end{aligned}$$

Arus maksimum yang dapat menggagalkan proteksi di dapat :

$$\begin{aligned} I &= \left[\frac{X_a^2 + H^2}{18,8 H} \right]^{3/2} \cdot \text{kA} \\ &= \left[\frac{27,459^2 + 26^2}{18,8 \cdot 26} \right]^{3/2} \\ &= \left[\frac{753,996 + 676}{488,8} \right]^{3/2} \\ &= \left[\frac{1429,996}{488,8} \right]^{3/2} \\ &= (2,9255)^{3/2} \\ &= \sqrt{(2,9255)^3} \\ &= 26 \text{ meter} = \sqrt{25,038} \\ I &= 5,0038 \text{ kA} \end{aligned}$$

Dari harga arus maksimum ini dicari kemungkinan untuk mendapatkan serangan dengan besaran arus akan berkurang atau sama dengan sebuah penghasil kegagalan dengan parameter P_F dimana kemungkinan arus lebih kecil dari 1 kA, P_1 dimana kemungkinan melebihi arus dari 1 kA.

$$\begin{aligned}
P_I &= \frac{1}{1 + \left(\frac{I}{25}\right)^2} \\
&= \frac{1}{1 + \left(\frac{5,0038}{25}\right)^2} \\
&= \frac{1}{1 + (0,2001)^2} \\
&= \frac{1}{1 + 0,0400} \\
&= \frac{1}{1,04} \\
&= 0,9615 \\
P_{I\pi} &= (1 - P_I) \\
&= (1 - 0,9615) \\
&= 0,0385
\end{aligned}$$

Dari data yang telah ada, diketahui bahwa hari guruh pertahun (IKL) yang terjadi untuk daerah bangkinang adalah 59,33. Oleh karena itu kerapatan sambaran petir ditentukan dengan persamaan yang dianjurkan untuk di Indonesia adalah :

$$\begin{aligned}
N_g &= 0,15 \cdot \text{IKL} \\
&= 0,15 \cdot 59,33 \\
&= 8,9 \text{ sambaran tahun/km}^2
\end{aligned}$$

Penarikan sambaran pada permukaan didapat dengan dengan parameter,

a = ukuran lebar pada puncak bangunan (m),
b = ukuran panjang puncak bangunan (m),
h = ketinggian bangunan (m)

S = penarikan sambaran pada permukaan (m^2), sehingga :

$$\begin{aligned}
S &= a \cdot b + 4 \cdot h \cdot (a + b) + 4 \cdot h^2 \\
&= (47 \cdot 57) + 4 \cdot 21 \cdot (47 + 57) + 4 \cdot (21)^2 \\
&= 2679 + 8736 + 1764 \\
&= 13179 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

Sambaran yang diharap pertahun dapat dicari dengan parameter :

$$N_I = S \cdot N_g$$

$$\begin{aligned}
N_I &= 13179 \times 8,9 \times 10^{-6} \\
&= 0,117 \text{ sambaran – tahun}
\end{aligned}$$

N_I = sambaran yang diharapkan pertahun (sambaran-tahunan),

S = penarikan sambaran pada permukaan (m^2),

N_g = jumlah sambaran petir (sambaran-tahun/ km^2).

Maka sambaran yang terjadi $1/0,117 = 8,54$ tahun
Resiko kegagalan proteksi di hitung dengan parameter :

P_{fr} = resiko kegagalan perlindungan,

P_{IF} = kemungkinan arus lebih kecil dari 1 (kA)

N_L = sambaran yang diharapkan pertahun (sambaran- tahun).

$$\begin{aligned}
P_{fr} &= P_{IF} \cdot N_L \\
&= 0,0385 \cdot 0,117 \\
&= 0,0045
\end{aligned}$$

Sehingga kegagalan proteksi yang terjadi :

$$\begin{aligned}
&= 1/0,0045 \\
&= 222,2 \text{ tahun}
\end{aligned}$$

KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain :

1. Penangkal petir sistem EF yang terpasang di Gedung Olah Raga Kota bangkinang memiliki radius Proteksi 115 m dengan luas daerah perlindungan sebesar 45.216 m^2
2. Gedung Olah Raga Kota Bangkinang minimal akan tersambar petir satu kali dalam 111 tahun dan maksimal satu kali dalam 54 tahun.
3. Jumlah sambaran yang diharapkan adalah 0,117 sambaran atau satu kali sambaran dalam setiap 8,54 tahun
4. Resiko kegagalan perlindungan proteksi adalah 0,0045 atau terjadi satu kegagalan proteksi untuk setiap 222,2 tahun.

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat penyelidikan masalah bangunan Peraturan umum instalasi penyalur petir (PUIPP) untuk bangunan di indonesia (1983) hal. 17 cetakan pertama.
LPI Guardian, “proteksi penangkal petir”, 2015
Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)
Sirait, K.T dan Zorro (1987), *Proteksi Terhadap Tegangan Lebih Pada Sistem Tenaga Listrik*, Bandung : ITB
Tabrani, Aan (2009). *Sistem proteksi penangkal petir di gedung PT. Bhakti Wawasantara Net*, Jakarta: Universitas Mercu Buana.
Zoro, Reynaldo, “Pelatihan Sistem proteksi dan Sistem Grounding”, ITB, Bandung, 2008.