

Analisa Susunan Terminal Udara Sistem Proteksi Petir Menggunakan Metode EGM Eriksson Pada Bangunan PT. TELKOM Pekanbaru

Rizky Johari*,Edy Ervianto**,Firdaus**

*Alumni Teknik Elektro Universitas Riau**Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau

Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru Pekanbaru 28293

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Riau

Email : rizky.johari.rj@gmail.com

ABSTRACT

Pekanbaru city is a city located in an area that has a large enough lightning density level that is equal to 136 days per year with a density of lightning strikes to the ground (Ng) reached 19,5128 strikes/ km²/ year. So it can endanger the high buildings as being in PT. TELKOM Pekanbaru. PT. TELKOM Pekanbaru is the central distribution of data throughout the Riau Mainland telecommunication, where it needs a reliable protection system. The aim of this study is to introduce a new method introduced in the IEEE publication, IEEE 998TM-2012, on the lightning protection called EGM Eriksson method. This study uses a Eriksson EGM method to analyze the composition of the air terminal building PT. TELKOM Pekanbaru, which will then determine the area of protection of the external lightning protection system All of this analysis is described in three dimensions using Sketchup 2015 and showed good protection results.

Keywords : lightning protection, EGM, Eriksson

1. PENDAHULUAN

Propinsi Riau (Daratan) merupakan propinsi yang memiliki hari guruh rata-rata per tahun sebesar 136. Hal ini menunjukkan kerawanan petir yang tinggi. Kondisi ini menyebabkan keharusan bagi gedung-gedung bertingkat untuk memasang penangkal petir agar terhindar dari sambaran petir.

Pada umumnya petir akan menyambar gedung-gedung bertingkat dan gedung-gedung yang memiliki menara tinggi seperti yang berada di kawasan PT. TELKOM Pekanbaru untuk menyalurkan arusnya ke bumi untuk di netralkan. Hal ini sangat beresiko bagi gedung-gedung yang bertingkat, karena dapat menjadi objek sambaran petir. Gedung tersambar akan mengalami kerusakan fisik gedung, kebakaran, bahkan merusak peralatan-peralatan elektronik di dalamnya. Dampak yang diakibatkan dari gangguan sambaran petir ini akan semakin besar sesuai dengan tinggi dan luasnya sebuah gedung.

Saat ini terdapat metode proteksi yang belum pernah diperkenalkan Standar IEEE di

versi sebelumnya dalam upaya memproteksi sebuah gardu induk. Metode ini dikenal sebagai Model EGM Eriksson.

Berdasarkan hal tersebut penulis mencoba menggunakan Model EGM Eriksson untuk diterapkan pada bangunan, untuk struktur bangunannya penulis menggunakan bangunan-bangunan di PT. TELKOM Pekanbaru.

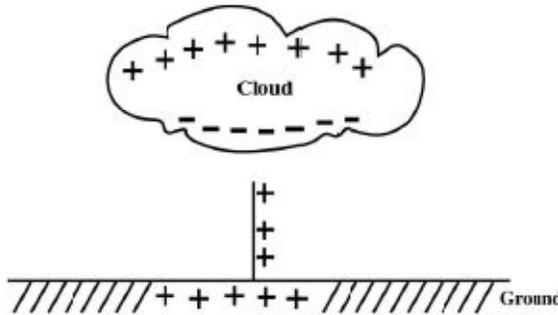
2. LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Petir

Petir merupakan pelepasan muatan secara mendadak yang terkumpul dalam awan rendah. Aliran muatan menciptakan gelombang arus selama beberapa puluh mikrosekond. Aliran ini biasanya merupakan aliran muatan negative meskipun pada sewaktu-waktu melibatkan aliran muatan positif juga.

Terjadinya kilatan petir dimulai dengan penumpukan muatan dalam sistem awan. Muatan ini biasanya membentuk jutaan volt dan biasanya bermuatan negatif. Meskipun mekanisme yang tepat dalam pemisahan muatan masih dalam perdebatan para pakar,

observasi menunjukkan bahwa partikel air di bagian atas awan yang bermuatan positif sedangkan partikel air di bagian bawah bermuatan negatif.



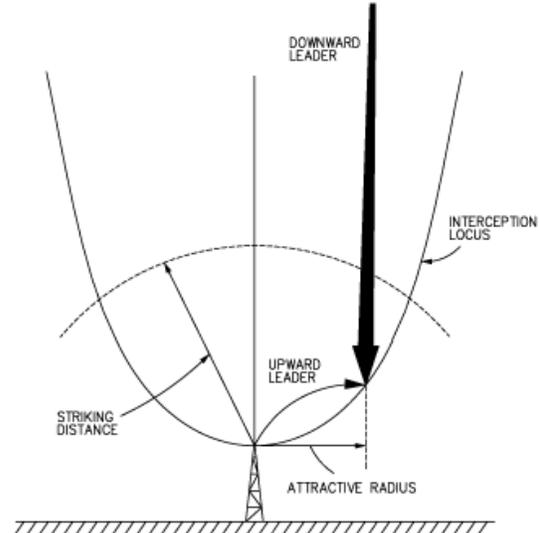
Gambar 2.1 Pemisahan muatan di awan dan induksi muatan dalam tanah (Mark Brown dkk, 2004)

2.2 Hari Guruh

Menurut definisi WMO (*World Meteorological Organization*), hari guruh adalah banyaknya hari dimana terdengar guntur paling sedikit satu kali dalam jarak kira-kira 15 KM dari stasiun pengamatan. Hari guruh biasa disebut juga hari badai guntur (*thunderstorm days*), *Isokeraunik Level* adalah jumlah hari guruh dalam satu tahun di suatu wilayah yaitu garis pada peta yang menghubungkan daerah-daerah dengan rata-rata jumlah hari guruh yang sama.

2.3 EGM Versi Eriksson

Eriksson menemukan bahwa penarikan petir oleh bangunan tidak hanya dipertimbangkan pada jarak sambar akan tetapi juga berhasilnya pertemuan *downward leader* dan *upward leader*. Proses pertemuan ini ditemukan bergantung pada ketinggian bangunan dan besar arus *downward leader*. EGM versi Eriksson merupakan model pengembangan dari penelitian mengenai proses terjadinya petir. Menggunakan model ini, Eriksson mendefinisikan jarak penangkapan petir sebagai jari-jari menarik, R_a . Konsep ini diilustrasikan seperti gambar 2.4.



Gambar 2.2 EGM Versi Eriksson (IEEE Std 998-2012, 2013)

Eriksson merumuskan untuk bagian bangunan runcing :

$$R_a = 0,84H_m^{0,6} I_s^{0,74} \quad (2.1)$$

Dimana:

R_a = jari-jari penarikan

I_s = arus petir

H_m = tinggi bangunan

Dan untuk bagian bangunan horizontal, jari-jari penarikan menjadi:

$$R_a = 0,67H_{SW}^{0,6} I_s^{0,74} \quad (2.2)$$

Dimana:

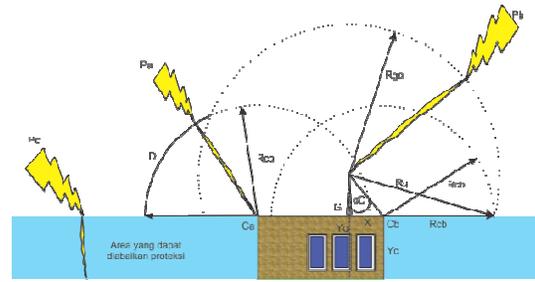
H_{SW} =ketinggian bagian bangunan horizontal terhadap tanah

Dengan menggunakan jari-jari penarikan, area penangkapan petir oleh bangunan dapat di hitung. Hal ini berguna untuk mengaplikasikan konsep sistem benda pesaing perlindungan yang dapat menarik sambaran petir. Selama area penangkapan proteksi melingkupi area penangkapan dari benda-benda pesaing, sebuah bangunan dapat dikatakan terproteksi dengan baik.

Analisa model yang dipresentasikan disini berdasarkan asumsi-asumsi sebagai berikut:

1. Intersepsi/terhubungnya *downward* dan *upward leader* dapat terjadi ketika *downward leader* mencapai attractive radius R_a bangunan.

2. *Attractive radius* dipengaruhi ketinggian bangunan dari permukaan bumi dan amplitudo arus sambar.
3. *Downward leader* yang tidak menyentuh *attractive radius* R_a bangunan akan menyambar tanah atau benda lain selain bangunan.
4. *Downward leader* yang mendekati bangunan bukan dari atas *attractive radius* R_a bangunan, melainkan dari sudut lain, akan berlanjut ke bumi.
5. Analisa EGM Eriksson ini bukan simulasi dari proses sambaran petir, melainkan analogi kemungkinan kegagalan *shielding*.



Gambar 2.3 Kegagalan *shielding* dan *shielding* sempurna

Tergantung pada arus sambar yang terjadi I, kegagalan *shielding* akan bagaimanapun muncul untuk busur D (sebagai fungsi arus sambar I), sampai terminal udara diposisikan sedemikian hingga busur D berkurang menjadi 0° . (sesuai arus maksimum yang menerobos *shielding* I_m).

2.4 *Shielding* Pada EGM Eriksson

Geometri dasar untuk "*Shielding* Sempurna" dan "*Shielding* Tidak Sempurna" ditunjukkan pada gambar 2.6.

2.4.1 Analisa *Shielding* Tidak Sempurna

Gambar 2.6 menggambarkan *attractive radius* R_g dan R_{ca} di sekitar terminal udara G setinggi Y_g dari permukaan tanah, dan bagian sudut bangunan yang diproteksi C_a setinggi Y_{ca} , *attractive radius* R_g dan R_{ca} meninggalkan selisih busur D, yang mana tercapainya *downward leader* menyentuh busur itu akan menghasilkan kegagalan *shielding* terhadap sudut bangunan C_a . Eriksson merumuskan busur D sebagai berikut:

$$\text{Busur D} = \frac{R_c}{57,3} \left[\alpha C + 90^\circ - \cos^{-1} \left(\frac{R_c^2 - R_g^2 + r^2}{2.R_c.r} \right) \right] \quad (2.3)$$

Dimana:

R_c = *attractive radius* tiang yang diproteksi

R_g = *attractive radius* terminal udara

αC = sudut *shielding* yang eksis

$$r = \frac{Y_g - Y_c}{\cos \alpha C} \quad (2.4)$$

Dengan Y_g dan Y_c adalah tinggi terminal udara dan bagian bangunan yang diproteksi.

2.4.2 Analisa *Shielding* Sempurna

Dalam rangka mendapatkan *shielding* sempurna, terminal udara seharusnya maksimal berlokasi horizontal sejauh X sesuai:

$$X = [R_g^2 - (Y_g - Y_c)^2]^{1/2} - R_c \quad (2.5)$$

Sudut *shielding* dapat dicari sebagai berikut :

$$\alpha C = \tan^{-1} \left(\frac{X}{Y_g - Y_c} \right) \quad (2.6)$$

Sudut *shielding* yang disarankan Eriksson untuk bangunan yang dikelilingi bangunan dengan ketinggian yang sama atau lebih tinggi adalah kurang dari atau sama dengan 60° . Sedangkan bagi bangunan yang lebih tinggi dari bangunan-bangunan sekitarnya disarankan kurang dari atau sama dengan 45° .

Metode yang dibuat Eriksson ini menggunakan asumsi bahwa area yang dibawah ketinggian bagian bangunan yang dilindungi diabaikan dalam analisa proteksi karena dianggap petir yang mengalir kesana tidak akan menyambar bagian bangunan.

2.5 Analisa *Shielding* Pada Bangun Kubus

Bangun kubus apabila kita melihat pada sisi atas memiliki empat sudut dan empat tepian. Empat sudut masing-masing harus terlindungi proteksi oleh terminal udara di sekitar sudut T_s dengan jarak dari dua sisi tepian sebesar Y . Empat tepian juga harus terproteksi kawat proteksi T_t pada jarak Z dari sudut bangun. Tapi hal ini tidak diperlukan apabila *attractive radius* tepian R_{ct} tertutupi *attractive radius* sudut R_{cs} seperti gambar 2.9. Masing-masing *attractive radius* tepian ter-*shielding* oleh *attractive radius* kawat penghantar R_{gt} dan Masing-masing *attractive radius* sudut ter-*shielding* oleh *attractive radius* terminal udara di sekitar sudut R_{gs} .

Nilai Z dapat dicari dari:

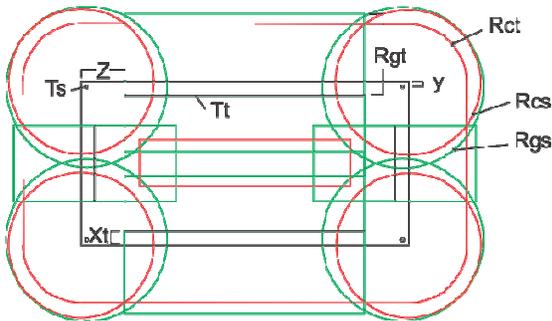
$$Z = \sqrt{R_{cs}^2 - R_{ct}^2} \quad (2.7)$$

Dan nilai Y dapat dicari sebagai berikut:

$$Y = \sqrt{\frac{X_s^2}{2}} \quad (2.8)$$

Dimana:

X_s = jarak terjauh terminal udara terhadap bagian bangunan yang diproteksi pada ketinggian terminal udara tertentu



Gambar 2.4 *Shielding* bangun kubus dengan empat kawat proteksi

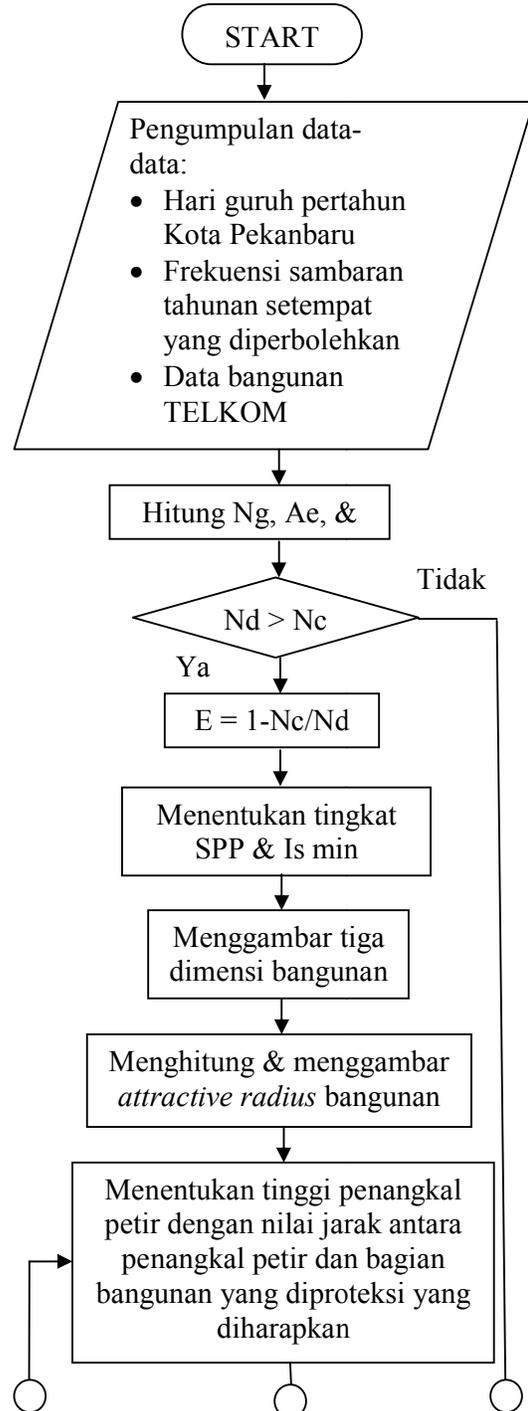
3. METODE PENELITIAN

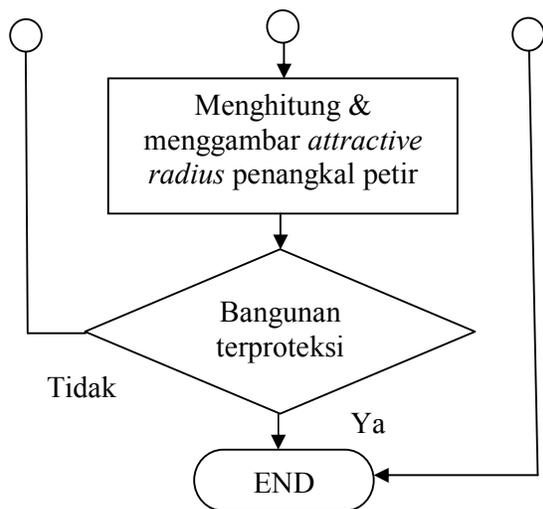
3.1 Waktu dan tempat Pelaksanaan

Penelitian ini dilaksanakan di PT. TELKOM Pekanbaru dari Desember 2014 hingga Januari 2015.

3.2 Rancangan Penelitian

Dibawah ini adalah gambaran rancangan penelitian yang akan dilakukan untuk kajian perancangan sistem penangkal petir eksternal pada gedung PT. TELKOM Pekanbaru.





Gambar 3.1 Skema Penelitian Susunan Terminal Udara

3.3 Presentasi Data

Untuk menganalisa dan menghitung sistem penangkal petir eksternal pada gedung PT. TELKOM Pekanbaru, diperlukan data-data pendukung. Adapun data-data untuk penelitian ini adalah:

Tabel 3.1 Data Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika 2013

Besaran / Parameter	Nilai
Data IKL (hari guruh rata-rata pertahun) (hari) (fg)	136
Curah hujan rata-rata pertahun (mm/th)	3073.8
Tinggi awan terendah (m) (Ha)	304.8
Frekuensi sambaran petir tahunan setempat yang diperbolehkan (sambaran/ tahun)	10^{-1}

Sumber: BMKG Pekanbaru

Tabel 3.2 Data karakteristik atap dan tinggi Gedung *Power supply* dan CME

Karakteristik Bangunan	<i>Power Supply</i>	CME
Tinggi Bangunan (h) meter	3,1	9
Panjang Bangunan (a) meter	38	22,5
Lebar Bangunan (b) meter	10,7	16

Tabel 3.3 Data karakteristik atap dan tinggi gedung Transmisi dan Mesjid

Karakteristik Bangunan	Transmisi	Mesjid
Tinggi Bangunan (h) meter	7,1	5,2
Panjang Bangunan (a) meter	34,7	8,2
Lebar Bangunan (b) meter	24	7,9

Tabel 3.4 Data karakteristik atap dan tinggi gedung Pelayanan TELKOM baru dan TELKOM lama

Karakteristik Bangunan	Pelayanan baru	Pelayanan Lama
Tinggi Bangunan (h) meter	52,1	11,4
Panjang Bangunan (a) meter	42	27,1
Lebar Bangunan (b) meter	41	10

Tabel 3.5 Data karakteristik atap dan tinggi gedung Pemasaran dan Gudang

Karakteristik Bangunan	Pemasaran	Gudang
Tinggi Bangunan (h) meter	7	5
Panjang Bangunan (a) meter	23	12,4
Lebar Bangunan (b) meter	9,6	6,4

Tabel 3.6 Data karakteristik atap dan tinggi gedung Pos Keamanan dan Menara

Karakteristik Bangunan	Pos Keamanan	Menara
Tinggi Bangunan (h) meter	4	100
Panjang Bangunan (a) meter	7,6	4
Lebar Bangunan (b) meter	5,8	4

3.4 Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh akan diolah dan dianalisis. Langkah-langkah perencanaan instalasi penangkal petir yang dilakukan adalah:

- Menghitung kerapatan sambaran petir ketanah rata-rata tahunan (N_g)

$$N_g = 0,04 \times T_d^{1,26} \text{ sambaran/ km}^2/\text{ tahun} \quad (3.1)$$
- Menghitung area cakupan ekivalen bangunan

$$A_e = ab + 6h(a+b) + 9\pi h^2 \quad (3.2)$$
- Menghitung frekuensi sambaran petir langsung (N_d) yang diperkirakan pada bangunan

$$N_d = N_g \times A_e \times 10^{-6} / \text{tahun} \quad (3.3)$$

- Membandingkan N_d yang didapat terhadap N_c yang diberikan oleh BMKG setempat. Proteksi dibutuhkan ketika $N_d > N_c$.
- Menentukan efisiensi SPP (Sistem Proteksi Petir) lalu menentukan tingkat proteksi apabila kriteria bangunan yang memerlukan proteksi terpenuhi.

$$E = 1 - \frac{N_c}{N_d} \quad (3.4)$$
- Menentukan arus petir minimum berdasarkan tingkat proteksi yang ditentukan oleh efisiensi SPP.

Tabel 3.7 Menemukan arus puncak minimum dengan menggunakan efisiensi SPP

Tingkat Proteksi	Effisiensi SPP	Arus Puncak Minimum (kA)
I	0.98	3
II	0.95	5
III	0.90	10
IV	0.80	16

- Menentukan jari-jari penarikan bangunan Bila berbentuk sudut gunakan persamaan :

$$R_{as} = 0,84H_s^{0,6} I_s^{0,74} \quad (3.5)$$
 Dimana:
 R_{as} = jari-jari penarikan sudut bangunan
 I_s = arus puncak minimum petir
 H_s = ketinggian sudut bangunan
 Bila berbentuk tepi bangunan gunakan persamaan :

$$R_{at} = 0,67H_t^{0,6} I_s^{0,74} \quad (3.6)$$
 Dimana:
 R_{at} = jari-jari penarikan tepi bangunan
 H_t =ketinggian tepi bangunan terhadap tanah
- Menentukan tinggi dan susunan proteksi dengan berdasarkan persamaan berikut: Untuk menentukan jari-jari penarikan proteksi petir memiliki persamaan berikut: Bila menggunakan terminal udara

$$R_{atp} = 0,84H_{tp}^{0,6} I_s^{0,74} \quad (3.7)$$
 Dimana:
 R_{atp} = jari-jari penarikan terminal udara proteksi petir

H_{tp} = ketinggian terminal udara proteksi dari permukaan tanah

Bila menggunakan kawat proteksi petir

$$R_{akp} = 0,67H_{kp}^{0,6} I_s^{0,74} \quad (3.8)$$

R_{akp} = jari-jari penarikan kawat proteksi petir

H_{kp} = ketinggian kawat proteksi dari permukaan tanah

Jarak maksimum bagian bangunan yang diproteksi dengan terminal udara menggunakan persamaan :

$$X = \left[R_{atp}^2 - (H_{tp} - H_s)^2 \right]^{1/2} - R_{as} \quad (3.9)$$

Sudut *shielding* dapat dicari sebagai berikut :

$$\alpha C = \tan^{-1} \left(\frac{X}{Yg - Yc} \right) \quad (3.10)$$

Dengan ketentuan untuk bangunan yang dikelilingi bangunan dengan ketinggian yang sama atau lebih tinggi adalah kurang dari atau sama dengan 60° . Sedangkan bagi bangunan yang lebih tinggi dari bangunan-bangunan sekitarnya disarankan kurang dari atau sama dengan 45° .

4. ANALISA DAN HASIL

4.1 Penentuan Kebutuhan Sistem Proteksi Petir

Berdasarkan IEC 6235 dengan menggunakan data bangunan PT.TELKOM Pekanbaru dan BMKG, bangunan yang memiliki frekuensi sambaran petir langsung yang melebihi frekuensi sambaran setempat yang diperbolehkan ($N_d > N_c$) adalah menara, Gedung Pelayanan Baru, dan Gedung Pelayanan Lama. Untuk menara dan Gedung Pelayanan Baru berdasarkan tingkat proteksi I menggunakan arus sambaran minimum 3kA. Sedangkan pada Gedung Pelayanan Lama dengan tingkat proteksi IV menggunakan arus sambaran minimum 16kA.

4.2 *Attractive Radius* Bangunan

4.2.1 *Attractive Radius* Menara TELKOM

Tingkat proteksi menara TELKOM berada pada tingkat I, dimana arus puncak minimal petir menyambar 3 kA sehingga besar

attractive radius menara terhadap petir pada sudut bangunan adalah:

$$R_{as} = 0,84H_s^{0,6} I_s^{0,74}$$

$$R_{as} = 0,84 \times 100^{0,6} \times 3^{0,74}$$

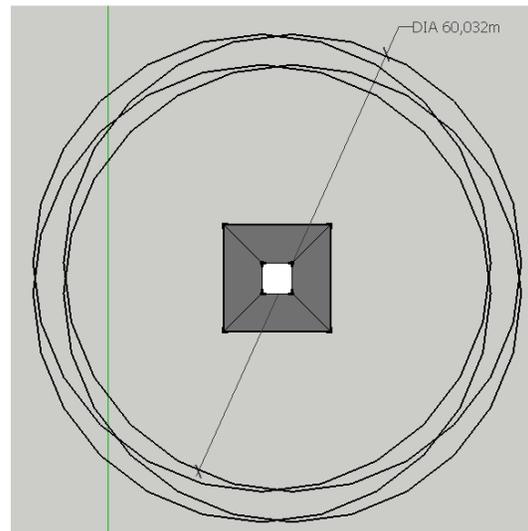
$$R_{as} = 30,0157 \text{ m}$$

Sedangkan *attractive radius* menara pada bagian tepi adalah:

$$R_{at} = 0,67H_t^{0,6} I_s^{0,74}$$

$$R_{at} = 0,67 \times 100^{0,6} \times 3^{0,74}$$

$$R_{at} = 23,941 \text{ m}$$



Gambar 4.1 *Attractive radius* menara tampak atas secara dua dimensi

4.2.2 *Attractive Radius* Gedung Pelayanan Baru

Tingkat proteksi Gedung Pelayanan Baru berada pada tingkat I, dimana arus puncak minimal petir menyambar 3 kA sehingga besar *attractive radius* Gedung Pelayanan Baru terhadap petir pada sudut hiasan bangunan adalah:

$$R_{at} = 0,67H_t^{0,6} I_s^{0,74}$$

$$R_{at} = 0,67 \times 52,15^{0,6} \times 3^{0,74}$$

$$R_{at} = 16,199 \text{ m}$$

Sedangkan *attractive radius* Gedung Pelayanan Baru pada bagian tepi hiasan adalah:

$$R_{at} = 0,67H_t^{0,6} I_s^{0,74}$$

$$R_{at} = 0,67 \times 52,15^{0,6} \times 3^{0,74}$$

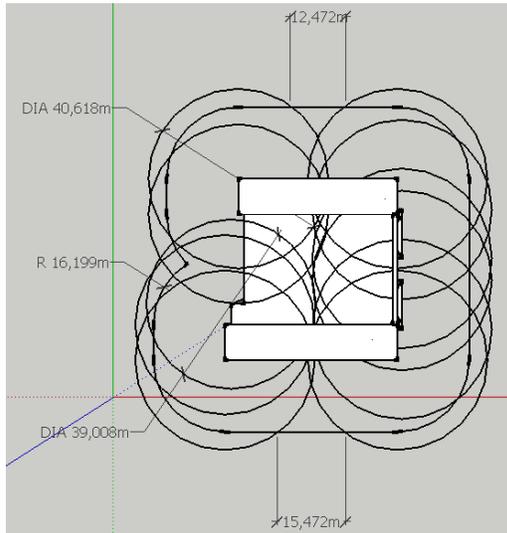
$$R_{at} = 16,199 \text{ m}$$

Besar *attractive radius* Gedung Pelayanan Baru terhadap petir pada sudut atap bangunan adalah:

$$R_{as} = 0,84H_s^{0,6} I_s^{0,74}$$

$$R_{as} = 0,84 \times 48,75^{0,6} \times 3^{0,74}$$

$$R_{as} = 19,504m$$



Gambar 4.2 *Attractive radius* Gedung Pelayanan Baru tampak atas secara dua dimensi

4.2.3 *Attractive Radius* Gedung Pelayanan Lama

Tingkat proteksi Gedung Pelayanan Lama TELKOM berada pada tingkat IV, dimana arus puncak minimal petir menyambar 16 kA sehingga besar *attractive radius* Gedung Pelayanan Lama terhadap petir pada bagian sudut yang hiasan adalah:

$$R_a = 0,84H_m^{0,6} I_s^{0,74}$$

$$R_a = 0,84 \times 13,7^{0,6} \times 16^{0,74}$$

$$R_a = 31,431 m$$

Besar *attractive radius* Gedung Pelayanan Lama terhadap petir pada bagian sudut atap adalah:

$$R_a = 0,84H_m^{0,6} I_s^{0,74}$$

$$R_a = 0,84 \times 9,7^{0,6} \times 16^{0,74}$$

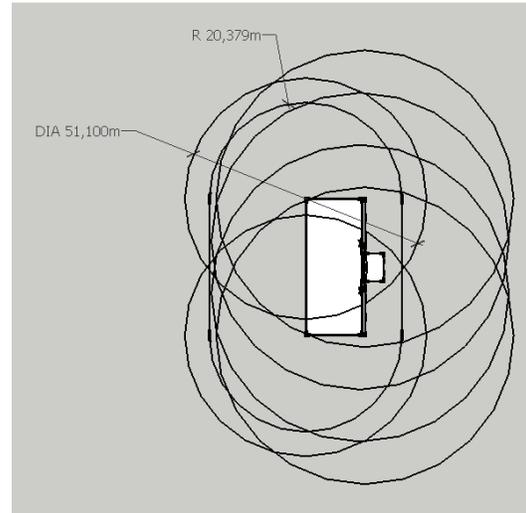
$$R_a = 25,55 m$$

Sedangkan *attractive radius* Gedung Pelayanan Lama pada bagian tepi atap adalah:

$$R_{at} = 0,67H_t^{0,6} I_s^{0,74}$$

$$R_{at} = 0,67 \times 9,7^{0,6} \times 16^{0,74}$$

$$R_{at} = 20,379 m$$



Gambar 4.3 *Attractive radius* Gedung Pelayanan Lama tampak atas secara dua dimensi

4.3 Jarak Maksimum Terminal Udara Terhadap Bagian Bangunan yang Diproteksi

Untuk menemukan jarak maksimum terminal udara terhadap bagian bangunan yang diproteksi dapat dilakukan dengan cara menemukan titik maksimum dari fungsi persamaan 3.9 dengan selisih tinggi terminal udara terpasang terhadap bangunan sebagai nilai yang diubah-ubah dengan kata lain $s = H_{tp} - H_s$.

Dengan kata lain persamaan 3.5 dan 3.7 dimasukkan ke persamaan 3.9 menjadi :

$$X = \left[\left(0,84H_{tp}^{0,6} I_s^{0,74} \right)^2 - \left(H_{tp} - H_s \right)^2 \right]^{1/2} - 0,84H_s^{0,6} I_s^{0,74}$$

Kemudian ubah dengan memasukkan $s = H_{tp} - H_s$ dan $H_{tp} = s + H_s$:

$$X = \left[\left(0,84(H_s + s)^{0,6} I_s^{0,74} \right)^2 - (s)^2 \right]^{1/2} - 0,84H_s^{0,6} I_s^{0,74} \quad (4.1)$$

Dengan persamaan diatas, masukkan nilai H_s dan I_s untuk masing-masing bangunan:

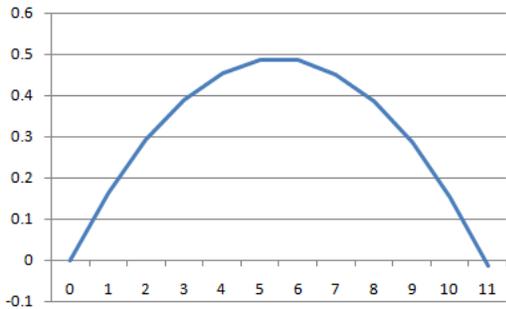
4.3.1 Jarak Maksimum Menara

TELKOM

Masukkan nilai H_s dan I_s :

$$X = [(0,84(100 + s)^{0,6} 3^{0,74})^2 - (s)^2]^{1/2} - 0,84(100)^{0,6} 3^{0,74}$$

Dengan menggambarkan persamaan di atas dalam bentuk grafik didapatkan hasil sebagai berikut :



Gambar 4.4 Grafik dari persamaan jarak antara terminal udara terhadap bagian Menara yang diproteksi

Dengan menggunakan grafik sebagai pendekatan di dapat nilai $s = 5,463\text{m}$ dan nilai jarak maksimum X untuk menara sebagai berikut:

$$0,488 = [(0,84(100 + 5,463)^{0,6} 3^{0,74})^2 - (5,463)^2]^{1/2} - 0,84(100)^{0,6} 3^{0,74}$$

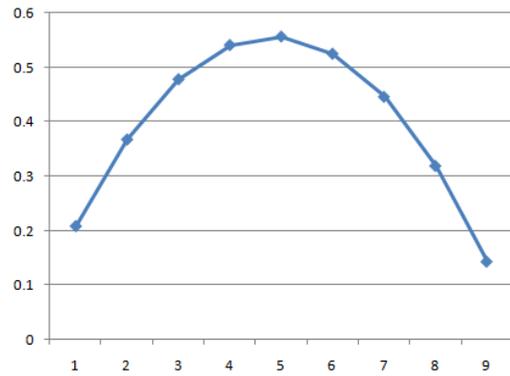
Jadi, selisih tinggi tiang dari tanah terhadap tinggi bangunan maksimal adalah $5,463\text{m}$ dan jarak terjauh antara tiang proteksi dengan bagian bangunan yang diproteksi adalah $0,488\text{ m}$.

4.3.2 Jarak Maksimum Gedung Pelayanan Baru

Untuk bagian hiasan bangunan, masukkan nilai H_s dan I_s :

$$X = [(0,84(52,15 + s)^{0,6} 3^{0,74})^2 - (s)^2]^{1/2} - 0,84(52,15)^{0,6} 3^{0,74}$$

Dengan menggambarkan persamaan di atas dalam bentuk grafik didapatkan hasil sebagai berikut :



Gambar 4.5 Grafik dari persamaan jarak antara terminal udara terhadap bagian hiasan Gedung Pelayanan Baru yang diproteksi

Dengan menggunakan grafik sebagai pendekatan di dapat nilai $s = 4,831\text{m}$ dan nilai jarak maksimum X untuk Gedung Pelayanan Baru sebagai berikut:

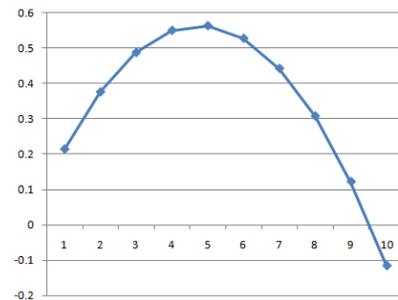
$$0,557 = [(0,84(52,15 + 4,831)^{0,6} 3^{0,74})^2 - (4,831)^2]^{1/2} - 0,84(52,15)^{0,6} 3^{0,74}$$

Jadi, selisih tinggi tiang dari tanah terhadap tinggi bangunan maksimal adalah $4,831\text{m}$ dan jarak terjauh antara tiang proteksi dengan bagian bangunan yang diproteksi adalah $0,557\text{ m}$.

Untuk bagian atap bangunan, masukkan nilai H_s dan I_s :

$$X = [(0,84(48,75 + s)^{0,6} 3^{0,74})^2 - (s)^2]^{1/2} - 0,84(48,75)^{0,6} 3^{0,74}$$

Dengan menggambarkan persamaan di atas dalam bentuk grafik didapatkan hasil sebagai berikut :



Gambar 4.6 Grafik dari persamaan jarak antara terminal udara terhadap bagian atap Gedung Pelayanan Baru yang diproteksi

Dengan menggunakan grafik sebagai pendekatan di dapat nilai $s = 4,77\text{m}$ dan nilai jarak maksimum X untuk Gedung Pelayanan Baru sebagai berikut:

$$0,565 = [(0,84(48,75 + 4,77)^{0,6} 3^{0,74})^2 - 4,77^2]^{1/2} - 0,84(48,75)^{0,6} 3^{0,74}$$

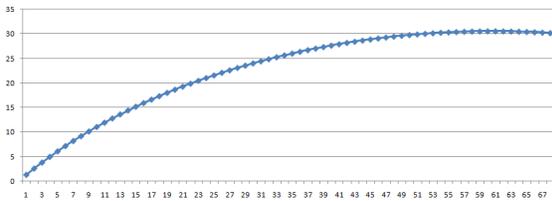
Jadi, selisih tinggi tiang dari tanah terhadap tinggi bangunan maksimal adalah $4,77\text{m}$ dan jarak terjauh antara tiang proteksi dengan bagian bangunan yang diproteksi adalah $0,565\text{ m}$.

4.3.3 Jarak Maksimum Gedung Pelayanan Lama

Untuk bagian hiasannya, masukkan nilai H_s dan I_s :

$$X = [(0,84(13,7 + s)^{0,6} 16^{0,74})^2 - (s)^2]^{1/2} - 0,84(13,7)^{0,6} 16^{0,74}$$

Dengan menggambarkan persamaan di atas dalam bentuk grafik didapatkan hasil sebagai berikut :



Gambar 4.7 Grafik dari persamaan jarak antara terminal udara terhadap bagian hiasan Gedung Pelayanan Lama yang diproteksi

Dengan menggunakan grafik sebagai pendekatan di dapat nilai $s = 60,689\text{m}$ dan nilai jarak maksimum X untuk Gedung Pelayanan Lama sebagai berikut:

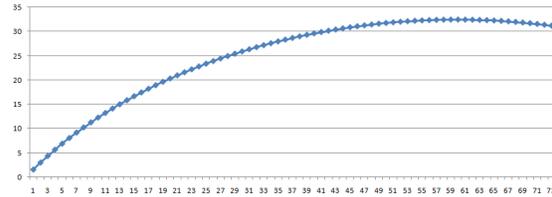
$$30,546 = [(0,84(13,7 + 60,689)^{0,6} 16^{0,74})^2 - (60,689)^2]^{1/2} - 0,84(13,7)^{0,6} 16^{0,74}$$

Jadi, selisih tinggi tiang dari tanah terhadap tinggi bangunan maksimal adalah $60,689\text{ m}$ dan jarak terjauh antara tiang proteksi dengan bagian bangunan yang diproteksi adalah $30,546\text{ m}$.

Untuk bagian atapnya, masukkan nilai H_s dan I_s :

$$X = [(0,84(9,7 + s)^{0,6} 16^{0,74})^2 - (s)^2]^{1/2} - 0,84(9,7)^{0,6} 16^{0,74}$$

Dengan menggambarkan persamaan di atas dalam bentuk grafik didapatkan hasil sebagai berikut :



Gambar 4.8 Grafik dari persamaan jarak antara terminal udara terhadap bagian atap Gedung Pelayanan Lama yang diproteksi

Dengan menggunakan grafik sebagai pendekatan di dapat nilai $s = 59,884\text{ m}$ dan nilai jarak maksimum X untuk Gedung Pelayanan Lama sebagai berikut:

$$32,405 = [(0,84(9,7 + 59,884)^{0,6} 16^{0,74})^2 - (59,884)^2]^{1/2} - 0,84(9,7)^{0,6} 16^{0,74}$$

Jadi, selisih tinggi tiang dari tanah terhadap tinggi bangunan maksimal adalah $59,884\text{ m}$ dan jarak terjauh antara tiang proteksi dengan bagian bangunan yang diproteksi adalah $32,405\text{ m}$.

4.4 Analisa Susunan Terminal Udara Bangunan PT. TELKOM Pekanbaru Menggunakan Model EGM Eriksson

Berdasarkan perhitungan kebutuhan SPP dengan menggunakan standar IEC 62305 diatas dapat kita simpulkan bahwa bangunan yang membutuhkan proteksi adalah Menara TELKOM, Gedung Pelayanan Lama, dan Gedung Pelayanan baru.

Dan juga kita sudah mendapatkan *Attractive Radius* masing-masing bangunan yang akan diproteksi dan selisih tinggi tiang proteksi dari permukaan tanah terhadap bangunan maksimal beserta jarak terjauh bagian bangunan yang diproteksi terhadap terminal udara. Selisih tinggi maupun jarak ini dapat kita sesuaikan dengan keadaan

bangunan, keindahan, dan permintaan pengguna.

4.4.1 Analisa Susunan Terminal Udara Menara TELKOM

Jarak terjauh antara terminal udara dengan bagian bangunan yang diproteksi adalah 0,488 m. Sedangkan Menara PT. TELKOM Pekanbaru memiliki panjang dan lebar 4×4 m berbentuk persegi pada bagian atasnya. Hal ini menyebabkan kombinasi jumlah terminal udara paling sedikit yang dapat terpasang pada menara adalah 4 buah. Dengan sudut yang hanya 4 buah maka jelaslah terminal udara dipasang sejauh maksimal 0,488 m dari sudut-sudut ini. Akan tetapi pemberian jarak dari sudut menara ini tidak perlu karena tidak begitu mempengaruhi estetika. Hal ini disebabkan bentuk menara dari susunan rangka logam tanpa dinding.

Untuk ketinggian terminal udara dapat diatur di atas 0 m dan di bawah atau sama dengan 5,464 m untuk pemasangan tepat di sudut-sudut menara. Berikut bila selisih tinggi terminal udara terhadap tanah dan bangunan 0,5 m.

$$R_{atp} = 0,84H_{tp}^{0,6} I_s^{0,74}$$

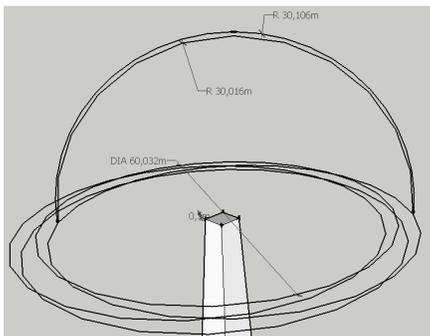
Dimana :

$$H_{tp} = 100 + 0,5 = 100,5 \text{ m}$$

$$R_{atp} = 0,84(100,5)^{0,6} 3^{0,74}$$

$$R_{atp} = 30,106 \text{ m}$$

Sudut *shielding* yang terbentuk adalah 0°. Sudut *shielding* yang dihasilkan kurang dari 45°, oleh karena itu sudut *shielding* bangunan ini sudah sesuai dengan saran Eriksson.



Gambar 4.9 Area *attractive radius* susunan terminal udara melingkupi sempurna *attractive radius* menara secara dua dimensi tampak isometrik

4.4.2 Analisa Susunan Terminal Udara Gedung Pelayanan Baru

Selisih tinggi tiang dari tanah terhadap tinggi gedung maksimal adalah 4,831 m. Jarak terjauh antara terminal udara dengan bagian bangunan yang diproteksi adalah 0,5m. Dengan bagian atap memiliki bentuk hiasan dengan panjang dan lebar 42×8m dan 39×8m.

Terminal udara sebaiknya tidak dipasang tepat di tepi bangunan agar tidak begitu mencolok dan mengurangi estetika bangunan. Untuk menentukan jarak, gunakan persamaan 4.1, dalam penelitian ini penulis menggunakan 0,14 m untuk jarak terminal udara terhadap tepi bangunan agar mengurangi jumlah terminal udara pada bangunan. Jarak ini terpenuhi saat X_s sama dengan atau melebihi :

$$X_s = \sqrt{2 \times 0,14^2}$$

$$X_s = 0,198$$

Terminal udara 1m memnuhi keriteria ini:

$$X = [((0,84(52,15 + 1)^{0,6} 3^{0,74})^2 - (1)^2)^{1/2} - 0,84(52,15)^{0,6} 3^{0,74}$$

$$X = 0,208 \text{ m}$$

Sedangkan besar *attractive radius* terminal udara pada hiasan Gedung Pelayanan Baru :

$$R_{atp} = 0,84H_{tp}^{0,6} I_s^{0,74}$$

Dimana :

$$H_{tp} = 52,15 + 1 = 53,15 \text{ m}$$

Maka:

$$R_{atp} = 0,84(53,15)^{0,6} 3^{0,74}$$

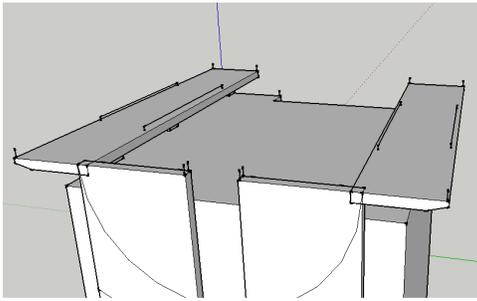
$$R_{atp} = 20,542 \text{ m}$$

Sudut *shielding* yang terbentuk adalah :

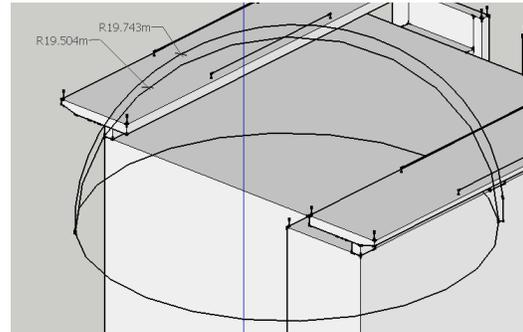
$$\alpha C = \tan^{-1} \left(\frac{0,198}{53,15 - 52,15} \right)$$

$$\alpha C = 11,199^\circ$$

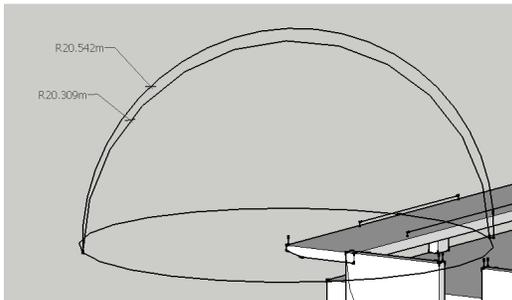
Sudut *shielding* yang dihasilkan kurang dari 45°, oleh karena itu sudut *shielding* susunan terminal udara ini sudah sesuai dengan saran Eriksson.



Gambar 4.10 Susunan terminal udara pada Gedung Pelayanan Baru



Gambar 4.12 Area *attractive radius* susunan terminal udara untuk sudut atap melingkupi sempurna *attractive radius* Gedung Pelayanan Baru secara dua dimensi tampak isometrik



Gambar 4.11 Area *attractive radius* susunan terminal udara untuk sudut hiasan melingkupi sempurna *attractive radius* Gedung Pelayanan Baru secara dua dimensi tampak isometrik

Untuk sudut atap Gedung Pelayanan Baru sebaiknya menyamakan tinggi dan jarak terminal udara dengan sudut bangunan yang sama karena hanya satu yang diperlukan. Besar *attractive radius* terminal udara pada atap Gedung Pelayanan Baru :

$$R_{atp} = 0,84 H_{tp}^{0,6} I_s^{0,74}$$

Dimana :

$$H_{tp} = 48,75 + 1 = 49,75 \text{ m}$$

Maka:

$$R_{atp} = 0,84(49,75)^{0,6} 3^{0,74}$$

$$R_{atp} = 19,744 \text{ m}$$

Sudut *shielding* yang terbentuk adalah :

$$\alpha C = \tan^{-1} \left(\frac{0,198}{49,75 - 48,75} \right)$$

$$\alpha C = 11,199^\circ$$

Sudut *shielding* yang dihasilkan kurang dari 45° , oleh karena itu sudut *shielding* susunan terminal udara ini sudah sesuai dengan saran Eriksson.

Untuk tepi hiasan Gedung Pelayanan Baru sebaiknya menggunakan kawat proteksi. Kawat proteksi pada bangunan akan sangat mengganggu estetika bangunan sehingga sebaiknya tingginya sangat rendah. Pada penelitian ini penulis menggunakan tinggi 0,6m. Besar *attractive radius* terminal udara pada tepi hiasan Gedung Pelayanan Baru :

$$R_{atp} = 0,67 H_{tp}^{0,6} I_s^{0,74}$$

Dimana :

$$H_{tp} = 52,15 + 0,6 = 52,75 \text{ m}$$

Maka:

$$R_{atp} = 0,67(52,75)^{0,6} 3^{0,74}$$

$$R_{atp} = 16,311 \text{ m}$$

Dengan jarak kawat proteksi terhadap tepi bangunan:

$$X = [(0,67(52,15 + 0,6)^{0,6} 3^{0,74})^2 - (0,6)^2]^{1/2} - 0,67(52,15)^{0,6} 3^{0,74}$$

$$X = 0,101 \text{ m}$$

Sudut *shielding* yang terbentuk adalah :

$$\alpha C = \tan^{-1} \left(\frac{0,101}{52,75 - 52,15} \right)$$

$$\alpha C = 9,512^\circ$$

Jarak tepi bangunan yang perlu diproteksi dari sudut bangunan dapat dicari dengan persamaan 2.7:

$$Z = \sqrt{Rcs^2 - Rct^2}$$

$$Z = \sqrt{20,31^2 - 16,199^2}$$

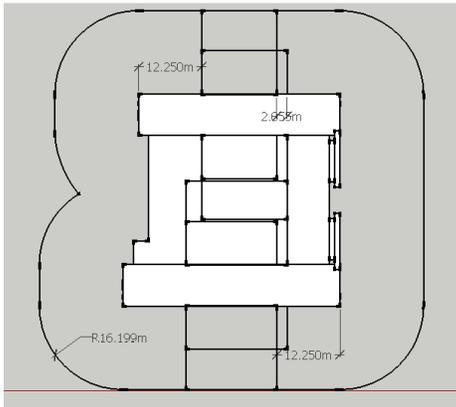
$$Z = 12,249 \text{ m}$$

Untuk bagian dalam proteksi tepi perlu dikurangi jarak Z bagian depan karena ketika setelah dibuat gambar tiga dimensinya menunjukkan ada bagian yang tidak terproteksi yang tidak dapat dilihat dalam dua dimensi, sebesar:

$$Zk = (Rcs - Rct) / 2$$

$$Zk = (20,31 - 16,199) / 2$$

$$Zk = 2,055m$$



Gambar 4.13 Area *attractive radius* susunan terminal udara untuk tepi hiasan melingkupi *attractive radius* Gedung Pelayanan Baru yang tidak terlindungi *attractive radius* sudut hiasan bangunan secara dua dimensi tampak atas

4.4.3 Analisa Susunan Terminal Udara Gedung Pelayanan Lama

Gedung Pelayanan Lama memiliki bagian atap dengan hiasan papan vertikal berbentuk segitiga 2 buah dan lengkungan sehingga memiliki 4 sudut pada hiasan untuk dilindungi dan 2 pada bagian atap gedung selain hiasan.

Selisih tinggi tiang dari tanah terhadap tinggi gedung maksimal adalah 60,689 m. Jarak terjauh antara terminal udara dengan bagian bangunan yang diproteksi adalah 30,546 m.

Untuk bagian yang memiliki hiasan, sebaiknya menggunakan terminal udara dengan tinggi tertentu sehingga jarak antara terminal udara dengan bagian sudut hiasan yang dilindungi X sejauh 0,5m atau lebih.

Karena hiasan pada bangunan ini memiliki ketebalan 0,5m dan semakin jauh semakin tidak menarik perhatian sebuah terminal udara semakin baik. Dalam hal ini 0,4m cukup untuk memenuhi ketentuan ini.

$$X = [(0,84(13,7 + 0,4)^{0,6} 16^{0,74})^2 - (0,4)^2]^{1/2} - 0,84(13,7)^{0,6} 16^{0,74}$$

$$X = 0,545 m$$

Besar *attractive radius* untuk masing-masing terminal udara pada sudut-sudut hiasan Gedung Pelayanan Lama :

$$R_{atp} = 0,84H_{tp}^{0,6} I_s^{0,74}$$

Dimana :

$$H_{tp} = 13,7 + 0,4 = 14,1 m$$

Maka:

$$R_{atp} = 0,84(14,1)^{0,6} 16^{0,74}$$

$$R_{atp} = 31,978 m$$

Sudut *shielding* yang terbentuk adalah :

$$\alpha C = \tan^{-1} \left(\frac{0,5}{14,1 - 13,7} \right)$$

$$\alpha C = 51,34^\circ$$

Sudut *shielding* yang dihasilkan kurang dari 60° , oleh karena itu sudut *shielding* susunan terminal udara ini sudah sesuai dengan saran Eriksson.

Untuk bagian yang tidak memiliki hiasan, penulis menggunakan terminal udara dengan jarak terminal udara terhadap tepi 0,5m. Untuk menemukan jarak terminal udara terhadap sudut bangunan X_s , dapat ditemukan dengan cara :

$$X_s = 2 \times 0,5^2$$

$$X_s = 0,707$$

Agar mendekati nilai X_s ini diperlukan ketinggian yang menghasilkan X_s sama dengan atau melebihi 0,707m. Dalam hal ini 0,5m memenuhi kriteria ini.

$$X = [(0,84(9,7 + 0,5)^{0,6} 16^{0,74})^2 - (0,5)^2]^{1/2} - 0,84(9,7)^{0,6} 16^{0,74}$$

$$X = 0,778 m$$

Besar *attractive radius* untuk masing-masing terminal udara pada sudut-sudut atap Gedung Pelayanan Lama :

$$R_{atp} = 0,84H_{tp}^{0,6} I_s^{0,74}$$

Dimana :

$$H_{tp} = 9,7 + 0,5 = 10,2 \text{ m}$$

Maka:

$$R_{atp} = 0,84(10,2)^{0,6}16^{0,74}$$

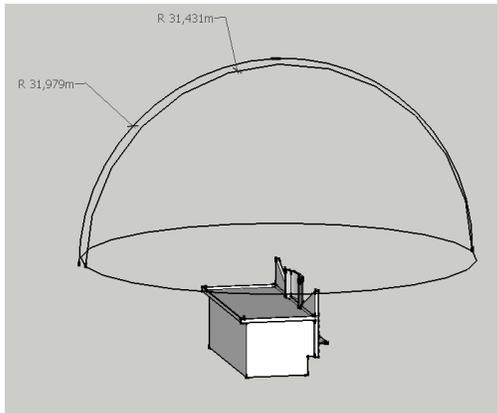
$$R_{atp} = 26,332 \text{ m}$$

Sudut *shielding* yang terbentuk adalah :

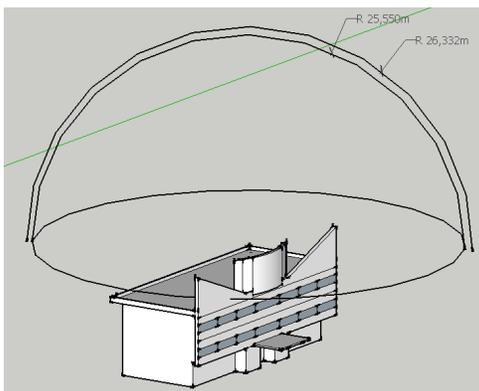
$$\alpha C = \tan^{-1} \left(\frac{0,707}{10,2 - 9,7} \right)$$

$$\alpha C = 54,732^\circ$$

Sudut *shielding* yang dihasilkan kurang dari 60° , oleh karena itu sudut *shielding* susunan terminal udara ini sudah sesuai dengan saran Eriksson.



Gambar 4.14 Area *attractive radius* susunan terminal udara 0,4m melingkupi sempurna *attractive radius* sudut hiasan Gedung Pelayanan Lama tampak isometrik



Gambar 4.15 Area *attractive radius* susunan terminal udara 0,5m melingkupi sempurna *attractive radius* sudut atap Gedung Pelayanan Lama tampak isometrik

4.4.4 Analisa Susunan Terminal Udara Gedung Pelayanan Lama Ketika Terlindungi Oleh Proteksi Terminal Udara Bangunan Lainnya

Menara dan Gedung Pelayanan Baru dapat memproteksi satu sama lain secara langsung dalam hal merancang proteksi karena berada pada tingkat proteksi yang sama. Akan tetapi tidak terhadap Gedung Pelayanan Lama, kita perlu mengkonversikan gambar *attractive radius* terminal udara dengan tingkat proteksi Gedung Pelayanan Lama yakni tingkat IV dengan arus petir minimum 16kA.

Untuk Gedung Pelayanan Baru, *attractive radius* terminal udara dengan panjang 1m menjadi:

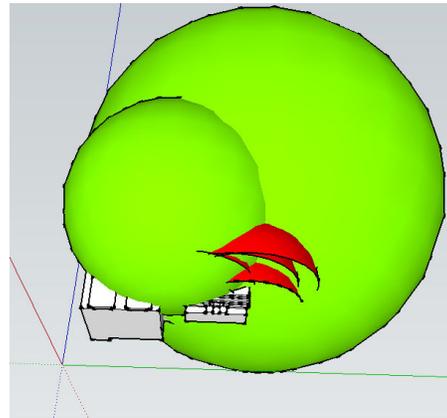
$$R_{atp} = 0,84(53,15)^{0,6}16^{0,74}$$

$$R_{atp} = 70,897 \text{ m}$$

Untuk menara, *attractive radius* terminal udara dengan panjang 0,5m menjadi:

$$R_{atp} = 0,84(100,5)^{0,6}16^{0,74}$$

$$R_{atp} = 103,903 \text{ m}$$



Gambar 4.26 Area *attractive radius* terminal udara menara dan Gedung Pelayanan Baru memproteksi sebagian dari *attractive radius* Gedung Pelayanan Lama

Dari gambar 4.24 dapat kita temukan masih terdapatnya bagian *attractive radius* Gedung Pelayanan Lama yang belum terproteksi. Mereka adalah tiga sudut hiasan sisi kiri bangunan. Sehingga kita tinggal memasang tiga terminal udara sesuai perhitungan pada subbab sebelumnya.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa susunan terminal udara menggunakan EGM Eriksson pada gedung PT. TELKOM Pekanbaru yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan yaitu :

1. Terminal udara hanya dapat memproteksi pada Menara TELKOM dengan susunan empat terminal udara yang berada di sudut menara dengan tinggi terminal udara maksimum 5,463m.
2. Jumlah terminal udara Gedung Pelayanan Baru untuk memproteksi setiap sudut gedung maksimal sebelas buah dan minimal sembilan buah dengan susunan terminal udara berada di setiap sudut gedung dengan tinggi maksimum 4,831m.
3. Gedung Pelayanan Baru memerlukan kawat proteksi selain tiang terminal udara dalam susunan terminal udaranya. Sedangkan pada menara dan Gedung Pelayanan Lama tidak memerlukan kawat proteksi.
4. Gedung Pelayanan Baru memerlukan proteksi bagian tepi kiri dan kanan bangunan dengan menggunakan kawat proteksi harus sebanyak empat buah dengan panjang kawat proteksi terluar 14,5m dan bagian dalam 16,555m.
5. Jumlah terminal udara maksimal pada Gedung Pelayanan Lama adalah enam buah dan minimal satu buah dengan tinggi terminal udara maksimal 60,689m.

5.2 Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya, diharapkan penelitian yang membandingkan efisiensi proteksi berbagai metode pada bangunan.

DAFTAR PUSTAKA

Hutagaol, Soli Akbar, 2010. *Studi Tentang Penangkal Petir Pada BTS (Base Transceiver Station) (Aplikasipada PT. Telkomsel – Banda Aceh)*, Medan: skripsi USU

Mafudin, Yopie, *Simulasi Perhitungan Kebutuhan Perlindungan Peralatan Komputer Akibat Sambaran Petir (Studi Kasus Gedung Widya Puraya Universitas Diponegoro Semarang)*. UNDIP, 2008.

Tim, 2005. *Protection of Structures Against Lightning (IEC 1024-1-1)*. International Electrotechnical Commission 81. [Online] Available at: http://www.google.co.id/IEC_1024-1-1.pdf. [Accessed 30 Oct 2013].

Tim, 1983. *Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir untuk Bangunan di Indonesia*. Jakarta: Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan.

Tim, 2006. *Sistem Proteksi Petir pada Bangunan Gedung (SNI 03-7015-2004)*. [Online] Available at: http://www.google.co.id/SNI_03-7015-2004.pdf. [Accessed 30 Oct 2013].

Tim. *IEEE Guide for Direct Lightning Stroke Shielding Of Substation*. New York, 2013.

Eriksson A.J, "An Improved Electrogeometric Model For Transmission Line Shielding Analysis", IEEE, Vol. PWRD-2, No. 3, July 1987.

Mulyadi, Ujang, 2014. *Kajian Perancangan Sistem Penangkal Petir Eksternal Pada Gedung Pusat Komputer Universitas Riau*. Pekanbaru: Skripsi UR. Brown, Mark dkk. *Practical Grounding, Bonding, Shielding and Surge Protection*. Oxford, 2004.