

ANALISIS SISTEM PENANGKAL PETIR GEDUNG REAKTOR SERBA GUNA GA. SIWABESSY

Teguh Sulistyono

ABSTRAK

ANALISIS SISTEM PENANGKAL PETIR GEDUNG REAKTOR SERBA GUNA GA. SIWABESSY. Telah dilakukan analisis terhadap beberapa bagian dari sistem penangkal petir pada gedung Reaktor Serba Guna GA. Siwabessy (RSG-GAS). Dari hasil pengamatan yang dilakukan ditemukan kerusakan pada beberapa bagian jaringan sistem pentanahan yang terpasang, baik yang disebabkan oleh proses kimiawi maupun yang disebabkan oleh kesalahan manusia. Analisis yang dilakukan menggunakan beberapa asumsi dan simulasi terhadap titik sambaran petir. Dari hasil analisis yang dilakukan diperoleh bahwa gedung reaktor belum memiliki finial tegak yang dapat memberikan perlindungan efektif pada seluruh bagian gedung reaktor maupun gedung penunjang. Untuk menghindari kejadian buruk dari pengaruh sambaran petir, perlu dilakukan pemasangan finial baru pada beberapa tempat, sehingga gedung reaktor dan gedung penunjangnya aman terhadap pengaruh petir.

ABSTRACT

LIGHTNING PROTECTION SYSTEM ANALYSIS AT MULTIPURPOSE REACTOR G.A. SIWABESSY BUILDING. Analysis to the part of lightning protection system at Multi Purpose Reactor GA. Siwabessy (RSG-GAS) have been done. Observation examined the damage of some part of the earthing system caused by human error of chemically system. The analysis performed some assumptions and simulations to the points of lightning stroke. From this analysis obtained that the reactor building do not have vertical finial which can protect effectively to the whole reactor building and auxiliary building. Installing some new finials at some places are needed to protect building there fore the reactor building and auxiliary building well safe from lighting stroke.

PENDAHULUAN

Sistem penangkal petir merupakan salah satu sistem pelindung bangunan yang berfungsi untuk menyalurkan arus sambaran petir ke dalam tanah, yang terjadi pada suatu bangunan sehingga bangunan tersebut terhindar dari pengaruh sambaran petir.

Setelah beroperasi selama 18 tahun, sejak 20 Agustus 1987, sistem penangkal petir gedung RSG-GAS dan gedung penunjangnya perlu di analisis. Hal ini dilakukan untuk mengetahui penyimpangan-penyimpangan yang terjadi pada sistem penangkal petir yang terpasang.

Analisis yang di lakukan meliputi kegiatan observasi lapangan dan pelaksanaan perhitungan. Dari hasil observasi yang dilakukan ditemukan kerusakan pada beberapa bagian sistem, baik yang disebabkan karena proses kimiawi maupun kesalahan manusia.

Akibat beberapa kerusakan tersebut sistem perlindungan tidak bekerja secara baik sehingga

dapat menimbulkan kerusakan pada peralatan-peralatan elektronik, kebakaran dan kematian yang akhirnya menimbulkan kerugian yang cukup besar.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut yaitu dengan melakukan perawatan, perbaikan dan penggantian terhadap beberapa bagian yang mengalami kerusakan, serta melakukan penelitian lebih jauh terhadap sistem perlindungan, dengan harapan bahwa sistem penangkal petir yang terpasang pada bangunan reaktor dan bangunan penunjang lainnya akan dapat berfungsi lebih baik dalam memberikan perlindungan terhadap bangunan, peralatan dan manusia yang berada didalamnya

TEORI DASAR

I. Komponen Sistem Penangkal Petir

Komponen sistem penangkal petir yang terpasang pada gedung RSG-GAS meliputi :

1. Terminal udara (*finial*)
2. Penyalur arus petir (*down conductor*)
3. Sistem pentanahan (*earthing system*)

Finial yang terpasang pada bagian atap gedung reaktor berfungsi untuk menangkap arus sambaran petir. *Finial* tersebut berjumlah 10 buah dimana panjang masing-masing konduktor adalah 38,4 m dengan luas penampang 70 mm² sehingga panjang seluruh *finial* 476,16 m.

Penyalur arus petir yang terpasang pada bagian luar dinding gedung reaktor berfungsi untuk menyalurkan arus sambaran petir ke elektroda pentanahan. Penyalur arus sambaran petir yang terpasang pada gedung RSG-GAS berjumlah 16 buah dimana panjang masing-masing konduktor adalah 38,4 m dengan luas penampang 70 mm², sehingga panjang seluruh penyalur arus sambaran petir 614,4 m. Bahan *finial* dan penyalur arus sambaran petir seluruhnya terbuat dari bahan baja galvanis pejal.

Komponen utama dari sistem pentanahan adalah elektroda pentanahan. Elektroda pentanahan yang tertanam pada bagian luar dinding gedung reaktor berfungsi untuk menyalurkan arus sambaran petir ke bumi. Elektroda pentanahan yang terpasang pada gedung RSG-GAS seluruhnya berjumlah 26 buah dimana panjang masing-masing konduktor adalah 57,6 m dengan luas penampang 70 mm², sehingga panjang seluruh elektroda pentanahan 1.497,6 m. Elektroda pentanahan yang terbuat dari bahan tembaga galvanis pilin tersusun menjadi satu kesatuan sehingga membentuk grid dengan luas kisi-kisinya 3,2 x 3,2 m yang ditanam secara horizontal pada kedalaman 0,5 m dibawah tanah.

2. Tahanan pentanahan

Sistem pentanahan grid seperti yang terpasang pada bagian bawah gedung reaktor merupakan salah satu cara untuk memperoleh nilai tahanan pentanahan serendah mungkin.

Menurut Laurent^[4], dengan cara mengekivalenkan sistem grid dengan bentuk lingkaran yang luasnya sama, diperoleh harga tahanan pentanahan, yaitu :

$$R_g = \frac{\rho}{\pi L} \left[\ln \frac{2L}{a'} + k_1 \frac{L}{\sqrt{A}} - k_2 \right] \dots\dots\dots (1)$$

- dengan :
- R_g = tahanan pentanahan (Ohm)
 - a' = √a 2 z
 - = untuk konduktor yang ditanam pada kedalaman z (m)

- z = 1/5 √A
- L = panjang seluruh konduktor (m)
- A = luas daerah pentanahan (m²)
- ρ = tahanan jenis tanah (Ohm-m)
- k₁ dan k₂ = konstanta yang diperoleh dari fungsi panjang/lebar (x) untuk daerah pentanahan

3. Tahanan jenis tanah

Tahanan jenis tanah sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain komposisi tanah dan kelembaban tanah, oleh sebab itu harga tahanan jenis tanah tidak dapat diberikan sebagai suatu nilai yang tetap, sehingga harga tahanan jenis tanah nilainya sangat bervariasi sesuai dengan keadaan jenis tanah, dengan demikian tahanan jenis tanah yang digunakan sebagai asumsi perhitungan untuk gedung reaktor sebesar 200 Ωm.

Besarnya tahanan jenis tanah untuk jenis tanah yang berbeda, seperti diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Harga tahanan jenis tanah

Jenis tanah	Tahanan jenis tanah (Ohm m)
Sawah, rawa	0 – 150
Tanah garapan (tanah liat)	10 – 200
Tanah garapan (kerikil)	100 – 1000
Pegunungan biasa	200 – 2000
Pegunungan berbatu	2000 – 5000

4. Tahanan kawat

Untuk menghitung besarnya tahanan kawat pada suatu konduktor dapat mempergunakan persamaan berikut :

$$R_k = \frac{\rho \cdot l}{A} \text{ (Ohm)} \dots\dots\dots (2)$$

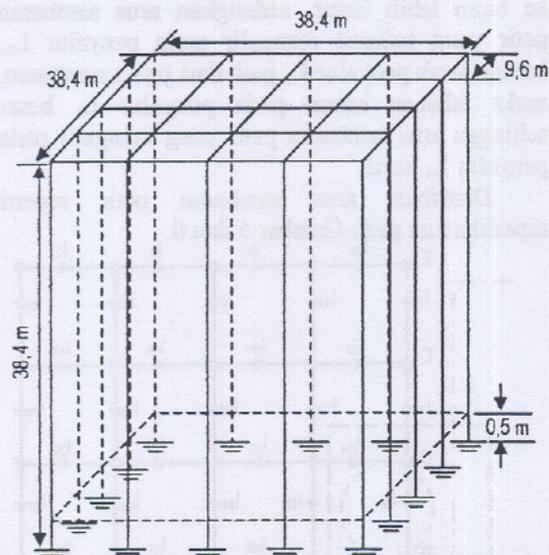
- dengan :
- R_k = tahanan kawat (Ohm)
 - l = panjang penghantar (m)
 - A = luas penampang (mm²)
 - ρ = tahanan jenis penghantar (Ω/mm²)

5. Sistem Sangkar Faraday

Sistem pentanahan gedung reaktor terdiri dari sistem pentanahan pondasi dan pentanahan melingkar. Sistem pentanahan pondasi gedung terbuat dari batang-batang baja yang terdapat pada

kerangka pondasi beton gedung, sedangkan sistem pentanahan lingkaran dibuat dari bahan kawat tembaga yang terletak disekeliling gedung dan ditanam dalam tanah dengan kedalaman kira-kira 0,5 m dengan jarak 1 m dari gedung.

Untuk memperoleh tahanan pentanahan sekecil mungkin maka kedua sistem tersebut diatas satu sama lainnya dihubungkan, begitu pula dengan sistem pentanahan lingkaran yang terdapat pada bangunan-bangunan penunjang, sehingga sistem pentanahan gedung reaktor berbentuk sangkar Faraday, lihat Gambar 1.



Gambar 1. Sistem sangkar Faraday gedung reaktor

6. Radius Perlindungan atau daerah perlindungan

Berdasarkan French National Standard NF C17-102, persamaan untuk menghitung radius perlindungan yang diberikan oleh suatu lightning conductor adalah :

$$R_p = \sqrt{h(2D - h) + \Delta L(2D + \Delta L)} \dots \dots \dots (3)$$

dengan :

- R_p = radius perlindungan (m)
- h = tinggi dari lightning protection di atas area yang akan dilindungi (m)
- D = jarak sambar petir (m)
- ΔL (m) = 106 ΔT (μsec)
- ΔL = harga trigger yang ditentukan dalam labolatorium uji tegangan tinggi, yang bergantung pada type lightning protection yang di pilih (μsec)

SISTEMATIKA PERHITUNGAN

Sistematika perhitungan distribusi arus sambaran petir, diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir tahapan kegiatan

TAHAPAN KEGIATAN

Langkah pertama untuk menghitung distribusi arus sambaran petir pada gedung reaktor yang menggunakan sangkar Faraday, yaitu mengasumsikan besarnya arus sambaran petir yang menyambar gedung reaktor. Dalam perhitungan ini diasumsikan besarnya 20 kA^[3]. Penggunaan besarnya arus sambaran petir ini didasarkan dari jumlah hari guruh per tahun yang juga menggambarkan jumlah petir dan besarnya arus sambaran per tahun yang terjadi pada suatu daerah atau kawasan.

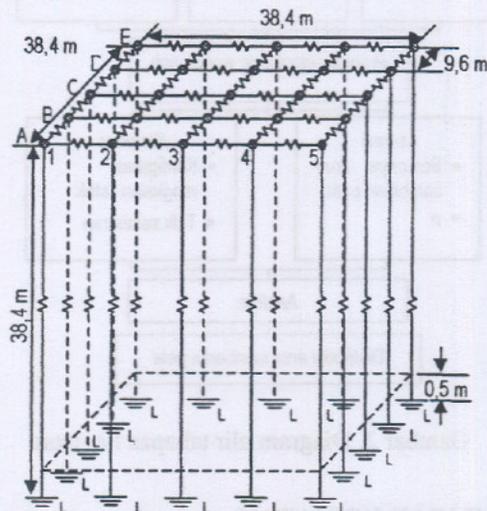
Langkah kedua yaitu melakukan simulasi sambaran petir pada bagian atap gedung reaktor. Dalam simulasi ini diasumsikan bahwa finial yang terpasang pada bagian atap gedung reaktor seluruhnya memungkinkan tersambar petir. Bagian-bagian finial yang diasumsikan tersebut dinyatakan dalam bentuk titik-titik seperti diperlihatkan pada Gambar 3. Karena sangkar Faraday keseluruhannya terbuat dari bahan baja

galvanis, dimana setiap bahan yang terhubung memiliki tahanan kawat.

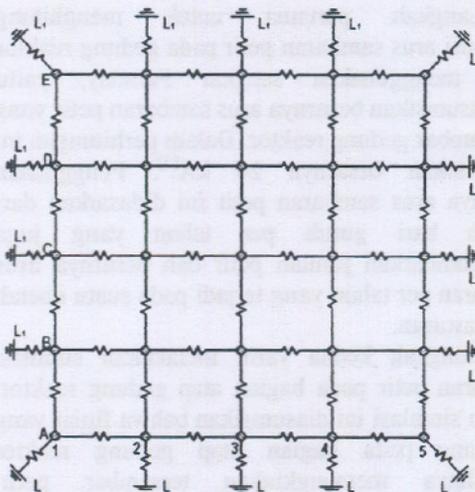
Langkah ketiga yaitu menghitung besarnya tahanan kawat pada sangkar Faraday dengan menggunakan persamaan (2). Dengan demikian diperoleh besarnya tahanan kawat pada masing-masing bagian pada sangkar Faraday seperti diperlihatkan pada Gambar 3.

Langkah keempat yaitu menggunakan Program Electronic Workbench (EWB). Untuk menggunakan program EWB, Gambar 3 diekivalenkan sebagai model rangkaian listrik yang bersifat kompleks seperti diperlihatkan pada Gambar 4.

Langkah kelima yaitu melakukan simulasi sambaran petir pada titik sambaran yang dikehendaki. Sebagai contoh perhitungan distribusi arus sambaran petir yang terjadi pada titik E-5.



Gambar 3. Sangkar Faraday gedung reaktor.



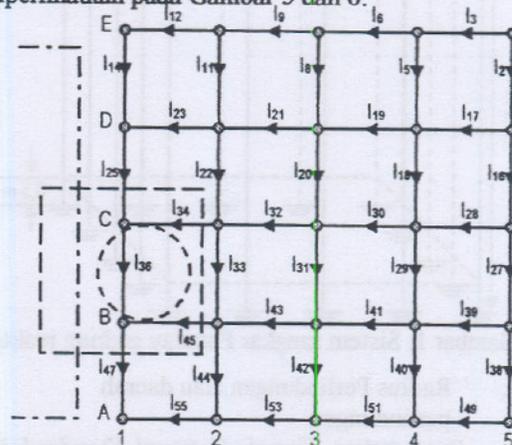
Gambar 4. Rangkaian ekuivalen sangkar Faraday.

HASIL DAN PEMBAHASAN

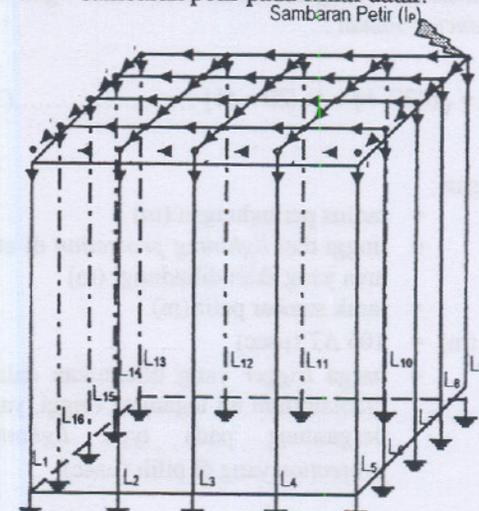
Dengan menggunakan persamaan (1) diperoleh tahanan pentanahan gedung RSG-GAS sebesar $1,16 \Omega$. Harga ini masih berada dibawah dari harga yang disyaratkan untuk suatu bangunan reaktor yaitu $\leq 2 \Omega$.

Sebagai salah satu contoh, simulasi sambaran petir terjadi pada titik E-5, arus sambaran petir terbesar mengalir pada penyalur L_9 , karena jarak penyalur L_9 pendek maka tahanan kawat pada penyalur L_9 lebih kecil sehingga arus sambaran petir yang mengalir pada penyalur L_9 dan menuju ke bumi lebih besar, sedangkan arus sambaran petir yang terkecil mengalir pada penyalur L_1 , karena jarak penyalur L_1 jauh dari pusat sambaran, maka tahanan kawat pada penyalur L_1 besar sehingga arus sambaran petir yang mengalir pada penyalur L_1 kecil.

Distribusi arus sambaran petir seperti diperlihatkan pada Gambar 5 dan 6.



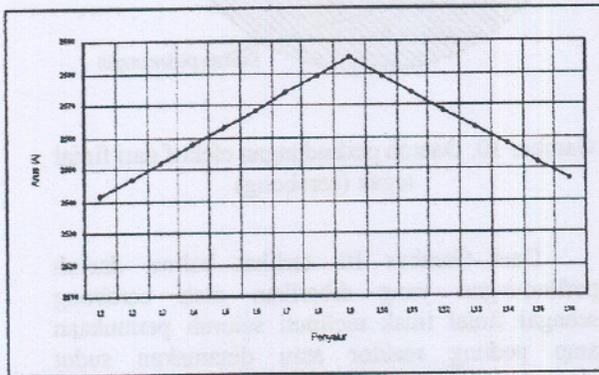
Gambar 5. Pandangan atas, distribusi arus sambaran petir pada finial datar.



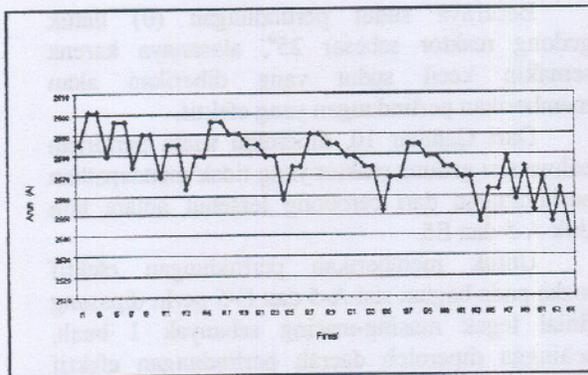
Gambar 6. Distribusi arus sambaran petir pada sangkar Faraday.

Pada bagian finial datar, arus sambaran petir terbesar mengalir pada I_2 dan I_3 , karena jarak konduktor I_2 dan I_3 pendek yaitu 9,6 m dan berada dekat dengan lokasi sambaran petir, sedangkan I_1 yang juga berada dekat dengan lokasi sambaran, arusnya lebih kecil karena jarak konduktornya lebih panjang yaitu 38,4 m.

Distribusi arus sambaran petir pada bagian penyalur (*down conductor*), untuk simulasi sambaran di titik E-5 seperti diperlihatkan pada Gambar 7. Arus terbesar terdapat pada I_1 (L_9) dan arus terendah terdapat pada I_{56} (L_1).



Gambar 7. Grafik distribusi arus sambaran petir pada penyalur (*down conductor*).



Gambar 8. Grafik distribusi arus sambaran petir pada finial.

Gedung RSG-GAS memiliki corobong (*stack*) yang terbuat dari bahan logam. Dalam sistem penangkal petir, corobong ini berfungsi sebagai finial tegak, yang menangkap sambaran petir dan menyalurkan ke penyalur arus petir kemudian membuangnya ke dalam tanah melalui elektroda pentanahan serta sekaligus memberikan daerah perlindungan terhadap bangunan.

Tabel 2. Hasil perhitungan distribusi arus sambaran petir pada finial simulasi dititik E-5

Titik	Hasil (A)	Titik	Hasil (A)
I1	2584.6317	I29	2584.6317
I2	2601.2117	I30	2584.6317
I3	2601.2117	I31	2579.1519
I4	2579.1519	I32	2579.1519
I5	2595.6615	I33	2573.6953
I6	2595.6615	I34	2573.6953
I7	2573.6953	I35	2552.0979
I8	2590.1348	I36	2568.2618
I9	2590.1348	I37	2568.2618
I10	2568.2618	I38	2584.6317
I11	2584.6317	I39	2584.6317
I12	2584.6317	I40	2579.1519
I13	2562.8511	I41	2579.1519
I14	2579.1519	I42	2573.6953
I15	2579.1519	I43	2573.6953
I16	2595.6615	I44	2568.2618
I17	2595.6615	I45	2568.2618
I18	2590.1348	I46	2546.7551
I19	2590.1348	I47	2562.8511
I20	2584.6317	I48	2562.8511
I21	2584.6317	I49	2579.1519
I22	2579.1519	I50	2557.4632
I23	2579.1519	I51	2573.6953
I24	2557.4632	I52	2552.0979
I25	2573.6953	I53	2568.2618
I26	2573.6953	I54	2546.7551
I27	2590.1348	I55	2562.8511
I28	2590.1348	I56	2541.4345

Tabel 3. Hasil perhitungan distribusi arus sambaran petir pada Penyalur simulasi dititik E-5

Penyalur	Hasil (A)
L1	2541.4345
L2	2546.7551
L3	2552.0979
L4	2557.4632
L5	2562.8511
L6	2568.2618
L7	2573.6953
L8	2579.1519
L9	2584.6317
L10	2579.1519
L11	2573.6953
L12	2568.2618
L13	2562.8511
L14	2557.4632
L15	2552.0979
L16	2546.7551

Dengan mempergunakan persamaan (3), diperoleh radius perlindungan, seperti diperlihatkan pada Tabel 4 sampai dengan Tabel 7.

Table 4. Asumsi waktu sambaran petir

Type	ΔT (μsec)	Weight (Kg)
V6	70	4,3

Table 5. Perlindungan Level 1 (D = 20 m)

Type	h (m)									
	2	3	4	5	6	7	8	10	15	20
V6	34	52	70	87	87	87	87	87	88	88

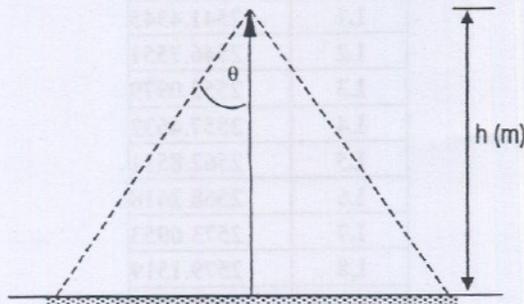
Table 6. Perlindungan Level 2 (D = 45 m)

Type	h (m)									
	2	3	4	5	6	8	10	15	20	45
V6	43	64	86	107	107	108	109	111	112	115

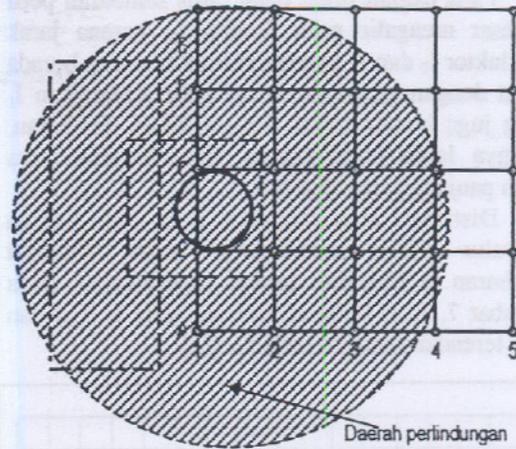
Table 7. Perlindungan Level 3 (D = 60 m)

Type	h (m)									
	2	3	4	5	6	8	10	20	45	60
V6	47	70	93	118	118	119	120	124	131	132

Daerah perlindungan yang diberikan oleh cerobong tersebut, secara sederhana diperlihatkan dalam Gambar 9.



Gambar 9. Sudut perlindungan finial tegal



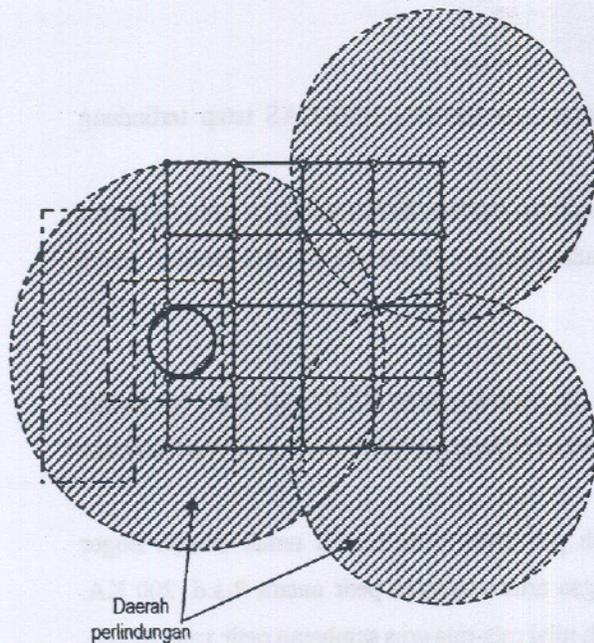
Gambar 10. Daerah perlindungan efektif dari finial tegak (cerobong)

Dari Gambar 10, terlihat bahwa daerah perlindungan yang diberikan oleh cerobong sebagai finial tidak meliputi seluruh permukaan atap gedung reaktor atau dinamakan sudut perlindungan kritis, sehingga pada terdapat beberapa bagian dari atap gedung yang tidak terlindungi. Hal ini dapat memungkinkan bagian yang tidak terlindungi tersambar petir.

Besarnya sudut perlindungan (θ) untuk gedung reaktor sebesar 25° , alasannya karena semakin kecil sudut yang diberikan akan memberikan perlindungan yang efektif.

Dari Gambar 10, diperoleh suatu perkiraan bahwa sisi gedung reaktor yang tidak mendapatkan perlindungan dari cerobong tersebut antara lain titik A-5 dan E5.

Untuk memberikan perlindungan efektif maka pada bagian sisi A-5 dan E-5 perlu dipasang finial tegak masing-masing sebanyak 1 buah, sehingga diperoleh daerah perlindungan efektif seperti diperlihatkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Daerah perlindungan efektif yang diberikan oleh finial tegak pada sisi A-5 dan E-5.

KESIMPULAN

Dari hasil pengamatan yang dilakukan terhadap sistem penangkal petir gedung RSG-GAS diketahui bahwa faktor penyebab rusaknya sistem penangkal petir karena kesalahan manusia dan proses alamiah. Kegiatan perbaikan, perawatan serta analisis dengan menggunakan program EWB, diperoleh distribusi arus sambaran petir pada sistem sangkar Faraday gedung reaktor. Dengan pemasangan dua buah finial tegak pada atap bangunan reaktor yaitu sudut A-5 dan E-5, dan satu buah pada bangunan *cooling tower* diharapkan gedung RSG-GAS memiliki sistem perlindungan efektif yang lebih baik dan menjaungkau bangunan penunjang lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. ZORO, *Petir dan Sistem Perlindungan Petir*, Penerbit LAPI-ITB, Bandung, 1990
- [2] YAN BONNY MARSAHALA, *Sistem Kelistrikan RSG-GAS*, BATAN, Serpong, 1996
- [3] TEGUH SULISTYO, *Analisis Distribusi Arus Sambaran Petir Pada Sistem Penangkal Petir Gedung Reaktor Serba Guna*, Tesis S2, UI, Jakarta, 2001
- [4] IWA GARNIWA, *Analisa Distribusi Arus, Intensitas Medan Magnet dan Tegangan Induksi Pada Sistem Penangkal Petir Di Gedung Bertingkat*, Tesis S2, UI, Jakarta, 1995

Penanya : DJ Hasibuan

Pertanyaan :

Ditinjau dari segi kegiatan yang berlangsung selama ini di RSG-GAS, terlihat bahwa program perawatan berjalan dengan baik, hal ini terlihat dari pelaksanaan rapat harian dan jumlah karyawan yang cukup memadai. Pertanyaannya mengapa sampai terdapat beberapa titik pada saluran kabel pentanahan yang sampai mengalami kerusakan yang fatal. Apakah pelaksanaan perawatan selama ini tidak berjalan efektif, tolong dijelaskan.

Jawaban :

Pelaksanaan perawatan khususnya sistem penangkal petir RSG-GAS memang masih perlu dievaluasi lagi. Pelaksanaan perawatan khususnya sistem penangkal petir yang saat ini sering/ terjadwal adalah pengukuran tahanan pentanahan pada 4 titik pengukuran.

Penanya : Naek Nababan

Pertanyaan :

1. Seberapa jauh batas kerusakan (korosi) kawat agar instalasi RSG-GAS tetap terlindung (aman) dari sambaran petir
2. Untuk simulasi sambaran petir, apa dasar pemilihan sebesar 20 KA sebagian besarnya petir. Berapa besar probabilitas besarnya petir pada daerah dimana RSG-GAS berada (Jawa Barat/Banten)

Jawaban :

1. Dilihat dari luar penampang penyalur yang digunakan gedung RSG-GAS batas kerusakan (korosi) penghantar 50% untuk persatuan luas penampang penyalur. Sedangkan untuk sistem 30%-35% dari seluruh sistem
2. Dari data yang diperoleh jumlah hari guruh per tahun yang terjadi untuk daerah Bogor Tangerang dan sekitarnya cukup tinggi dengan arus sambaran petir antara 2 s.d. 200 KA. Dasar pemilihan 20 KA untuk simulasi adalah nilai rata-rata arus sambaran petir yang terjadi.