



PERENCANAAN SISTEM PENYALUR PETIR PADA GEDUNG - A UNIVERSITAS MPU TANTULAR CIPINANG

Indra Widiarto¹, Pahala Sinambela², Rismen Sinambela³

^{1,2}Universitas Mpu Tantular, Indonesia

³Universitas Kristen Indonesia

Email : sinambelapahala@gmail.com²

Abstract

Mpu Tantular University is one of the leading Universities in Indonesia and has three buildings to support learning/teaching activities. Bulding-A Mpu Tantular University has 8 floors. As a vital place and has a potential for lightning strikes, because it is classified as a building with a risk of lightning strikes, Building-A need to be calculated and planned for an external lightning conductor, so that the electronic equipment inside is safe if there is a lightning strike. In determining whether or not a lightning protection system is necessary, a comparative study should be carried out using the reference to the Indonesian National Standart SNI 03-7015-2004 concerning Lightning Protetion System in Buildings. The design of this lightning protection system uses the Rolling Sphere method on the Air Termination System and Multiple Rod on Earthing Termination System, so that the condition of Building-A is safe and in accordance with applicable regulation in building planing.

Keywords : Resistance Measurement, Grounding.

Abstrak

Universitas Mpu Tantular adalah salah satu Universitas ternama di Indonesia dan memiliki tiga gedung untuk menunjang kegiatan belajar/mengajar. Gedung-A Universitas Mpu Tantular memiliki 8 lantai. Sebagai tempat yang vital dan memiliki potensi sambaran petir karena tergolong pada gedung dengan risiko sambaran petir, Gedung-A ini perlu dilakukan perhitungan dan perencanaan penyalur petir eksternal, sehingga peralatan-peralatan elektronik di dalamnya dalam keadaan aman jika terdapat sambaran petir. Dalam menentukan perlu atau tidaknya sistem proteksi petir perlu diadakan studi banding dengan menggunakan acuan Standar Nasional Indonesia SNI 03-7015-2004 tentang Sistem Proteksi Petir Pada Bangunan Gedung. Perancangan sistem proteksi petir ini menggunakan metode Bola Gulir (*rolling sphere*) pada bagian sistem terminasi udara dan *multiple rod* pada sistem terminasi bumi, sehingga kondisi Gedung - A aman dan sesuai dengan regulasi yang berlaku dalam perencanaan gedung.

Kata Kunci : Pengukuran Tahanan, Pentanahan.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan sebuah negara yang terletak di daerah tropis yang wilayahnya dilewati garis katulistiwa. Sebagai negara dengan wilayah daerah tropis, Indonesia memiliki tingkat curah hujan yang sangat tinggi dan karena itu maka tentunya Indonesia memiliki tingkat sambaran petir yang cukup tinggi pula. Selain dari pada itu Indonesia juga dikenal sebagai negara yang sedang berkembang yang dalam proses perkembangannya sendiri Indonesia telah melakukan banyak sekali pembangunan-pembangunan untuk meningkatkan berbagai aspek kehidupannya. Banyaknya bangunan-bangunan tinggi yang dibangun untuk menunjang mobilitas masyarakat baik dalam sektor politik, ekonomi, pendidikan. Salah satu aspek yang selalu mendapatkan perhatian untuk terus menerus diperbaiki adalah masalah pendidikan, baik pendidikan dasar, pendidikan menengah maupun pendidikan tinggi. Salah satu penyelenggara pendidikan tinggi Indonesia adalah Universitas Mpu Tantular yang terletak di daerah Jakarta yang telah banyak dikenal oleh masyarakat. Universitas Mpu Tantular Dalam menunjang proses

belajar / mengajar, Universitas Mpu Tantular memiliki beberapa sarana penunjang diantaranya gedung bertingkat. Diantara gedung-gedung yang dimiliki Universitas Mpu Tantular adalah Gedung-A yang berlokasi di Jalan Cipinang Besar Nomor 2-Jakarta Timur. Gedung-A Universitas Mpu Tantular sendiri memiliki 8 tingkatan lantai.

Secara geografis, Gedung-A Universitas Mpu Tantular terletak di daerah Jakarta Timur. Berdasarkan tabel 1.1 Tingkat Isokeraunik di Indonesia, Jakarta termasuk kedalam daerah dengan tingkat kerawanan petir tinggi. Dengan kondisi tersebut diatas, maka diperlukan melakukan perhitungan dan perancangan untuk sistem proteksi petir, untuk mengetahui sistem penyalur petir yang diperlukan, sehingga diharapkan kondisi Gedung-A dapat aman baik bagi manusia maupun peralatan yang ada didalam gedung saat terjadi sambaran petir dan sesuai dengan regulasi yang berlaku dalam perencanaan gedung bertingkat.

Penyalur Petir

Pada sekitar tahun 1752, seorang ilmuwan bernama Benjamin Franklin melakukan uji coba dengan mengikatkan batang besi yang diikatkan pada layang-layang dan diterbangkan dalam badai. Pada percobaan tersebut, Benjamin Franklin berhasil membuktikan bahwa petir merupakan pelepasan muatan listrik. Atas dasar percobaan tersebut, maka Benjamin Franklin memasang tembaga runcing pada bagian atas bangunan dan menghubungkannya ke konduktor pembumian. Pada masa itu, penyalur petir tersebut disebut *Franklin Rod* dimana saat ini dikenal dengan penyalur petir konvensional.

Dalam merancang sistem penyalur petir pada bangunan, hal pertama yang harus dilakukan adalah mengetahui bangunan tersebut memerlukan proteksi petir atau tidak, yaitu dengan mempertimbangkan kondisi geografis dan keadaan bangunan.

Frekuensi Sambaran Petir

Rata-rata frekuensi sambaran petir langsung pertahun (N_d), dapat diperoleh dengan perhitungan densitas rata-rata sambaran petir ke tanah /km² /tahun (N_g) dalam daerah ditempat bangunan gedung berada, dikalikan dengan area cakupan ekivalen dari bangunan gedung. Dimana ditulis dalam persamaan 2.1.

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

Dimana :

N_d = Frekuensi rata-rata sambaran petir langsung ke bangunan

N_g = Densitas sambaran ke tanah /km² /tahun

A_e = Area cakupan ekivalen dari bangunan gedung (m²)

Sedangkan untuk mendapatkan nilai densitas sambaran petir ke tanah (N_g), dapat dihitung dari persamaan 2.2:

$$N_g = 0,04 T d^{1.25}$$

Dimana :

T_d = jumlah hari guruh pertahun yang diperoleh dari peta isokeraunik atau tabel yang dikeluarkan oleh BMKG.

Area cakupan ekivalen dari bangunan gedung adalah area permukaan tanah yang dianggap sebagai bangunan gedung yang mempunyai frekuensi sambaran petir langsung tahunan. Dihitung dengan persamaan 2.3:

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

Dimana :

a = Panjang atap gedung (m)

b = Lebar atap gedung (m)

Taksiran Risiko

Suatu sistem proteksi petir yang baik, harus mampu melindungi seluruh bangunan beserta orang dan peralatan yang ada didalamnya guna menghindari bahaya yang akan timbul. Jika suatu bangunan dianggap berisiko terhadap sambaran petir, maka diperlukan adanya perhitungan untuk melakukan perencanaan sistem proteksi petir yang diperlukan oleh bangunan gedung tersebut.

Dalam melakukan penentuan besarnya kebutuhan bangunan akan proteksi petir menggunakan standar Peraturan Umum Instalasi Penyalur Petir (PUIPP) ditentukan berdasarkan penjumlahan indeks-indeks tertentu yang mewakili keadaan bangunan di suatu lokasi dan dituliskan sebagai persamaan 2.4. berikut :

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

Dimana :

R = Perkiraan bahaya petir

A = Penggunaan dan isi bangunan

B = Konstruksi bangunan

C = Tinggi bangunan

D = Situasi bangunan

E = Pengaruh kilat

Tabel 1 Indeks A - Macam Penggunaan Bangunan

Penggunaan dan Isi	Indeks A
Bangunan biasa yang tidak perlu diamankan baik bangunan maupun isinya.	-10
Bangunan dan isi jarang digunakan, seperti dangau di tengah sawah, gudang, menara, atau tiang dari logam.	0
Bangunan yang berisi peralatan sehari-hari atau tempat tinggal orang, seperti tempat tinggal rumah tangga, toko, pabrik kecil, tenda atau stasiun kereta api.	1
Bangunan atau isinya cukup penting, seperti menara air, tenda yang dihuni cukup banyak orang, toko barang-barang berharga, kantor, pabrik, gedung pemerintah, tiang atau menara bukan dari logam.	2
Bangunan yang berisi banyak sekali orang, seperti bioskop, masjid, gereja, sekolah, monumen bersejarah yang sangat penting	3
Instalasi gas, minyak atau bensin, rumah sakit.	5

Bangunan yang mudah meledak	15
-----------------------------	----

Tabel 2 Indeks B - Konstruksi Bangunan

Konstruksi Bangunan	Indeks B
Seluruh bangunan terbuat dari logam (mudah menyalurkan listrik).	0
Bangunan dengan konstruksi beton bertulang atau rangka besi dengan atap logam.	1
Bangunan dengan konstruksi beton bertulang atau rangka besi dan atap bukan logam.	2
Bangunan kayu dengan atap bukan logam.	3

Tabel 3 Indeks C - Tinggi Bangunan

Tinggi Bangunan	m	Indeks C
Sampai dengan	6	0
	12	2
	17	3
	25	4
	35	5
	50	6

Tabel 4 Indeks D - Situasi Bangunan

Situasi Bangunan	Indeks D
Ditanah datar pada semua kegiatan.	0
Dikaki bukit sampai $\frac{3}{4}$ tinggi bukit/di pegunungan sampai 1.000m	1
Dipuncak gunung atau pegunungan lebih dari 1.000m	2

Tabel 5 Indeks E - Pengaruh Kilat

Hari Guruh per Tahun (IKL)	Indeks E
2	0
4	1
8	2
16	3
32	4
64	5
128	6
256	7
384	8

Tabel 6 Perkiraan Bahaya

R = A+B+C+D+E	Perkiraan Bahaya	Pengamanan
Dibawah 11	Diabaikan	Tidak Perlu
Sama Dengan 11	Kecil	Tidak Perlu
12	Sedang	Agak Dianjurkan
13	Agak Besar	Dianjurkan
14	Besar	Sangat Dianjurkan
Lebih Dari 14	Sangat Besar	Sangat Perlu

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia 03-7015-2004 Sistem Proteksi Petir Pada Bangunan Gedung, dalam menentukan seberapa besar dari risiko suatu bangunan terhadap sambaran petir dapat ditentukan dengan :

- a. Jika $N_d \leq N_c$, maka tidak diperlukan sistem proteksi petir.
- b. Jika $N_d \geq N_c$, maka diperlukan proteksi dengan tingkat efisiensi berdasarkan persamaan 2.5.

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

Dimana :

E = Effisiensi

N_c = Frekuensi sambaran petir maksimum yang diperbolehkan.

N_d = Frekuensi rata-rata sambaran petir ke bangunan.

Dengan nilai efisiensi yang diperoleh, maka akan menentukan tingkat proteksi berdasarkan Tabel 2.8. :

Tabel 7 Tingkat Proteksi

Tingkat Proteksi	Effisiensi SPP (E)
I	0,98
II	0,95
III	0,90
IV	0,80

Sistem Terminasi Udara

Sistem terminasi udara merupakan salah satu bagian dari sistem proteksi petir eksternal. Sistem terminasi udara ini berperan sebagai penangkap arus pelepasan petir dan menyalurkannya secara aman ke bumi melalui sistem konduktor (*down conductor*) dan sistem terminasi bumi. Maka dari itu sangatlah penting dalam penggunaan sistem terminasi udara yang dirancang dengan baik dan benar.

Dalam perancangan penempatan terminal udara (*air rod*), hal pertama kali yang harus diperhatikan adalah tingkat proteksi petir pada bangunan gedung yang sebelumnya telah dilakukan perhitungan. Setelah mengetahui tingkat proteksi bangunan tersebut, langkah selanjutnya pada perancangan ini yaitu menggunakan metode bola gulir (*Rolling Sphere*) dan metode metode jala (*mesh*).

Sistem Konduktor

Sistem konduktor merupakan salah satu bagian dari sistem proteksi petir eksternal yang berfungsi sebagai penyalur arus petir (*down conductor*) dari terminasi udara dan diteruskan menuju terminasi bumi. Pemilihan jumlah dan posisi konduktor penyalur, sebaiknya memperhitungkan jika arus petir dibagi dalam beberapa konduktor penyalur, risiko loncatan kesamping dan gangguan elektromagnetik di dalam bangunan gedung akan berkurang. Perihal tersebut berdasarkan bahwa sejauh memungkinkan, bahwa memasang konduktor penyalur sebaiknya secara merata sepanjang keliling bangunan gedung dan dengan konfigurasi simetris. Pembagian arus dapat diperbaiki tidak hanya menambah jumlah konduktor penyalur, tetapi juga dengan pemasangan cincin penyama tegangan. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia 03-7015-2004 jarak rata-rata antara konduktor penyalur diperlihatkan dalam tabel

Tabel 8 Jarak Rata-Rata Antara Konduktor Penyalur Menurut Tingkat Proteksi

Tingkat Proteksi	Jarak Rata-Rata (m)
I	10
II	15
III	20
IV	25

Sistem Terminasi Bumi

Sistem terminasi bumi merupakan salah satu bagian dari sistem proteksi petir eksternal yang berfungsi sebagai jalur merambatkan arus petir yang diterima dari konduktor menuju bumi. Dalam merambatkan arus petir tersebut, yaitu dengan menanamkan satu atau beberapa elektroda ke bumi sehingga memperoleh nilai tahanan yang diinginkan. Elektroda bumi yang digunakan dalam sistem terminasi bumi bisa berbentuk elektroda batang, pita atau pelat. Jika kabel konduktor yang terhubung antara konduktor penyalur dan terminasi bumi adalah jenis kabel tanpa isolasi, maka kabel konduktor yang tersentuh ke bumi juga berfungsi sebagai elektroda bumi. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia 04-0225-2000 Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000. Tahanan pembumian total seluruh sistem tidak boleh lebih dari 5Ω . Perhitungan nilai tahanan pentanahan dapat dihitung dengan persamaan yang dikembangkan oleh *Professor H.B. Dwight* dari *Massachusetts Institute of Technology*. Dimana perhitungan yang digunakan berdasarkan persamaan 2.6. :

$$R_p = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} - 1 \right)$$

Dimana :

R_p = Tahanan Pentanahan (Ω)

ρ = Tahanan Jenis Tanah (Ω - cm)

a = Jari-Jari Penampang Pasak (cm)

L = Panjang Pasak Tanah (cm)

METODE PENELITIAN

Kegagalan dalam pemasangan sistem penyalur petir dapat sangat berbahaya, baik membahayakan bangunan, peralatan maupun makhluk hidup termasuk manusia. Kegagalan tersebut dapat berasal dari kesalahan dalam pengambilan data untuk kebutuhan perencanaan atau kesalahan dari salah satu sistem yang ada pada sistem penyalur petir, misalnya penempatan terminasi udara yang tidak tepat sehingga tidak melindungi bangunan secara keseluruhan, sistem konduktor yang tidak standar, atau sistem terminasi bumi yang tidak baik. Berikut ini adalah referensi mengenai perancangan sistem penyalur petir eksternal, seperti Sistem Proteksi Petir Pada Sistem Tenaga Listrik¹, *Earthing & Lightning Protection Consultants Handbook*², Standart Nasional Indonesia 03-7015-2004 Sistem Proteksi Petir Pada Bangunan Gedung.

Dalam perancangan sistem penyalur petir harus memperhatikan keadaan tempat yang hendak dilakukan penilaian berdasarkan standar perencanaan dan pemasangan instalasi penyalur petir sehingga sesuai dengan regulasi yang berlaku dan dapat melindungi area secara maksimal. Sehingga diharapkan

sistem proteksi petir dalam bangunan gedung tersebut dapat mampu melindungi seluruh bangunan beserta orang dan peralatan yang ada didalamnya guna menghindari bahaya yang akan timbul. Berdasarkan Standart Nasional Indonesia 03-7015-2004 pemilihan tingkat proteksi yang memadai untuk suatu sistem proteksi petir harus melalui beberapa tahapan-tahapan perencanaan.

Perancangan Sistem

Dalam perancangan sistem penyalur petir, hal pertama yang perlu diperhatikan dan diketahui adalah mengetahui apakah suatu bangunan gedung perlu proteksi petir eksternal atau tidak. Hal tersebut dapat diketahui dengan melakukan perhitungan Taksiran Risiko (*Risk Assessment*), mengetahui tingkat proteksi, menghitung sistem terminasi udara, menentukan jenis dan kebutuhan konduktor dan menghitung nilai tahanan pentanahan pada sistem terminasi bumi.

Kebutuhan Proteksi Bangunan

Menghitung kebutuhan proteksi pada bangunan gedung bertujuan untuk menentukan apakah suatu bangunan gedung memerlukan suatu sistem proteksi petir eksternal ataukah tidak. Jika setelah melakukan perhitungan taksiran risiko, ternyata bangunan gedung tersebut dinilai memerlukan sistem proteksi petir, maka langkah selanjutnya yaitu menentukan tingkat proteksi petir gedung tersebut.

Pada Bangunan Gedung-A Universitas Mpu Tantular panjang 46,3 meter, lebar 30 meter dan tinggi bangunan 38 meter.

Sistem Terminasi Udara

Probabilitas sambaran petir yang menembus ruang terproteksi sangat berkurang dengan adanya sistem terminasi udara yang dirancang dengan benar. Untuk menentukan titik penempatan terminal udara, yaitu dengan melakukan simulasi bola gulir untuk mengidentifikasi titik-titik mana saja terminal udara akan ditempatkan dan ruang terproteksi dari bagian atau luasan bangunan gedung. Besarnya radius bola gulir dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 9 Penempatan Terminasi Udara Sesuai dengan tingkat Proteksi

Level Proteksi	h(m)		20	30	45	60	Lebar Jala (m)
	R(m)	α°	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	25	20

Catatan: * hanya menggunakan bola bergulir dan dan jala dalam kasus ini.

Sistem Konduktor

Perencanaan jumlah dan letak konduktor penyalur, alangkah baiknya memperhitungkan jika arus petir dibagi dalam beberapa konduktor penyalur. Hal tersebut mengikuti bahwa sejauh mungkin konduktor penyalur sebaiknya merata menempati sepanjang keliling bangunan gedung dan dengan

konfigurasi simetris. Berdasarkan SNI 03-7015-2004 berikut adalah tabel dimensi minimum bahan sistem penyalur petir.

Tabel 10 Dimensi Minimum Untuk Bahan Sistem Penyalur Petir

Tingkat Proteksi	Bahan	Terminasi Udara (mm ²)	Konduktor Penyalur (mm ²)	Terminasi Bumi (mm ²)
I sampai IV	Cu	35	16	50
	Al	70	25	-
	Fe	50	50	80

Sistem Terminasi Bumi

Sistem pentanahan harus dirancang dan diinstalasikan sedemikian rupa sehingga dapat dicapai nilai tahanan pentanahan penyalur petir yang serendah mungkin. Untuk perhitungan perencanaan sistem terminasi bumi yang baik, diperlukan pengukuran nilai tahanan tanah dan dipergunakan persamaan berikut :

$$R_G = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln \left(\frac{4L}{d} \right) - 1 \right]$$

Dimana :

R_G = Tahan Pentanahan untuk elektroda batang (ohm)

ρ = Tahanan Jenis Tanah (ohm-meter)

L = Panjang Elektroda (meter)

d = Diameter elektroda (meter)

Analisa Dan Perhitungan

Berdasarkan kepada Peraturan Umum Instalasi Petir (PUIPP) mengenai bagaimana besarnya keperluan pemasangan sistem penyalur petir pada suatu bangunan yang sebagaimana telah dijelaskan diatas, maka untuk Gedung-A Universitas Mpu Tantular perlu dilakukan penilaian berdasarkan indeks-indeks tersebut. Adapun hasil penilaiannya adalah seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 11 Macam Penggunaan Bangunan Gedung-A Universitas Mpu Tantular

Penggunaan dan Isi	Indeks A
Bangunan yang berisi banyak sekali orang, seperti bioskop, masjid, gereja, sekolah, monumen bersejarah yang sangat penting	3

Tabel 12 Konstruksi Gedung-A

Konstruksi Bangunan	Indeks B
Bangunan dengan konstruksi beton bertulang atau rangka besi dan atap bukan logam.	2

Tabel 13 Tinggi Gedung-A

Tinggi Bangunan	m	Indeks C
Sampai dengan		
	50	6

Tabel 14 Situasi Bangunan Gedung-A

Situasi Bangunan	Indeks D
Ditanah datar pada semua kegiatan.	0

Tabel 15 Pengaruh Kilat di Jakarta

Hari Guruh per Tahun (IKL)	Indeks E
256	7

Dari data tabel diatas, maka dapat disimpulkan kebutuhan Gedung-A Universitas Mpu Tantular akan proteksi petir yang ditentukan berdasarkan indeks-indeks tersebut dapat diperoleh dari persamaan berikut :

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

$$R = 3 + 2 + 6 + 0 + 7$$

$$\mathbf{R = 18}$$

Tabel 16 Perkiraan Bahaya Gedung-A

R = A+B+C+D+E	Perkiraan Bahaya	Pengamanan
Dibawah 11	Diabaikan	Tidak Perlu
Sama Dengan 11	Kecil	Tidak Perlu
12	Sedang	Agak Dianjurkan
13	Agak Besar	Dianjurkan
14	Besar	Sangat Dianjurkan
Lebih Dari 14	Sangat Besar	Sangat Perlu

Dengan nilai **R = 18**, berdasarkan indeks PUIPP, menunjukkan bahwa Gedung-A Universitas Mpu Tantular sangat memerlukan sistem proteksi petir.

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia 03-7015-2004 dalam menentukan seberapa besar risiko pada Gedung-A Universitas Mpu Tantular terhadap sambaran petir, perlu dilakukan dengan perhitungan rata-rata frekuensi sambaran petir langsung pertahun (Nd), dapat diperoleh dengan perhitungan densitas rata-rata sambaran petir ke tanah /km² /tahun (Ng) di Jakarta, dikalikan dengan area cakupan ekivalen dari bangunan Gedung-A Universitas Mpu Tantular.

Sedangkan untuk mendapatkan nilai densitas sambaran petir ke tanah (Ng), dapat dihitung dari persamaan :

$$Ng = 0,04 Td^{1.25}$$

Dimana berdasarkan data hari guruh (Td) yang dikeluarkan oleh BMKG, maka Gedung-A Universitas Mpu Tantular yang berada pada wilayah Jakarta, diperoleh data hari guruh sebesar 193 rata-rata pertahun, maka :

$$Ng = 0,04 Td^{1.25}$$

$$Ng = 0,04 \times 193^{1.25}$$

$$Ng = 0,04 \times 719,36$$

$$Ng = 28,77 \text{ /km}^2\text{/tahun}$$

Area cakupan ekivalen dari Gedung-A Universitas Mpu Tantular dapat dihitung dengan persamaan :

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

$$Ae = (46,3 \times 30) + 6 \times 38(46,3 + 30) + 9 \times 3,14 \times 38^2$$

$$Ae = 1389 + 17396,4 + 40807,44$$

$$Ae = 59592,84 \text{ m}^2$$

Setelah mengetahui nilai densitas rata-rata sambaran petir ketanah (Ng) dan Area cakupan ekivalen, maka dapat dihitung frekuensi rata-rata sambaran petir kebangunan, yaitu dengan menggunakan persamaan:

$$Nd = Ng \times Ae \times 10^{-6}$$

$$Nd = 28,77 \times 59592,84 \times 10^{-6}$$

$$Nd = 1,71 \text{ km}^4\text{/tahun}$$

Dari nilai frekuensi rata-rata sambaran petir ke bangunan dan nilai ketetapan frekuensi sambaran petir maksimum yaitu 10^{-1} . Dengan nilai $Nd > Nc$ maka Gedung-A Universitas Mpu Tantular memerlukan sistem proteksi petir dengan tingkat efisiensi yang dapat ditentukan dengan persamaan :

$$E = 1 - \frac{Nc}{Nd}$$

$$E = 1 - \frac{10^{-1}}{1,71}$$

$$E = 1 - 0,06$$

$$E = 0,94$$

Dengan nilai efisiensi yang diperoleh, dapat ditentukan tingkat proteksi Gedung-A Universitas Mpu Tantular berada pada tingkat proteksi kelas II seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.6 berikut :

Tabel 17 Tingkat Proteksi Gedung-A Universitas Mpu Tantular

Tingkat Proteksi	Effisiensi SPP (E)
I	0,98
II	0,95
III	0,90
IV	0,80

Dalam sistem penyalur petir, selain perencanaan sistem terminasi udara yang tepat dimana perencanaan penempatan *splitzen* pada posisi yang telah ditentukan melalui simulasi bola gulir, perlu juga melakukan perencanaan sistem terminasi bumi. Sistem terminasi bumi perlu dirancang sedemikian rupa sehingga memperkecil tegangan sentuh atau tegangan langkah sehingga aman bagi manusia dan peralatan yang terdapat disekitarnya. Sistem terminasi bumi yang akan ada dalam perancangan adalah dengan metode perhitungan *single rod*.

Sebelum melakukan analisa perhitungan perencanaan sistem terminasi bumi, langkah pertama yang dilakukan adalah melakukan pengukuran tahanan jenis tanah (*soil resistivity test*). Hasil

pengukuran soil resistivity dilakukan menggunakan alat ukur *Meger Earth Tester Kyoritsu KEW4106* dengan metode 4 pole dengan jarak masing-masing pasak (a) 10 meter. Kondisi cuaca cerah dan lokasi kering pada saat pengukuran dilakukan di Gedung-A Universitas Mpu Tantular.

Hasil dari pengukuran yang telah dilakukan didapat nilai hambatan terukur pada alat ukur sebesar 0,11 Ω dan nilai tahanan jenis tanah 6,9 Ω .m.



Gambar 1 Alat Ukur Hambatan

Dari hasil pengukuran tersebut akan dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai Tahanan Jenis Tanah dengan menggunakan rod tembaga dengan diameter 16 mm menggunakan persamaan :

$$\rho = 2 \times \pi \times a \times Rg$$

$$\rho = 2 \times 3,14 \times 10 \times 0,11$$

$$\rho = 6,91 \Omega.$$

Pada perencanaan sistem penyalur petir Gedung-A Universitas Mpu Tantular, menggunakan elektroda pbumian dengan diameter 16mm (0,016 meter) dan panjang 9 meter menggunakan elektroda pbumian berbentuk radial. Sehingga nilai tahanan pentanahan dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan :

$$R_p = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln \left(\frac{4L}{d} \right) - 1 \right]$$

$$R_p = \frac{6,91}{2 \times 3,14 \times 9} \left[\ln \left(\frac{4 \times 9}{0,016} \right) - 1 \right]$$

$$R_p = 7,66 \left[\ln \left(\frac{4 \times 9}{0,016} \right) - 1 \right]$$

$$R_p = 0,82 \Omega$$

Dari perhitungan diatas, dapat dilihat, jika tahanan pentanahan sebesar 0,82 Ω . Nilai tersebut sudah dibawah nilai standar, sehingga tidak diperlukan melakukan pengolahan tanah untuk mencapai nilai yang diinginkan.

Perencanaan Titik Proteksi Petir

Setelah diketahui tingkat proteksi Gedung-A pada tingkat 2, maka langkah selanjutnya yaitu melakukan simulasi penempatan titik-titik terminasi udara dengan menggunakan metode bola gulir atau Rolling Sphere. Berdasarkan tabel 4.8. Radius bola gulir pada tingkat proteksi level 2 berjari-jari 30 meter

Tabel 18 Radius Bola Gulir Berdasarkan Tingkat Proteksi Level 2

Level Proteksi	h(m) R(m)	20	30	45	60	Lebar Jala (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

Catatan: * hanya menggunakan bola bergulir dan dan jala dalam kasus ini.

Pada perencanaan sistem penyalur petir pada Gedung-A ini, menggunakan terminasi udara (*splitzen*) dengan tinggi 0,5 meter dan berdiameter 0,015 meter berbahan tembaga.



Gambar 2 Sistem Terminasi Udara / *Splitzen*

Sistem konduktor pada perencanaan kali ini menggunakan plat pita tembaga dengan ukuran 25 mm x 3 mm. Berdasarkan tabel maka pada tingkat proteksi level 2 menggunakan lebar jala-jala sebesar 10 meter.

Sistem terminasi bumi menggunakan batang tembaga berdiameter 16 mm dengan panjang 9 meter dengan batang modular yang dapat dipisah-pisah sehingga memudahkan dalam pemasangan dan berbentuk lingkaran padat (*solid circular rod*).



Gambar 3 Elektroda Pembumian

Metode pemasangan batang elektroda bumi dengan cara ditekan menggunakan alat bantu berupa Earth Hammer, sehingga batang elektrode pembumian dapat menempel secara erat dengan tanah.



Gambar 4 Earth Hammer

Simulasi penempatan titik-titik batang terminasi udara menggunakan simulasi bola gulir dengan radius bola sebesar 30 meter pada perangkat lunak ZWCad seperti pada gambar 4.6. berikut.

Adapun jarak dari bangunan yang mungkin terkena dampak dapat dihitung dengan persamaan :

$$Lm = \sqrt{2(h_1 + h_2)r_{sc} - (h_1 + h_2)^2}$$

Dimana :

Lm = Jarak dari bangunan yang mungkin terkena dampak (meter)

h_1 = Ketinggian bangunan yang akan dilindungi (meter)

h_2 = Ketinggian terminasi udara yang dipilih (meter)

$$Lm = \sqrt{2(h_1 + h_2)r_{sc} - (h_1 + h_2)^2}$$

$$Lm = \sqrt{2(38 + 0,5)30 - (38 + 0,5)^2}$$

$$Lm = \sqrt{2(38 + 0,5)30 - (38 + 0,5)^2}$$

$$Lm = 28,77 \text{ m} = 28770 \text{ mm}$$

Jarak desain pemisahan

Jarak pemisahan bangunan adalah:

Dimana :

L_d = Jarak desain pemisahan

f_s = Safety Factor

$$L_d = \frac{28,77}{(1 + 0,8)}$$

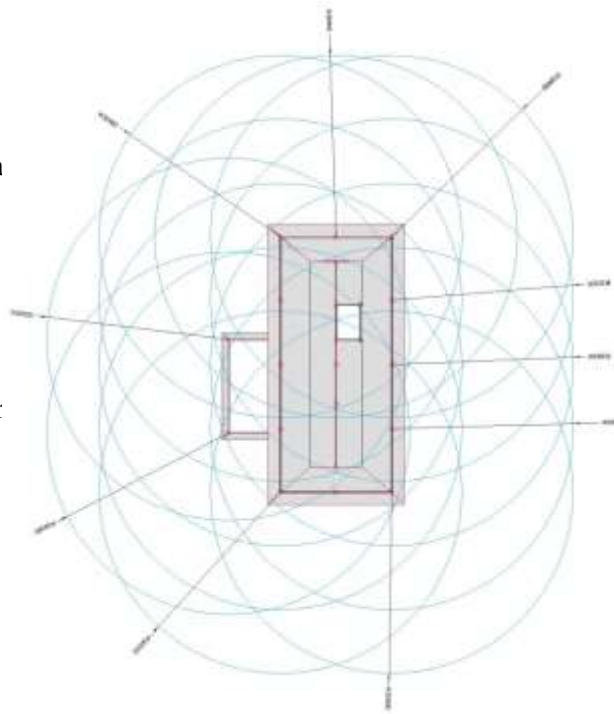
$$L_d = 15,98 \text{ m} = 15980$$

Sehingga desain jarak

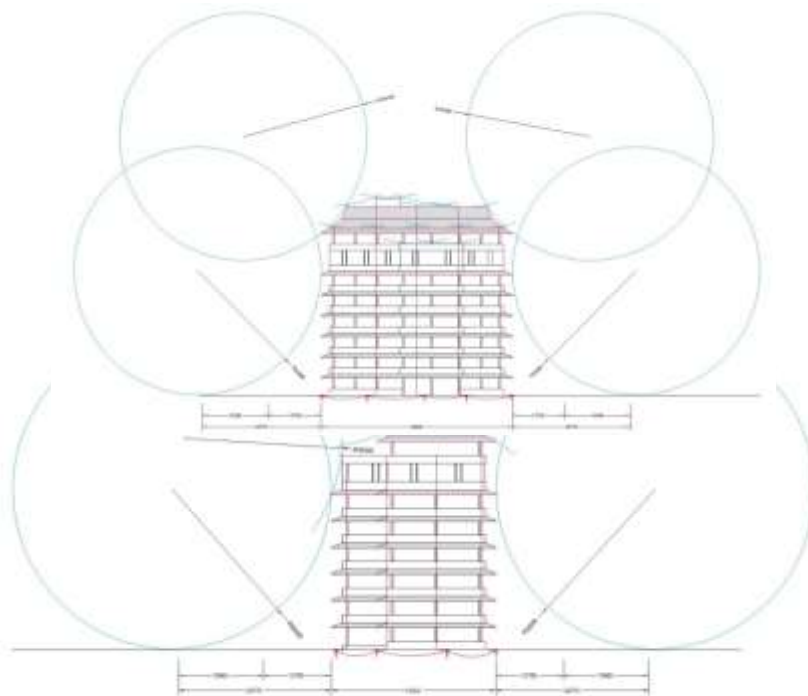
$$L_s = L_m - L_d$$

$$L_s = 28,77 - 15,98$$

$$L_s = 12,79 \text{ m} = 12790$$



Jarak pemisahan (meter)



Gambar 6 Tampak Samping

Gambar 7 Tampak Atas

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Cara menentukan titik-titik penempatan *splitzen* pada Gedung-A Universitas Mpu Tantular secara optimal yaitu dengan melakukan simulasi bola gulir / rolling sphere seperti yang telah dijabarkan di atas sehingga baik bangunan maupun manusia yang ada di dalam bangunan Gedung-A tersebut menjadi aman.
2. Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan pada bab sebelumnya bahwa Gedung-A Universitas Mpu Tantular tergolong pada tingkat kerawanan petir tinggi sehingga sangat perlu memasang proteksi petir pada level II.
3. Cara menentukan kebutuhan sistem terminasi udara, sistem konduktor, dan sistem terminasi bumi dengan melakukan perhitungan dan simulasi bola gulir sehingga sesuai dengan standar SNI 7015-2004.

DAFTAR PUSTAKA

- Hosea, Emmy, Edy Iskanto, Harnytris M. Luden. (2004). Penerapan Metode Jala, Sudut Proteksi dan Bola Gulir Pada Sistem Proteksi Petir Eksternal yang Diaplikasikan pada Gedung W Universitas Kristen Petra. *Jurnal Teknik Elektro* volume 4. Nomor 2.
- S. N. Indonesia. Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000), vol. 2000, no. PUIL, 2000.
- S.N. Indonesia. 03-7014.1-2004. Proteksi Bangunan Terhadap Petir. Badan Standarisasi Nasional.
- S.N. Indonesia. 03-7015-2004. Sistem Proteksi Petir Pada Bangunan Gedung. Badan Standarisasi Nasional.
- Suryadi, Aris. (2017). Perencanaan Instalasi Penangkal Petir Eksternal Metoda Franklin Pada Politeknik Enjinereng Indorama. *Jurnal Sinergi* Vol. 21, No. 3.
- Zoro, Reynaldo. (2018). *Sistem Proteksi Petir Pada Sistem Tenaga Listrik*. Bandung: Remaja Rosdakarya.