

Analisis Sistem Pentanahan Gedung Admisi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

(Analysis Grounding System of Admission Building University of Muhammadiyah Yogyakarta)

Al Kahfi Abdullah

Teknik Elektro, Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Jl. Ring Road Barat, Tamantirto, Kasihan, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta 55184
Abdullah.alkahfi99@gmail.com

ABSTRACT

The purpose of earthmoving system of Admission Building of Muhammadiyah University of Yogyakarta for building protection from lightning hazard, noise flow due to isolation failure, lightning strike, lightning electromagnetic field and analyzed by IEC, IEEE, Permenaker, SNI and PUIPP standards.

The methodology uses a comparison of the value of the building resistance values in both the schematic drawing and actual field conditions which are then analyzed by default. The supporting data is obtained from references to books and journals related to the earthing system.

The results of the admission building analysis need very high lightning protection level of protection of IV, the diameter of lightning protection 77.43 m, the protection surface area of 114365.35 m² and the failure rate of lightning protection by 0.5%. Grounding resistance of 0.65 Ω for lightning strain, 1.90 Ω for electrical grounding, 2.13 Ω for earthing earthing. Delivery of the smallest soil 2.5 mm² then the results of analysis on the earthing system Admission Building Muhammadiyah University of Yogyakarta is in accordance standard.

Keywords: Grounding, Protection, Standard

1. PENDAHULUAN

Posisi Indonesia yang dilalui garis katulistiwa menyebabkan Indonesia beriklim tropis, akibatnya Indonesia memiliki hari guruh rata-rata per tahun yang tinggi. Dengan demikian bangunan-bangunan di Indonesia menjadi riskan terhadap sambaran petir. Kerusakan yang ditimbulkan dapat membahayakan peralatan dan manusia yang berada dalam bangunan atau gedung tersebut. Petir merusak struktur yang terbuat dari bahan seperti batu, kayu, beton dan baja yang dapat mengalirkan arus listrik yang tinggi dari petir sehingga dapat memanaskan bahan dan akan menyebabkan kebakaran atau kerusakan berbahaya lainnya.

Berdasarkan hasil pengolahan data yang dilakukan, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Stasiun Daerah Istimewa Yogyakarta, provinsi DIY mempunyai hari guruh atau *Iso Keraunic Level* (IKL) yang cukup tinggi yakni 270 hari guruh pertahun. Hal ini didukung dengan curah hujan yang tinggi, sehingga daerah ini cukup potensial terhadap sambaran petir

Untuk mengurangi dampak kerusakan akibat sambaran petir maka perlu dipasang sistem pengamanan berupa sistem pentanahan gedung bertingkat yang handal dan memenuhi persyaratan yang berlaku, karena hakekat pengamanan suatu bangunan atau objek terhadap sambaran petir adalah penyediaan suatu sistem yang direncanakan dan dilaksanakan dengan baik. Sehingga jika terjadi

sambaran maka sarana inilah yang akan menyalurkan arus petir ke dalam tanah dengan aman tanpa menimbulkan bahaya bagi manusia, peralatan dan benda yang ada didalam, diluar ataupun disekitar bangunan (Bandri S, 2012).

Dampak dari sambaran petir pada Gedung Admisi perlu mendapat perhatian, dikarenakan bangunan tersebut berfungsi sebagai kantor administrasi akademik yang terdapat data data penting yang berkaitan dengan civitas akademik di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Maka dari kondisi tersebut gedung admisi perlu adanya sistem pentanahan yang efektif untuk mengamankan gedung dari bahaya sambaran petir.

2. TUJUAN PENELITIAN

Mengetahui tingkat kebutuhan sistem pentanahan untuk proteksi petir, presentase kegagalan sistem pentanahan gedung admisi terhadap petir, dan kecocokan nilai perhitungan sistem pentanahan dan data lapangan dengan standar.

3. LANDASAN TEORI

3.1 Definisi Sistem Pentanahan

Sistem pentanahan yaitu hubungan penghantar yang menghubungkan sistem, *body* peralatan dan instalasi dengan bumi/tanah sehingga dapat mengamankan manusia dari sengatan listrik, dan mengamankan bagian instalasi dari bahaya tegangan

atau arus yang tidak normal . Sehingga sistem pentanahan menjadi bagian esensial dari sistem tenaga listrik. (Prih Sumardjati, dkk).

3.2 Fungsi Pentanahan

Pentanahan digunakan untuk pengamanan individual, pengaman peralatan dan bangunan, dan pengurangan noise.

3.3 Macam Sistem Pentanahan

2.2.3 A. Sistem Pentanahan Netral.

Ada lima macam skema pentanahan netral sistem daya, yaitu:

a.Sistem Hantar Tanah dan Netral Disatukan (Terra Neutral Combined) TN-C

Pada skema pentanahan ini hantaran netral dan hantaran pengaman digabung menjadi satu secara toal . Skema ini menggunakan hantaran netral dan hantaran pentanahan dengan hantaran yang sama. (Prih Sumardjati, dkk.)

b. Sistem Pentanahan Kombinasi Hantar Tanah dan Netral Terpisah TN-C-S (Terra Neutral Combined Separated) TN-C-S

Skema pentanahan ini hantaran netral dan hantaran pengaman digabung menjadi satu hantaran pada sebagian sistem dan terpisah pada sebagian sistem yang lain. Gambar 2.2 menunjukkan bahwa bagian sistem 1 dan 2 memiliki satu hantaran pentanahn yang dikombinasi. Sedangkan pada bagian sistem 3 menggunakan dua saluran netral dan pentanahan secara terpisah. (Prih Sumardjati, dkk.)

c. Sistem Pentanahan Netral Terpisah (Terra Netral Separated) TN-S

Skema pentanahn ini hantaran tanah pengaman dan netral terpisah dan secara menyeluruh terpasang pada sistem. Sehingga sistem pentanahan tipe ini memiliki hantar netral dan hantar tanah secara terpisah. (Prih Sumardjati, dkk.)

Jenis Tanah	Tahanan Jenis Tanah (Ohm-m)
Sawah,Rawa(Tanah Liat)	0 - 150
Tanah garapan (Tanah Liat)	10 - 200
Sawah,Tanah Garapan(Kerikil)	100 - 1000
Pengunungan(Biasa)	200 - 2000
Pengunungan(Batu)	2000 - 5000
Pinggirian sungai(Berbatu)	1000 - 5000

Gambar 2.3 Saluran Tanah dan Netral dipisah (TN-S)

2.2.3 B. Sistem Pentanahan Hantaran Tanah dengan Tanah (Terra Terra) TT

Sistem pentanahan dimana posisi hantar netral terhubung langsung ke tanah, tetapi bagian instalasi yang konduktif disambungkan ke elektroda pentanahan yang berbeda. Gambar 2.4 menjelaskan bahwa pentanahan peralatan diadakan dengan Pentanahan titik netral dan pentanahan yang berbeda. (Prih Sumardjati, dkk.)

2.2.3 C.Sistem Pentanahan Hantaran Tanah dengan Impedansi (Impedance Terra)

Sistem pentanahan jenis ini tidak memiliki hubungan langsung ke tanah tetapi melewati impedansi , sedangkan bagian konduktif instalasi terhubung secara langsung ke batang elektroda pentanahan tersendiri seperti pada gambar 2.5 dibawah ini . (Prih Sumardjati, dkk.)

3.4 Macam-macam Elektroda

Elektroda Berbentuk Batang (Rod)

Elektroda batang ialah alat pentanahan elektroda terbuat dari pipa atau besi baja yang dihubung hantaran tanah dan dipasang ke dalam tanah. Contoh rumus tahanan pentanahan untuk elektroda, di mana:

$$RG = RR = 1 + \frac{\rho}{2\pi LR} \left[\ln \left(\frac{4LR}{AR} - 1 \right) \right] \dots \dots \dots (1)$$

RG = Resistansi pentanahan (Ohm)

RR = Resistansi pentanahan untuk batang tunggal (Ohm)

ρ = Resistan jenis tanah (Ohm-meter)

LR = Panjang elektroda (meter)

AR = Diameter elektroda (meter)

3.5 Sistem Pentanahan Pengaman Petir

Fungsi sistem pentanahan selanjutnya adalah perlindungan terhadap petir dan tegangan lebih sementara akibat petir atau lebih dikenal dengan tegangan paku atau surja petir.

Frekuensi Sambaran Petir

Menurut Syakur dan Yuningtyastuti (2006), jumlah rata-rata rekuensi sambaran petir pertahun (Nd) dapat dihitung dengan perkalian kerapatan kilat ke bumi pertahun (Ng) dan luas daerah perlindungan efektif pada bangunan (Ae) :

$$Nd = Ng \times Ae \dots \dots \dots (3)$$

Kerapatan sambaran petir ke tanah dapat dipengaruhi oleh hari guruh rata-rata pertahun didaerah tersebut. Hal ini ditunjukkan oleh hubungan seperti berikut :

$$Ng = 4.10^{-2} \times T^{1.26} \dots \dots \dots (4)$$

Sedangkan Ae atau luas daerah perlindungan bangunan sebagai berikut :

$$Ae = [\{ 2(p+1) \times 3h \} + \{ 3,14 \times 9h^2 \}] \dots \dots \dots (5)$$

Sehingga dari substitusi persamaan diatas menjadi :

$$Nd = 4.10^{-2} \times T^{1.26} \times \{ \{2(p+1) \times 3h\} + \{3,14 \times 9h^2\} \} \dots \dots \dots (6)$$

Dengan keterangan sebagai berikut :

- p = Panjang bangunan
 - l = Lebar bangunan
 - h = Tinggi atap bangunan
 - T = Hari guruh wilayah per tahun
 - Nd = Total frekuensi sambaran petir langsung per tahun (sambaran/tahun).
 - Ng = Kerapatan sambaran petir ke tanah
 - Ae = Luas daerah yang masih memiliki angka sambaran petir (Nd) km²
- Perhitungan Kegagalan Perlindungan Penangkal Petir

Menurut Karahap (2007) pada tahun 1960, Proovost mengemukakan suatu *resume* yang cukup baik tentang perananan kawat *tanah* dan penangkal petir. Jumlah gangguan akibat kegagalan penangkal petir dapat dihitung dengan metode konvensional dan beberapa pertimbangan.

1. Mengetahui jumlah total hari guruh pertahun IKL (Iso Keraunic Level) Dari data BMKG wilayah DIY pada Bulan November 2016- November 2017 mencapai 270 Hari guruh pertahun.

2. Menghitung luas daerah yang dilindungi penangkal petir (A).

$$A = \pi r^2 + S \times d \dots \dots \dots (7)$$

3. Menghitung harga kerapatan sambaran petir (D)

$$D = 9,875.10^{-8} \times IKL \dots \dots \dots (8)$$

4. Menghitung jumlah sambaran petir yang terjadi pada penangkal petir (L)

$$L = 100.1000/S \times A \times D \dots \dots \dots (10)$$

5. Kemungkinan kegagalan penangkal petir

$$\text{Log } P_0 = 0.06 \times (\theta - 2,2) \dots \dots \dots (11)$$

Kebutuhan Perlindungan Terhadap Petir

Sebuah sistem penangkal petir harus dapat melindungi semua bagian dari struktur bangunan dan arealnya , termasuk manusia serta peralatan yang ada didalamnya terhadap ancaman bahaya dan kerusakan akibat sambaran petir. Selanjutnya akan dibahas teori tentang bagaimana menganalisis besar kebutuhan bangunan atau gedung akan akan perlindungan terhadap petir menggunakan Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP), *International Electrotechnical Commision* (IEC) 1024-1-1, dan Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-7015-2004.

2.2.9.1 Berdasarkan Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP)

Besarnya kebutuhan tersebut mengacu kepada penjumlahan indeks-indeks tertentu yang mewakili keadaan bangunan disuatu lokasi dan dituliskan sebagai berikut :

$$R = A+B+C+D+E \dots \dots \dots (12)$$

Dari persamaan tersebut semakin besar nilai indeks akan semakin besar kebutuhan bangunan tersebut akan sistem proteksi petir. Beberapa Indeks perkiraan bahaya petir di tunjukkan ke dalam tabel berikut ini :

Tabel 2.3 Indeks A: Bahaya Berdasarkan Jenis Bangunan

Penggunaan dan Isi	Indeks A
Bangunan biasa yang tak perlu diamankan baik bangunan maupun isinya	-10
Bangunan dan isinya jarang digunakan misalnya dangau di tengah sawah atau ladang, menara atau tiang dari metal	0
Bangunan yang berisi peralatan sehari-hari atau tempat tinggal misalnya rumah tinggal, industri kecil, dan stasiun kereta api	1
Bangunan atau isinya cukup penting misalnya menara air, toko barang-barang berharga dan kantor pemerintah	2
Bangunan yang berisi banyak sekali orang, misalnya bioskop, sarana ibadah, sekolah, dan monumen bersejarah yang penting	3
Instalasi gas, minyak atau bensin, dan rumah sakit	5
Bangunan yang mudah meledak dan dapat menimbulkan bahaya yang tidak terkendali bagi sekitarnya misalnya instalasi nuklir	15

(Sumber : Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP))

Tabel 2.4 Indeks B: Bahaya Berdasarkan Konstruksi Bangunan

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

(Sumber : Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP))

Tabel 2.5 Indeks C: Bahaya Berdasarkan Tinggi Bangunan

Tinggi bangunan sampai.....(m)	Indeks C
6	0
12	2
17	3
25	4
35	5
50	6
70	7
100	8
140	9
200	10

(Sumber : Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP))

Tabel 2.6 Indeks D: Bahaya Berdasarkan Situasi Bangunan

Situasi Bangunan	Indeks D
Di tanah datar pada semua ketinggian	0
Di kaki bukit sampai ¼ tinggi bukit atau di pegunungan sampai 1000 meter	1
Di puncak gunung atau pegunungan yang lebih dari 1000 meter	2

(Sumber : Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP))

Tabel 2.7 Indeks E: Bahaya Berdasarkan Hari Guruh

Hari Guruh per tahun	Indeks E
2	0
4	1
8	2
16	3
32	4
64	5
128	6
256	7

(Sumber : Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP))

Tabel 2.8 Indeks R: Perkiraan Bahaya Berdasarkan PUIPP

R	Perkiraan Bahaya	Pengamanan
Di bawah 11	Diabaikan	Tidak perlu
Sama dengan 11	Kecil	Tidak perlu
12	Sedang	Dianjurkan
13	Agak besar	Dianjurkan
14	Besar	Sangat dianjurkan
Lebih dari 14	Sangat besar	Sangat perlu

(Sumber : Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP))

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-7015-2004 dan *International Electrotechnical Commission (IEC) 1024-1-1*. Pemilihan tingkat proteksi memadai untuk suatu sistem perlindungan terhadap petir didasarkan pada frekuensi sambaran petir langsung setempat yang diperkirakan mengenai struktur bangunan yang dilindungi (N_d) persamaan (6) dan data BMKG D.I.Y 2017 menyebutkan nilai frekuensi sambaran tahunan setempat (N_c) yang diperoleh sebesar 0,723 / tahun.

Jika $N_d \leq N_c$ tidak memerlukan sistem perlindungan terhadap petir

Jika $N_d > N_c$ diperlukan sistem proteksi petir dengan efisiensi :

$$E \geq 1 - N_c / N_d \dots \dots \dots (13)$$

Tingkat perlindungan ditentukan sesuai 2.9

Tabel 2.9 Efisiensi Sistem

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

(Sumber : SNI 03-0715-2004 : 13)

2.2.10 Metode Ruang Perlindungan Konvensional

Berdasarkan SNI 03-0715-2004, ruang perlindungan terhadap petir konvensional adalah ruang perlindungan terhadap sambaran petir berbentuk kerucut dengan sudut puncak 25° sampai 55°. Hal ini dapat dilihat pada table 2.10. Pemilihan besar sudut perlindungan terhadap petir ini berdasar tingkat proteksi. Setelah itu dapat dihitung jari-jari (r) zona perlindungan dengan persamaan (13) yakni :

$$\tan \alpha = r/h \dots \dots \dots (14)$$

Dimana

$\alpha = \theta$ = Besar sudut perlindungan berdasar table 2.10 (°)

r = Jari jari zona proteksi (m)

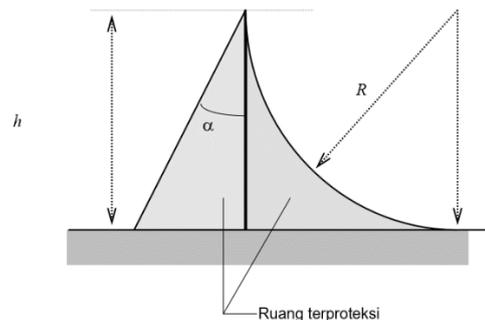
h = Tinggi dari tanah ke ujung finial (m)

Tabel 2.10 Penempatan terminasi Udara Sesuai dengan Tingkat Proteksi

Protection level Tingkat proteksi	h (m)	α (°)				Mesh width (m) Lebar mata jala (m)
		20	30	45	60	
I	20	25	*	*	*	5
	30	35	25	*	*	10
II	45	45	35	25	*	10
	60	55	45	35	25	20

* Rolling sphere and mesh only apply in these cases.
* Hanya menggunakan bola bergulir dan jala dalam kasus ini.

(Sumber : Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir.)



Gambar 2.11 Sudut dan ruang proteksi petir.

Semua benda yang berada di ruang proteksi akan terhindar dari sambaran petir. Sedangkan benda-benda yang berada didaerah kerucut proteksi tidak akan terlindungi. (SNI 03-0715, 2004: 25). Menurut Peraturan Menteri Tenaga Kerja hal hal yang terkait tentang pengawasan instalasi penyalur petir menyebutkan bahwa :

Pasal 14 ayat 1-3 bahwasanya batasan ruang perlindungan dengan metode konvensional berbentuk kerucut sudut proteksi tidak boleh lebih dari 112° dari sisi ke sisi. Pasal 20 a dan b menjelaskan bahwa Bahan penghantar pentanahan

yang dipasang khusus harus digunakan kawat tembaga atau bahan yang sederajat dengan ketentuan a. minimal penampang 50 mm² dan b. semua penampang hantaran dapat dipakai dengan serendah-rendah tebalnya 2 mm.

4. METODELOGI

4.1 Alat dan Bahan

Alat dan Bahan yang diperlukan dalam proses Analisis sistem cerdas AC VRV di gedung Admisi UMY adalah sebagai berikut.

- Software AutoCad
- Software Microsoft Office (MS. Word dan MS Excel)
- Schematic Diagram Elektrikal dan Elektronis
- Denah Arsitektur Gedung Admisi UMY
- Brosur dan katalog
- Kalkulator
- Data Sheet Penangkal Petir FV-6
- Bahan yang digunakan dalam penelitian, yaitu:
 - a. Denah arsitektur gedung Admisi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
 - b. PUIPP (Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir)
 - c. SNI 02-7015-2004
 - d. Permenaker 1970
 - e. IEEE Std 80 dan IEC 1024-1-1

4.2 Langkah-Langkah Penelitian

1. Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan untuk mendapatkan informasi-informasi mengenai dasar teori, metode penelitian dan konsep yang relevan berkaitan dengan permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir. Dari informasi tersebut dapat digunakan sebagai acuan dalam penyelesaian tugas akhir ini studi pustaka yang dilakukan dengan mencari informasi dalam refrensi dan refrensi dalam bentuk jurnal penelitian, buku refrensi, laporan tugas akhir serta informasi dari interner maupun sumber lainnya.

2. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Setelah studi pendahuluan, permasalahan sistem proteksi kebakaran pada gedung Admisi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dapat diidentifikasi. Kemudian penyebab dari permasalahan dapat ditelusuri. Dalam menelusuri akar penyebab permasalahan, dilakukan melalui pengumpulan data mengenai sistem pentanahan gedung admisi baik untuk sistem penangkal petir, elektrikal dan elektronis

3. Studi Literatur

Studi literature dilakukan untuk memperoleh referensi mengenai rumusan-rumusan serta standar nasional maupun internasional mengenai sistem

pentanahan. Untuk standar yang digunakan adalah Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP), Peraturan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2000, Standar Nasional Indonesia (SNI) 02-7015-2004, Permenaker 1970 IEEE Std 80 dan International Electrotechnical Commission (IEC)

1024-1-1.

4. Pengambilan data

Digunakan untuk melihat kondisi dan lingkungan bangunan, wawancara dengan pembimbing lapangan sehingga proses analisis sistem pentanahan untuk gedung admisi dapat berjalan.

1. Data Primer

Data yang diperoleh dari hasil studi dan pengamatan langsung terhadap objek penelitian. Salah satu metode yang digunakan untuk mendapatkan data primer adalah wawancara (interview) pada saat berada dilapangan.

2. Data Sekunder

Data sekunder meliputi hari guruh dari BMKG wilayah Yogyakarta, data Gedung Admisi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Denah gedung yang digunakan untuk menghitung luas daerah yang memiliki angka daerah sambaran petir, tingkat kebutuhan petir dan untuk menganalisis radius sudut perlindungan pada gedung. Data jenis bahan bangunan, hari guruh, skema daftar gambar elektrikal dan elektronis gedung admisi untuk menganalisis sistem pentanahan yang digunakan.

5. Pengolahan Data

Tahapan berikutnya dalah pengolahan data. Pada tahap ini dilakukan perhitungan terhadap data-data yang diperoleh sesuai metode yang ada. Analisis data sistem pentanahan Gedung Admisi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta meliputi :

1. Analisis Sitem Pentanahan Gedung Admisi Terhadap Petir

Menghitung tingkat kebutuhan gedung terhadap perlindungan petir, sudut perlindungan penangkal petir dengan metode konvensional, jumlah gangguan yang terjadi akibat kegagalan perlindungan penannkal petir.Membandingkan tahanan tanah yang terukur dengan standar yang digunakan.

2. Analisis Sistem Pentanahan Elektrikal dan Elektronis Gedung Admisi

Membandingkan tahanan tanah terukur dengan standar yang digunakan, membuat tabel perbandingan kabel pentanahan yang terpasang dengan standar Permenaker 1970.

3. Analisis Sistem Pentanahan Elektronik Gedung Admisi

Membandingkan tahanan tanah terukur dengan standar yang digunakan, membuat tabel

perbandingan kabel pentanahan yang terpasang dengan standar Permenaker 1970.

6. Hasil Analisis

Setelah hasil didapat maka dapat diambil kesimpulan berdasar perbandingan data hasil olahan dengan standar yang diambil dari beberapa aturan dan standar baik dalam negeri maupun internasional. Hasil dinyatakan baik dan benar apabila sesuai dengan tidak melewati Batasan standar yang digunakan.

5. HASIL ANALISIS

5.1 Standar PUIPP

Berdasar Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP) besar kebutuhan perlindungan petir dengan tabel indeks yang menyatakan faktor factor tertentu pada PUIPP seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.3 sampai tabel 2.7. dan Tabel 2.8 penjumlahan indeks yang dipilih dari tabel-tabel sebelumnya. Maka hasil tingkat kebutuhan akan perlindungan terhadap petir seperti persamaan (12) :

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

Semakin besar nilai R semakin besar pula kemungkinan kerusakan yang ditimbulkan oleh petir pada gedung, sehingga kebutuhan gedung terhadap perlindungan terhadap petir semakin besar.

1. Tabel 2.3 Gedung Admisi Universitas Muhammadiyah mempunyai indeks A sebesar 3 karena gedung berisi cukup banyak orang , tempat sarana penunjang pendidikan dan perkuliahan, sehingga banyak data penting yang harus diamankan
2. Tabel 2.4 Gedung Admisi Universitas Muhammadiyah mempunyai indeks B sebesar 2 , gedung admisi termasuk bangunan beton dengan rangka baja dengan atap non logam.
3. Tabel 2.5 Gedung Admisi Universitas Muhammadiyah mempunyai indeks C sebesar 4 karena tinggi bangunan mencapai 23 meter
4. Tabel 2.6 Gedung Admisi Universitas Muhammadiyah mempunyai indeks D sebesar 0 karena berada di tanah datar pada semua ketinggian.
5. Tabel 2.7 Gedung Admisi Universitas Muhammadiyah mempunyai indeks E sebesar 7 karena wilayah D.I.Yogyakarta memiliki hari guruh sebesar 270 hari guruh per tahun sejak Januari 2017 – November 2017. Berdasarkan data pemetaan BMKG.

Berdasarkan Indeks tersebut Nilai Indeks R untuk gedung admisi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yaitu :

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

$$R = 3 + 2 + 4 + 0 + 7$$

$$R = 16$$

Sehingga berdasarkan tabel 2.8 nilai R = 16 menunjukkan bahwa gedung admisi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta mempunyai perkiraan sambaran petir yang sangat besar dan sangat perlu untuk memiliki sistem perlindungan petir dan pentanahan yang sesuai standard.

Analisis Daerah Perlindungan Petir dengan SNI 03-7015-2004 dan IEC 1024-1-1 Daerah perlindungan (Ae) pada gedung admisi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dengan panjang 34 m, lebar 33,5 m dan tinggi 23 meter maka berdasarkan persamaan (5) adalah :

$$Ae = \{ \{ 2(p+1) \times 3h \} + \{ 3,14 \times 9h^2 \} \}$$

$$Ae = \{ \{ 2(34+33,5) \times 3 \times 23 \} + \{ 3,14 \times 9 \times 23^2 \} \}$$

$$Ae = 9315 + 14949,54$$

$$Ae = 24264,54 \text{ m}^2 = 0,024 \text{ km}^2$$

Kerapatan sambaran petir ke tanah rata-rata per tahun (Ng) berdasar persamaan (4) yakni :

$$Ng = 4 \cdot 10^{-2} \times T^{1,26}$$

$$Ng = 4 \cdot 10^{-2} \times 290^{1,26}$$

$$Ng = 46,299 \text{ sambaran/km}^2/\text{tahun}$$

Frekuensi sambaran petir langsung setempat yang diperkirakan ke struktur yang diproteksi berdasarkan persamaan (6) substitusi yaitu :

$$Nd = Ng \times Ae$$

$$Nd = 46,299 \cdot 0,024$$

$$Nd = 1,111 \text{ sambaran / tahun}$$

Data BMKG D.I.Yogyakarta menyebutkan nilai frekuensi sambaran tahunan setempat (Nc) yang diperoleh sebesar 0,723 / tahun. Sehingga Nilai Nd lebih besar dari nilai Nc maka diperlukan suatu sistem dengan perlindungan dengan efisiensi berdasarkan persamaan (13) yaitu :

$$E \geq 1 - \frac{Nc}{Nd} = \frac{0,723}{1,111}$$

$$E \geq 1 - 0,65$$

$$E \geq 0,45$$

Hasil perhitungan diatas dapat ditarik kesimpulan sementara bahwa Gedung Admisi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta pada tabel 2.9 termasuk kategori Tingkat proteksi IV dengan pendekatan nilai efisiensi dibawah 0,8. Dengan demikian menurut tabel 2.10 sudut perlindungan yang didapat sebesar 55⁰ karena ketinggian gedung lebih dari 20m tetapi kurang dari 30 m.

Setelah mengetahui sudut perlindungan gedung terhadap petir maka jari-jari perlindungan Finial Type Flash Vector FV-6 dan ketinggian total gedung dengan finial / penangkal petir menjadi 23m + 4m sehingga total 27 m sehingga dapat dihitung dengan persamaan (11) yaitu :

$$\tan \alpha = r/h$$

$$\tan 55^0 = r/26 \text{ m}$$

$$r = \tan 55^0 \cdot 26 \text{ m}$$

$$r = 1,428 \cdot 26 \text{ m}$$

$$r = 37,13 \text{ m}$$

Maka diameter perlindungan pada gedung Admisi Muhammadiyah Yogyakarta didapat sebesar $(d) = 2r = 74,26 \text{ m}$. Sehingga dari diameter yang sudah diketahui dapat dihitung seberapa besar luas area perlindungan gedung admisi dan persentase kegagalan perlindungan penangkal petir gedung admisi yang terpasang.

4.2.2 Analisis persentase kegagalan perlindungan penangkal petir Gedung Admisi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Menghitung luas daerah yang dilindungi penangkal petir (A) dengan persamaan (7) yakni :

$$A = [(\pi r^2) \times (S \times d)] / 3$$

$$A = [(3,14 \times 37,13^2) \times (26 \times 74,26)] / 3$$

$$A = (4329,91 \times 1930,76) / 3$$

$$A = 2786035,11 \text{ m}^2$$

Menghitung harga kerapatan sambaran petir (D) dengan persamaan (8) yakni :

$$D = 9,875 \cdot 10^{-8} \times \text{IKL}$$

$$D = 9,875 \cdot 10^{-8} \times 270$$

$$D = 9,875 \cdot 10^{-8} \times 270$$

$$D = 26,66 \times 10^{-6} \text{ sambaran/m}^2/\text{tahun}$$

Menghitung jumlah sambaran petir yang terjadi pada penangkal petir (L) dengan persamaan (9) yakni :

$$L = 100 / (S \times A \times D)$$

$$L = 100 / (26 \times 2786035,11 \times 26,66)$$

$$L = 51 \text{ sambaran} / 100 \text{ km}^2 / \text{tahun}$$

Kemungkinan kegagalan penangkal petir dengan persamaan (10) yakni :

$$\text{Log } P_0 = 0,06 \times (\theta - 2,2)$$

$$\text{Log } P_0 = 0,06 \times (55 - 2,2)$$

$$\text{Log } P_0 = 0,06 \times 52,8$$

$$P_0 = \text{Log } 3,168$$

$$P_0 = 0,50 \%$$

Menghitung jumlah gangguan akibat kegagalan perlindungan penangkal petir (SFO) dengan persamaan (13) yaitu :

$$\text{SFO} = P_0 \times L$$

$$\text{SFO} = 0,50 \times 51$$

$$= 25,5 \text{ gangguan} / 100 \text{ km}^2 / \text{tahun}$$

$$= 25,5 \cdot 10^{-8} / \text{m}^2 / \text{tahun}$$

Sehingga area perlindungan penangkal petir gedung admisi terdapat gangguan akibat kegagalan perlindungan penangkal petir yang terjadi sebesar :

$$\text{Total gangguan} = A \times \text{SFO} = 2786035,11 \times 6,29 \cdot 10^{-8} = 0,175 \text{ gangguan} / \text{tahun}$$

Berdasarkan hasil analisis diatas dapat diambil kesimpulan sementara kegagalan penangkal petir gedung admisi sebesar 0,5 % dan total gangguan jika terjadi kegagalan perlindungan petir 0,0072 gangguan / tahun. Maka diperlukan sistem pentanahan dan perlindungan petir internal gedung yang sesuai standar walaupun tingkat kegagalan

proteksi penangkal petir yang terpasang pada gedung admisi sangat kecil.

Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP 1983 : 50) disebutkan bahwa tahanan pentanahan yang diijinkan tidak boleh lebih dari 5 Ω . Didalam bukunya Prih, sumarjati menyebutkan tahanan elektroda batang dapat diperkirakan dengan perhitungan dengan rumus persamaan (1) yakni :

$$RG = RR = 1 + \left[\frac{\rho}{2\pi LR} \left[\ln \left(\frac{4LR}{AR} - 1 \right) \right] \right]$$

Menggunakan elektroda yang ditanam dengan batang tembaga panjang 0,3m dengan jari-jari 25 mm atau 0,025 m dan dihubungkan dengan BCC 50 mm² dengan Panjang dan kedalaman 12 m, sehingga total Panjang elektroda 12,3 m. Tipe tahanan jenis kategori tanah persawahan, bekas rawa dan merupakan tanah garapan sehingga menurut tabel 2.1 diambil nilai sebesar 100 Ωm .

$$RG = RR = 1 + \left[\frac{100}{2\pi \cdot 12,3} \left[\ln \left(\frac{4 \cdot 12,3}{0,025} - 1 \right) \right] \right]$$

$$RG = RR = 1 + 1,29,7,58$$

$$RG = RR = 1 + 9,7 = 10,7 \Omega$$

Dalam ketentuan rujukan IEEE Std., 80 (1976), untuk sistem penangkal petir, nilai tahanan pentanahannya harus $R \leq 25 \Omega$. Maka nilai perencanaan besar tahanan diatas sudah sesuai standar IEEE, namun apabila mengacu pada aturan PUIPP (1983 : 50) maka tidak dapat menggunakan elektroda tunggal oleh sebab itu dapat menggunakan konfigurasi elektroda yang terdiri dari 2 atau lebih elektroda yang dirangkai. Penerapan pemasangan elektroda pentanahan di lapangan ada 3 dengan konfigurasi yang sama, sehingga perencanaan tahanan tanah total yakni :

$$\frac{1}{REt} = \frac{1}{RE1} + \frac{1}{RE2} + \frac{1}{RE3}$$

$$\frac{1}{REt} = \frac{1}{10,7} + \frac{1}{10,7} + \frac{1}{10,7}$$

$$REt = \frac{10,7}{3}$$

$$REt = 3,56 \Omega$$

REt = Total tahanan perencanaan pentanahan
 RE1 = Tahanan perencanaan pentanahan penangkal petir.
 RE2 = Tahanan perencanaan pentanahan panel elektrikal (local)
 RE3 = Tahanan perencanaan pentanahan panel elektronik

Data pengukuran pentanahan untuk sistem pentanahan penangkal petir didapat sebesar 0,65 Ω .

Tabel 4.2 Analisis tahanan pentanahan penangkal petir.

Tabel Perbandingan Nilai Pentanahan			
Standar PUIPP	Perhitungan perencanaan tahanan tanah	Standar IEEE 80 (1976) untuk petir.	Data hasil pengukuran.
5 Ω	3,56 Ω	25 Ω	0,65 Ω.

Maka dari tabel perbandingan diatas dapat diambil kesimpulan bahwa tahanan tanah untuk penangkal petir Gedung Admisi UMY sudah memenuhi standar.

5.2 Analisis Sistem Pentanahan Elektrikal Gedung Admisi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Data hasil pengukuran pentanahan di lapangan di dapat 1,93 Ω. Disebutkan dalam standar IEEE Std., 80(1976) untuk sistem kelistrikan dan elektronik tahanan pentanahan maksimal 5 Ω.

Tabel 4.3 Analisis Tahanan Pentanahan Elektrikal

Tabel Perbandingan Nilai Pentanahan			
Standar PUIPP	Perhitungan perencanaan tahanan tanah	Standar IEEE 80 (1976) kelistrikan dan elektronik	Data hasil pengukuran
5 Ω	3,56 Ω	5 Ω	1,90 Ω.

Maka dari tabel perbandingan diatas dapat diambil kesimpulan bahwa tahanan tanah untuk pentanahan elektrikal Gedung Admisi UMY sudah memenuhi standar.

5.3 Analisis Penghantar Tanah Elektrikal

Menurut Peraturan Menteri Tenaga Kerja 1970 hal hal yang terkait tentang pengawasan instalasi penyalur petir disebutkan dalam pasal 20 bahwa bahan penghantar pentanahan yang dipasang khusus harus digunakan kawat tembaga atau bahan yang sederajat dengan ketentuan 20 b. semua penampang hantaran dapat dipakai dengan serendah-rendah tebalnya 2 mm². Pada Gedung Admisi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta penghantar terkecil menggunakan kabel pentanahan NYA 2,5 mm² dan paling besar BCC 50mm².

Keterangan :

- SDP = Sub Distribution Panel
- KK = Kotak Kontak
- LP = Lighting Panel
- AC = Air Conditioner
- PP = Power Panel
- SB = Lantai Semi Basement
- D = Lantai Dasar
- .1 = Lantai 1

5.4 Analisis Sistem Pentanahan Elektronis Gedung Admisi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Data pengukuran pentanahan untuk sistem pentanahan elektronis didapat 2,13 Ω.

Tabel 4.14 Analisis tahanan pentanahan elektronis.

Tabel Perbandingan Nilai Pentanahan			
Standar PUIPP	Perhitungan perencanaan tahanan tanah	Standar IEEE 80 (1976) untuk petir.	Data hasil pengukuran.
5 Ω	3,56 Ω	5 Ω	2,13 Ω.

Maka dari tabel perbandingan diatas dapat diambil kesimpulan bahwa tahanan tanah untuk elektronis Gedung Admisi UMY sudah memenuhi standar. Kabel hantaran tanah pada power kotak kontak elektronis menggunakan kabel tunggal NYA 10 mm² sehingga sudah sesuai standar Permenaker yang disebutkan sebelumnya.

6. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari hasil analisis berdasarkan standar yang digunakan baik PUIPP, SNI, Permenaker maupun Standar Internasional lainnya adalah :

1. Sejalan dengan analisis kebutuhan perlindungan petir menurut PUIPP gedung admisi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta memiliki bahaya sambaran petir sangat besar yakni (R=16) maka tingkat kebutuhan gedung terhadap perlindungan petir sangat dianjurkan dan pentanahan yang sesuai standar.
2. Berdasarkan analisis yang dilakukan maka perlindungan petir gedung admisi mempunyai kemungkinan kegagalan sebesar 0,5 % dengan total gangguan sambaran petir sebesar 0,175 gangguan / tahun
3. Nilai tahanan pentanahan pada perlindungan petir gedung admisi sudah memenuhi standar PUIPP, standar berdasar analisis perencanaan besar tahanan tanah 3,56 Ω dan SNI dengan nilai tahanan tanah penangkal petir 0,65 Ω, tahanan tanah elektrikal 1,90 Ω , tahanan elektronis 2,13 Ω.
4. Kabel pentanahan yang digunakan pada sistem pentanahan perlindungan petir sudah sesuai standar Permenaker 1979 Pasal 20 yakni menggunakan kabel BCC 50 mm²
5. Kabel pentanahan yang digunakan pada sistem pentanahan gedung admisis sudah sesuai standar Permenaker 1979 Pasal 20b.

6.1 SARAN

Dengan hasil kesimpulan yang diuraikan diatas, maka saran yang dapat disampaikan antara lain :

1. Sebaiknya penanaman kabel BCC untuk pentanahan yang ditanam dalam tanah diperhatikan kedalamannya karena mempengaruhi tahanan pentanahan yang terpasang.

7. DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A. 2015. *Analisa Perlindungan Surja Petir dengan Overhead Groundwire Gardu Induk Bantul. APP Salatiga Cabang Yogyakarta PLN (Persero)*. Tugas Akhir. Yogyakarta.
- Adiyaksa, D. 2011. *Analisis Resiko Dalam Merancang Sistem Penangkal Petir di PT. National Sago Prima*. Skripsi. Riau.
- Anonim 1. 1983. *Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP) Untuk Bangunan Indonesia*. Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Anonim 2. 1987. *Pedoman Perencanaan Penangkal Petir*. Departemen Perkerjaan Umum. Jakarta.
- Anonim 3. 1993. *International Standard Protection of Structure Against Lightning*. (IEC) International Electrotechnical Commission . Swiss.
- Anonim 4. 2000. *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000*. Badan Standar Nasional. Jakarta.
- Gunawan, N. 2011. *Evaluasi Sistem Proteksi Penangkal Petir Eksternal Gedung Bandara Fatmawati Soekarno Bengkulu dengan Metode Konvensional dan Elektrogeometri*. Skripsi. Universitas Bengkulu.
- Horsea, dkk. 2004. *Penerapan Metode Jala, Sudut Proteksi dan Bola Bergulir pada Sistem Proteksi Petir Eksternal Yang Diaplikasikan pada Gedung W. Univesitas Kristen Petra*. Surabaya.
- Hutagaol, S. 2009. *Studi Tentang Penangkal Petir Pada BTS (Base Transceiver Station) (Aplikasi pada PT. Telkomsel – Banda Aceh)*. Tugas Akhir. Universitas Sumatra Utara. Medan.
- Peraturan Menteri Tenaga Kerja Nomor: Per.02/Men/1989.
- Purnomo, Bayu P. 2015. *Penentuan Perlindungan Oleh Batang Penangkal Petir dengan Metode Sudut Perlindungan*. Tesis. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Prih Sumardjati, dkk. 2008. *Buku Pemanfaatan Teknik Tenaga Listrik Jilid I*. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan. Departemen Pendidikan National. Jakarta.
- Syakkur, A dan Yuningtyastuti. 2006. *Sistem Proteksi Penangkal Petir Pada Gedung Widya Puraya*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- William, D. Stevenson Jr, 1984. *Analisa Sistem Tenaga Listrik*, Erlangga : Jakarta
- Zuhail, 1995. *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*. PT Gramedia Pustaka Utama : Jakarta

Zuhail, 1986. *Dasar Tenaga Listrik*. Penerbit ITB : Bandung