

**STUDI ANALISIS SISTEM PENTANAHAN
PADA GEDUNG K.H IBRAHIM
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

Deny Febrian
Jurusan Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Email: febriandeny98@gmail.com

Abstrak

Sistem pentanahan memiliki tujuan yaitu sebagai pengaman bangunan dari bahaya akibat sambaran petir, kegagalan instalasi yang dianalisis dan dibandingkan dengan standar PUIL, PUIPP, Permenaker tahun 1989 tentang penyalur petir, SNI, IEEE, dan IEC. Pada penelitian kali ini menggunakan metodologi perbandingan nilai tahanan gedung dalam bentuk gambar skema dan kondisi dilapangan yang sesungguhnya lalu kemudian di analisis dan disimpulkan berdasarkan standar. Data pendukung didapat dari referensi buku dan jurnal yang berkaitan dengan sistem pentanahan. Pada gedung K.H Ibrahim memerlukan perlindungan petir yang tinggi dimana gedung K.H Ibrahim masuk dalam kategori III, diameter perlindungan petir gedung K.H Ibrahim adalah sebesar 57,4 m², luas permukaan proteksi sebesar 1,42 km² dan tingkat kegagalan pada proteksi petir sebesar 0,30 %. Tahanan pentanahan sebesar 2,38 Ω untuk penangkal petir sedangkan perencanaan tahanan tanahnya 1,19 Ω. Tahanan pentanahan pada elektrikal gedung E6 sebesar 2,38 Ω dan pada gedung E7 sebesar 0,56 Ω. Maka dari itu sistem pentanahan gedung K.H Ibrahim sudah memenuhi standar yang menjelaskan sistem pentanahan harus dibawah 5 Ω untuk tahanan sistem pentanahan.

I . Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan sebuah negara yang terletak di bagian Asia Tenggara serta antara samudra Pasifik dan samudra Hindia. Posisi Indonesia yang dilalui garis khatulistiwa menyebabkan Indonesia beriklim tropis, akibatnya Indonesia memiliki hari guruh rata-rata per tahun

yang tinggi. Dengan demikian bangunan-bangunan di Indonesia menjadi riskan terhadap terjadinya sambaran petir. Ketika terjadi kerusakan yang diakibatkan oleh sambaran petir maka dampak dari kerusakan itu dapat membahayakan perangkat peralatan pada bangunan tersebut

dan manusia yang berada dalam bangunan tersebut. Selain dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan yang dapat menghantarkan atau menyalurkan sambaran petir itu, petir juga dapat merusak peralatan apapun yang terbuat dari bahan sulit menyalurkan sambaran petri tersebut.

Untuk mengurangi kerusakan yang terjadi akibat sambaran petir dapat dipasangnya sistem pengaman berupa sistem pentanahan pada gedung bertingkat yang handal dan sesuai dengan standar yang berlaku baik Standar Nasional Indonesia atau Standar Internasional. Suatu pengaman bangunan adalah pelindung atau penyedia suatu sistem yang dirancang, direncanakan, dan dilakukan dengan baik.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan Penelitian Tugas Akhir ini adalah :

1. Mengetahui tingkat kebutuhan sistem pentanahan untuk proteksi petir
2. Mengetahui presentase kegagalan sistem pentanahan gedung K.H Ibrahim terhadap petir
3. Mengetahui kecocokan nilai perhitungan sistem pentanahan dan data dilapangan dengan standar gedung K.H Ibrahim
4. Untuk mengetahui apakah sistem pentanahan pada gedung K.H Ibrahim Universitas Muhammadiyah Yogyakarta sesuai dengan batas

Ketika terjadi petir maka sistem pentanahan akan mengalirkan arus petir kedalam tanah sesuai dengan fungsinya tanpa menyebabkan sesuatu yang berbahaya terhadap bangunan dan manusia.

Untuk mengurangi dampak dari sambaran petir pada Gedung KH.Ibrahim perlu mendapat perhatian, dikarenakan bangunan tersebut berfungsi sebagai gedung perkuliahan yang berkaitan dengan civitas akademik di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Maka dari itu kondisi tersebut gedung KH.Ibrahim perlu adanya sistem pentanahan yang efektif dan sesuai dengan standar untuk mengamankan gedung tersebut dari bahaya sambaran petir.

standar internasional IEEE 142-2007, PUIL 2011,Permenaker 1989, dan PUIPP.

2 Dasar Teori

2.1 Definisi Sistem Pentanahan

Sistem pentanahan adalah hal yang sangat penting dalam sistem kelistrikan karena memiliki fungsi sebagai alat untuk pengaman keselamatan maupun perlindungan terhadap bangunan,peralatan,sistem intrumentasi dan sistem tenaga.

Pada buku Teknik Pemanfaatan listrik dijelaskan bahwa Sistem pentanahan adalah Penghubung antara penangkal petir

dengan elektroda tanah yang berfungsi mengamankan peralatan dan bangunan. Sistem pentanahan baru dikenal oleh masyarakat umum pada tahun 1900 an. (Abdullah, Analisis sistem Pentanahan Gedung Admisi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, 2018)

Menurut (Richard, 2014) Sistem pentanahan yang baik adalah sistem yang memenuhi persyaratan yang berlaku seperti berikut :

- 1 Membuat jalur impedansi rendah ke tanah untuk pengaman personal dan peralatan.
- 2 Dapat melawan dan menyebarkan gangguan berulang
- 3 Menggunakan bahan yang tahan terhadap korosi kimiawi tanah.
- 4 Menggunakan sistem mekanik yang kuat.

2.2 Tahanan Jenis Tanah

Tahanan tanah adalah hal yang utama dalam sistem pentanahan. Tahanan tanah diberi satuan Ohm meter dimana jenis tanah akan menjadi tolak ukur untuk penelitian dan resitansi tanah. Tahanan jenis tanah akan berubah sewaktu-waktu dan tahanan yang berbeda dengan tanah lainnya seperti pada tabel 2.1 dibawah.

Tabel 2.1 Tahanan Jenis Tanah

Jenis Tanah	Tahanan Jenis tanah (Ohm)
Tanah Rawa	40
Tanah Liat	100
Pasir Basah	200
Kerikil Basah	500
Tanah Berbatu	1000
Air Laut dan Air Tawar	3000

2.3 Perhitungan tingkat kebutuhan sistem pentanahan terhadap sambaran petir

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

2.4 Perhitungan Daerah perlindungan penangkal petir

Menghitung daerah perlindungan penangkal petir (A_e):

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

Kerapatan sambaran petir ke tanah dengan rata-rata per tahun (N_g):

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

Frekuensi sambaran petir yang diperkirakan mengenai struktur bangunan yang dilindungi penangkal petir (N_d):

$$N_d = N_g \cdot A_e$$

Nilai efisiensi perlindungan Gedung K.H Ibrahim Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (E):

$$E \geq 1 - N_c / N_d$$

Pemilihan besar sudut dapat dihitung jari-jari (r):

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

2.5 Perhitungan persentase kegagalan perlindungan penangkal petir

Luas daerah yang terlindungi penangkal petir :

$$A = [(\pi r^2) \cdot (S \cdot D)] / 3$$

Kerapatan sambaran petir :

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

Jumlah/luas sambaran petir :

$$L = \{[100 / (A \cdot D)]\}$$

Kemungkinan terjadinya kegagalan penangkal petir :

$$\text{Log } P\theta = 0.06 \cdot (\theta - 2,2)$$

Jumlah gangguan akibat kegagalan perlindungan :

$$\text{SFO} = P\theta \cdot L$$

2.6 Perhitungan sistem pentanahan Elektroda

Rumus persamaan tahanan elektroda tanah:

$$R_G = R_R = 1 + \frac{\rho}{2\pi LR} \left[I_n \left(\frac{4LR}{AR} - 1 \right) \right]$$

Tahanan total :

$$R_{\text{total}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots \dots \dots \frac{1}{R_N}$$

3. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan cara mengukur nilai tahanan pentanahan gedung K.H Ibrahim Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dengan menggunakan alat ukur Digital Earth Resistance Tester ST-1520.



Gambar 3.1 Digital Earth Tester ST 1520

Pengukuran ini dilakukan pada 2 kondisi tanah yaitu tanah kondisi kering dan kondisi basah/lembab.

4. Hasil Penelitian

4.1 Hasil dan Analisis Data Gedung

Tabel 4.1 Data Gedung

Keterangan	Spesifikasi
Tinggi Gedung E6,E7	38 Meter (Satu Gedung)
Lebar Gedung E6,E7	32,8 Meter (satu gedung)
Panjang Gedung E6, E7	26,2 Meter (Satu Gedung)
Panjang Penangkal Petir	
Panjang batang elektroda ke Tanah	3 Meter 11,7 Meter
Hari Guruh Area D.I.Yogyakarta	59 Per tahun
Jumlah Sistem Pentanahan	3 Buah
Tipe Elektroda	Cooper Rod (Elektroda Batang panjang 0,3 m) dengan jari jari 25 mm dihubung dengan BCC 50mm

4.2 Hari Guruh

Tabel 4.2 Jumlah Hari Guruh

Bulan dan Tahun	Jumlah Hari Guruh
Februari 2018	8
Maret 2018	11
April 2018	7
Mei 2018	2
Juni 2018	0
Juli 2018	0
Agustus 2018	0
September 2018	0
Oktober 2018	0
November 2018	7
Desember 2018	4
Januari 2019	12
Februari 2019	8
Jumlah	59

(sumber : Data BMKG DIY)

4.3 Analisis Tingkat Kegagalan Perlindungan Penangkal Petir Pada Gedung K.H.Ibrahim UMY

Menghitung daerah perlindungan penangkal petir (A_e):

$$A_e = [\{2(p+1) \cdot 3h\} + \{3,14 \cdot 9h^2\}]$$

$$A_e = [\{2(52,4 \cdot 65,6) \cdot 3 \cdot 38\} + \{3,14 \cdot 9 \cdot 38^2\}]$$

$$A_e = [783736,32 + 40807,44]$$

$$A_e = 824543,76 \text{ m}^2$$

$$A_e = 0,82 \text{ km}^2$$

Kerapatan sambaran petir ke tanah rata-rata per tahun (N_g):

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

$$N_g = 4 \cdot 10^{-2} \cdot 59^{1,26}$$

$$N_g = 6,81 \text{ sambaran/km/tahun}$$

Frekuensi Sambaran petir:

$$N_d = N_g \cdot A_e$$

$$N_d = 6,81 \cdot 0,82$$

$$N_d = 5,58 \text{ sambaran/tahun}$$

Dari data yang diperoleh dari BMKG Daerah Istimewa Yogyakarta disebutkan bahwa nilai frekuensi sambaran petir yaitu sebesar 0,126/tahun data ini diperoleh dari data hari guruh pertahun dibagi dengan jumlah hari per tahunnya.

$$E \geq 1 - \frac{N_c}{N_d} = \frac{0,126}{5,58}$$

$$E \geq 1 - 0,022$$

$$E \geq 0,978$$

Setelah mengetahui sudut perlindungan gedung K.H Ibrahim terhadap sambaran petir, dapat diketahui jari-jari perlindungan dari penangkal petir dan ketinggian gedung K.H Ibrahim menjadi 41 meter dimana ketinggian gedung adalah 38 meter dan panjang penangkal petir 3 meter.

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

$$\tan 35^\circ = r/41 \text{ m}$$

$$r = \tan 35^\circ \cdot 41 \text{ m}$$

$$r = 0,7 \cdot 41 \text{ m}$$

$$r = 28,7 \text{ meter}$$

Pada perhitungan jari-jari (r) perlindungan pada gedung K.H Ibrahim diperoleh diameter untuk perlindungan Gedung K.H Ibrahim sebesar (d):

$$d = 2 \cdot r$$

$$d = 2 \cdot 28,7 \text{ m}$$

$$d = 57,4 \text{ meter}$$

Di dapatkan perhitungan diatas diameter sebesar 57,4 meter.

4.4 Analisis Persentase kegagalan perlindungan penangkal petir

Menghitung luas daerah yang dilindungi penangkal petir (A) dapat dilakukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$A = [(\pi r^2) \cdot (S \cdot D)]/3$$

$$A = [(3,14 \cdot 28,7^2) \cdot (28,7 \cdot 57,4)]/3$$

$$A = [(3,14 \cdot 823,69) \cdot (28,7 \cdot 57,4)]/3$$

$$A = [(2586,38) \cdot (1647,38)]/3$$

$$A = [(4260750,684)]/3$$

$$A = 1420250,228 \text{ m}^2 = 1,42 \text{ km}^2$$

Menghitung harga kerapatan sambaran Petir (D):

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

$$D = 9,875 \times 10^{-8} \cdot 46$$

$$D = 0,0000045425$$

$$D = 4,54 \times 10^{-6} \text{ sambaran/m}^2/\text{tahun}$$

Menghitung jumlah sambaran petir yang terjadi di penangkal petir (L):

$$L = \{[100 / (A \cdot D)]\}$$

$$L = \{[100 / (1420250,228 \cdot 4,54 \times 10^{-6})]\}$$

$$L = \{[100 / (6391126,026 \times 10^{-6})]\}$$

$$L = 100 / (6,39)$$

$$L = 15,64 \text{ sambaran/ } 100 \text{ km}^2 / \text{ tahun}$$

Kemungkinan kegagalan penangkal petir:

$$\text{Log } P\theta = 0,06 \cdot (\theta - 2,2)$$

$$\text{Log } P\theta = 0,06 \cdot (35 - 2,2)$$

$$\text{Log } P\theta = 0,06 \cdot 32,8$$

$$P\theta = \text{Log } 1,968$$

$$P\theta = 0,30 \%$$

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

$$\text{SFO} = P\theta \cdot L$$

$$\text{SFO} = 0,30 \cdot 15,64$$

$$\text{SFO} = 4,692 \text{ gangguan/} 100 \text{ km}^2 / \text{ tahun}$$

$$\text{SFO} = 4,692 \cdot 10^{-8} / \text{m}^2 / \text{tahun.}$$

Sehingga area perlindungan penangkal petir gedung K.H Ibrahim terdapat gangguan akibat kegagalan perlindungan penangkal petir yang terjadi sebesar :

$$\text{Total Gangguan} = A \cdot \text{SFO} = 1420250,228 \cdot 4,692 \times 10^{-8}$$

$$\text{Total Gangguan} = A \cdot \text{SFO} = 1420250,228 \cdot 0,0000004692$$

$$\text{Total Gangguan} = A \cdot \text{SFO} = 0,66 \text{ gangguan/tahun}$$

4.5 Perhitungan sistem pentanahan Elektroda

nilai tahanan pentanahan dapat di hitung dengan persamaan:

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

Gedung K.H Ibrahim menggunakan elektroda yang ditanam kedalam tanah sedalam 0,3 meter dengan jari-jari 25 mm dihubungkan dengan kabel BCC 50 mm² dengan panjang dan kedalaman 11,7 meter sehingga panjang total elektroda sepanjang 12 meter. Tahanan tanah liat dan bekas tanah garapan adalah sebesar 100 Ω m.

$$RG = RR = 1 + \frac{100}{2 \cdot 3,14 \cdot 12} [I_n \left(\frac{4,12,3}{0,025} - 1 \right)]$$

$$RG = RR = 1 + \frac{100}{75,36} [I_n \left(\frac{49,2}{0,025} - 1 \right)]$$

$$RG = RR = 1 + 1,326 [I_n (1968 - 1)]$$

$$RG = RR = 1 + 1,32 \cdot 1,96$$

$$RG = RR = 1 + 2,58 = 3,58 \Omega$$

Perencanaan tahanan tanah total dapat dihitung dengan persamaan, yaitu :

$$R = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$R = \frac{1}{3,58} + \frac{1}{3,58} + \frac{1}{3,58}$$

$$R = \frac{3,58}{3}$$

$$R_{total} = 1,19 \Omega$$

Keterangan :

R_{total} = Total tahanan perencanaan tanah

R₁ = Total perencanaan pentanahan penangkal petir

R₂ = Total perencanaan pentanahan panel elektrikal

R₃ = Total perencanaan pentanahan peralatan

4.6 . Hasil Pengukuran dilapangan

Tabel 4.3 Analisis Perbandingan Tahanan Pentanahan Penangkal Petir

Tabel Perbandingan Nilai Pentanahan			
Standar PUIPP	Perhitungan perencanaan tahanan tanah	Standar IEEE Std. 80-1976	Data hasil pengukuran
5 Ω	1,19 Ω	25 Ω	2,43 Ω

Tabel 4.4 Analisis Perbandingan Tahanan Pentanahan Elektroda gedung E6

Tabel Perbandingan Nilai Pentanahan			
Standar PUIPP	Perhitungan perencanaan tahanan tanah	Standar IEEE Std. 80-1976	Data hasil pengukuran
5 Ω	1,19 Ω	25 Ω	2,38 Ω

Tabel 4.5 Analisis Perbandingan Tahanan Pentanahan Elektroda gedung E7

Tabel Perbandingan Nilai Pentanahan			
Standar PUIPP	Perhitungan perencanaan tahanan tanah	Standar IEEE Std. 80-1976	Data hasil pengukuran
5 Ω	1,19 Ω	25 Ω	0,56 Ω

5. Kesimpulan

Kesimpulan pada Tugas Akhir ini diperoleh bahwa pada Sistem Pentanahan Gedung K.H Ibrahim sudah sesuai dengan

standar yang berlaku seperti PUIPP, PUIL 2011, SNI (Standar Nasional Indonesia), Permenaker tahun 1989 maupun Standar internasional seperti IEEE dan IEC adalah sebagai berikut :

1. Nilai tahanan sistem pentanahan perlindungan petir di gedung K.H Ibrahim adalah sebesar $2,38 \Omega$ dan $2,40 \Omega$ pada penangkal petir, sedangkan pada pentanahan elektrik gedung E6 sebesar $2,38 \Omega$ dan pada gedung E7 sebesar $0,56 \Omega$. Sesuai dengan PUIPP, PUIL dan Permenaker nilai tahanan ideal adalah sebesar 5Ω . Pada gedung K.H Ibrahim Sistem Pentanahannya sudah memenuhi standar yang berlaku.
2. Kesimpulan pada tugas akhir ini adalah kebutuhan perlindungan petir menurut PUIPP gedung K.H Ibrahim memiliki bahaya sambaran petir sangat besar dimana nilai ($R=16$) ,maka tingkat kebutuhan terhadap perlindungan petir sangat dianjurkan untuk mengamankan suatu gedung sesuai dengan standar.
3. Persentase kegagalan pada sistem pentanahan gedung K.H Ibrahim terhadap petir memiliki kemungkinan kegagalan sebesar $0,30 \%$ dan total gangguan

sambaran petir sebesar $0,66$ gangguan / tahun.

4. Kabel pentanahan yang dipakai pada gedung K.H Ibrahim Universitas Muhammadiyah Yogyakarta sudah sesuai dengan Permenaker tahun 1989 pasal 20 point a dan b dimana dijelaskan pada penyalur petir harus menggunakan kawat tembaga dengan penampang sekurang-kurangnya 50 mm^2 dan setiap penampang yang dipakai tebalnya minimal 2 mm^2 .
5. Pada kabel pentanahan instalasi listrik gedung K.H Ibrahim Universitas Muhammadiyah Yogyakarta menggunakan kabel dengan luas penampang $2,5 \text{ mm}^2$ dimana kabel tersebut telah sesuai dengan standar yang dijelaskan pada Persyaratan Umum Instalasi Listrik disebutkan pada luas penampang minimum yang direkomendasikan pada instalasi listrik perumahan pada pencahayaan minimum luas penampang yang digunakan sebesar $1,5 \text{ mm}^2$, sedangkan pada kotak kontak, pengondisi udara (AC) dan peralatan rumah lainnya minimum luas penampang sebesar $2,5 \text{ mm}^2$.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A. K. (2018). Analisis sistem Pentanahan Gedung Admisi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. *Jurnal Teknik Elektro*.
- Abdullah, A. K. (2018). Fungsi Sistem Pentanahan. *Jurnal Teknik Elektro*.
- Abidin, Z., & Ghufron, A. (2015). Analisa Perbaikan Sistem Pentanahan dengan Metode Garam dan Arang. *Jurnal Teknik Elektro*.
- Aditya, L. (2017). Kegagalan sistem proteksi Grounding. *Jurnal ilmiah elektronika*.
- Agriselius, A., Syahrial, & Saodah, S. (2014). Analisis Pemilihan Pentanahan Titik Netral Generator Pada PLTMH 2 x 4,4 KV. *Jurnal Eka Elkomika*.
- Andrade, M., Becker, R., Bergman, W. B., Blair, T., & Bouchy, S. (2007). *142-TM IEEE Recommended Grounding of Industrial*. IEEE.
- Baldwin, T. (2007). *Electronic Equipment Grounding*. IEEE.
- Hajar, I., & Rahman, E. (2017). Sistem Penangkal Petir dan Dampak Sambaran Petir. *Jurnal Teknik Elektro*.
- Hatauruk. (1991). Analisa sistem Pentanahan dan Tujuan. *Jurnal Teknik Elektro*.
- IEC. (1993). Standar Internasional Electrotechnical Commision 1042-1-1. *Journal Internasional*.
- IEE. (2007). IEEE 142. *Jurnal Internasional*.
- Karahap. (2007). Analisa Gangguan Kegagalan Proteksi Penangkal petir. *Jorunal Intek*.
- Kerja, M. T. (1989). Peraturan Menteri Tenaga Kerja . *Pengawasan Instalasi Penyalur Petir*.
- Klikenberg, H., Gelly, E., & Minne, V. L. (2007). *Static and Lightning Protection Grounding*. IEEE.
- Laras, & Suyono, D. (2014). Materi Instalasi Listrik. *Jurnal UNY*.
- Michaels, K. (2007). *Conecction to Earth*. IEEE.
- Permenaker. (1970). Standarisasi Sistem Pentanahan. *Badan Standarisasi Nasional* .
- PUIL. (2000). Peraturan Umum Instalasi Listrik. *Badan Standarisasi Nasional*.
- PUIPP. (1983). Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir. *Jurnal Teknik Elektro*.
- PUIPP. (2000). Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir. *Jurnal Teknik Elektro*.
- Rapapport, E. (2007). *Equipment Grounding*. IEEE.
- Richard, G. S. (2014). Pengujian dan Analisa Elektroda Pentanahan Pembangkit. *Jurnal POLSRI*.
- Saini, M., Yunus, A. S., & Pangkung, A. (2016). Pengembangan Sistem Penangkal Petir dan Pentanahan elektroda rod. *Journal Intek*.
- Sayogo, I. B., Widjaja, I. F., Sinaga, I. S., Soemarjanto, I., Soetarman, I. D., & Simangunsong,, S. (2011). Persyaratan umum Instalasi Listrik. *PUIL 2011*.

- Septian, M. (2010). Desain Sistem Proteksi Internal Pembangkit Listrik. *Jurnal Teknik Elektro*.
- SNI. (2004). Sistem Proteksi Petir Pada Bangunan. *Badan Standarisasi Nasional*.
- SNI. (2004). Standar Nasional Indonesia Sistem Pentanahan . *Badan Standarisasi Nasional*.
- Sumardjati, P. (2006). Sistem Pentanahan Penangkal Petir. *Jurnal Elektro*.
- Syakur, A., & Yuningtyastuti. (2006). Sistem Proteksi Penangkal Petir Pada Gedung Widya Puraya. *Jurnal UNDIP*.
- ZIipse, D. W., & Stryculla, G. (2007). *Grounding system*. IEEE.

