

PERANCANGAN INSTALASI PENANGKAL PETIR EKSTERNAL METODA FRANKLIN PADA POLITEKNIK ENJINERING INDORAMA

Aris Suryadi

Teknik Elektro, Politeknik Enjineri Indorama
Kembang Kuning, Jatiluhur, Kabupaten Purwakarta, Jawa Barat 41152
E-mail: aris.suryadi@pei.ac.id

Abstrak -- Petir merupakan salah satu fenomena tegangan dan arus tinggi yang terjadi dalam waktu amat singkat (*impuls*) yang bermula dari ionisasi hingga loncatan muatan dari awan ke tanah atau sebaliknya. Untuk melindungi dan mengurangi dampak kerusakan akibat sambaran petir, maka dipasang sistem pengamanan berupa sistem penangkal petir beserta pentanahannya. Pemasangan sistem tersebut didasari oleh perhitungan resiko kerusakan akibat sambaran petir terhadap gedung. Perhitungan resiko ini digunakan sebagai standar untuk mengetahui kebutuhan pemasangan sistem penangkal petir pada bangunan tersebut. Pada penelitian ini diperoleh informasi tentang tingkat perkiraan bahaya atas sambaran petir terhadap gedung-gedung di kampus Politeknik Enjineri Indorama dan direncanakan instalasi penangkal petir di area kampus Politeknik Enjineri Indorama. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini berupa luas daerah yang menarik sambaran petir untuk cakupan 1 sebesar 2686,34 m² dengan tahanan pentanahan 2,41 Ω, untuk cakupan 2 sebesar 3120,78 m² dengan tahanan pentanahan 2,37 Ω, cakupan 3 sebesar 5896,78 m² dengan tahanan pentanahan 1,27 Ω, serta jumlah sambaran petir 0,17466 sambaran petir/hari/km². Kesimpulan ini menunjukkan tingkat kebutuhan pengamanan gedung-gedung di area kampus Politeknik Enjineri Indorama terhadap sambaran petir.

Kata Kunci: Sambaran petir, peralatan–peralatan elektronik, proteksi gedung

Abstract -- Lightning are one of the voltage and high current phenomenon that occurs within a short time (*impulse*) that stems from ionization to springboard charge from the cloud to the ground or otherwise. To protect and reduce the impact of damage from lightning strikes then installed a security system with a lightning protection system and grounding system. Installation of the system is based on the calculation of the risk of damage from lightning strikes to the building. The risk calculation is used as a standard to determine the needs of the installation of lightning protection system in the building. This study obtained information about the level of hazard assessment on a lightning strike to the buildings on the campus of the Polytechnic engineering Indorama and planned installation of a lightning rod in the area of engineering Indorama Polytechnic campus. Results obtained from this research is a fascinating area of a lightning strike on 1 coverage of 2686.34 m² with earthing prisoners of 2.41 Ω to 2 coverage of 3120.78 m² with earthing prisoners of 2.37 Ω, 3 coverage by 5896, 78 m² with 1.27 Ω grounding prisoners, as well as the number of lightning strikes a lightning strike 0.17466 / day / km². It shows that the level of the security needs of the buildings in the area of engineering Polytechnic campus Indorama against lightning strikes.

Keywords: Lightning strikes, electronic equipment, protection of buildings

PENDAHULUAN

Petir pada umumnya terjadi karena adanya muatan negatif yang terkumpul di bagian bawah awan dan menyebabkan terinduksinya muatan positif diatas permukaan tanah sehingga terbentuk medan listrik antara awan dan tanah. Semakin besar beda potensial antara muatan pada awan dan permukaan bumi, maka terjadi pelepasan muatan berupa petir (Cooray, 2015) (Russel *et. al.*, 2014) (Bandri, 2014).

Oleh karena kerugian-kerugian yang ditimbulkan sangat besar, maka diperlukanlah suatu sistem proteksi petir yang dapat melindungi

semua bagian dari suatu bangunan, termasuk manusia dan peralatan yang ada di dalamnya terhadap bahaya dan kerusakan akibat sambaran petir (Russel *et. al.*, 2014) (Gagné *et. al.*, 2014) (Bandri, 2012).

Salah satu cara yang ditempuh untuk melindungi bangunan tinggi dari sambaran petir adalah dengan instalasi atau pemasangan penangkal petir yang handal dan memenuhi persyaratan yang berlaku, sehingga jika terjadi sambaran petir maka sarana inilah yang akan menyalurkan arus petir kedalam tanah (Du *et. al.*, 2016) (Johns, 2016) (Hosea, 2004).

Ada berbagai jenis metode dalam pemasangan penangkal petir, yaitu penangkal petir jenis Franklin, sangkar Faraday, radioaktif dan elektrostatik. Dari analisis perhitungan data, dapat diketahui arus maksimum yang dapat menyebabkan kegagalan proteksi, resiko kegagalan proteksi per tahun dan sambaran pertahunnya. Dari data yang diperoleh, dapat ditentukan perlu atau tidaknya suatu gedung tersebut diproteksi. Proteksi terhadap sambaran petir terdiri dari beberapa tingkatan sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan. Semakin penting dan tinggi bangunan tersebut semakin tinggi pula tingkat proteksi yang dibutuhkan (Du *et.al.*, 2016) (Tabrani, 2009).

Salah satu cara yang ditempuh untuk melindungi gedung-gedung di area kampus Politeknik Enjineri Indorama dari sambaran petir adalah dengan pemasangan penangkal petir yang andal dan memenuhi persyaratan yang berlaku. Hal ini dilakukan karena pengamanan suatu bangunan atau objek terhadap sambaran petir pada hakekatnya 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 atau benda berbahaya lainnya yang berada di dalam, di luar atau di sekitar bangunan.

Apabila terjadi sambaran petir tak langsung maka salah satu panel hub wifi yang terletak di gedung Administrasi dan atau pada panel *Workshop* terdapat peralatan-peralatan elektronika dan listrik yang mengandung unsur-unsur kumparan magnetik terjadinya trip dan bahkan tidak sedikit penerangan yang berada di workshop mengalami kerusakan. Berdasarkan identifikasi masalah yang ada maka penelitian ini diimplementasikan pada instalasi penangkal petir eksternal dengan menentukan tingkat proteksi, pemilihan penangkal petir, menentukan luas penampang penangkal petir, menentukan lokasi kritis akibat sambaran petir, dan menentukan sistem pentanahan.

Tulisan ini bertujuan untuk merencanakan dan menerapkan serta menganalisis dengan metoda Franklin terhadap gangguan proteksi petir eksternal guna melindungi bangunan atau gedung dari sambaran petir langsung. Dengan terlebih dahulu mengambil data dan gambar pengukuran dimensi gedung-gedung, menentukan tingkat proteksi, kepadatan sambaran petir, menentukan besarnya arus petir terhadap ketahanan gedung-gedung, konduktor penyaluran, pentanahan yang akan di tentukan letaknya sesuai nilai ketahanan yang diizinkan.

Melalui analisa metode tersebut, selanjutnya dapat dirancang tata letak sistem proteksi petir yang efisien dan handal pada gedung-gedung di wilayah Politeknik Enjineri Indorama. Berdasarkan survey dan pengamatan yang telah dilakukan di area kampus Politeknik Enjineri Indorama, ternyata memang sangat diperlukan instalasi penangkal petir.

TINJAUAN PUSTAKA

Petir

Petir merupakan peristiwa alam yaitu proses pelepasan muatan listrik (*electrical discharge*) yang terjadi di atmosfer. Peristiwa pelepasan muatan ini akan terjadi karena terbentuknya konsentrasi muatan-muatan positif dan negatif di dalam awan atau pun perbedaan muatan dengan permukaan bumi. Petir sebenarnya lebih sering terjadi antara muatan satu dengan muatan lain di dalam awan dibandingkan dengan yang terjadi antara pusat muatan di awan dengan permukaan bumi. Kedua jenis pelepasan muatan tersebut sebenarnya sama-sama dapat menimbulkan gangguan atau kerugian (Cooray, 2015) (Russel *et. al.*, 2014) (Ugahari, 2007).

Jumlah rata-rata frekuensi sambaran petir langsung pertahun (N_d) dapat dihitung dengan perkalian kepadatan kilat ke bumi pertahun (N_g) dan luas daerah perlindungan efektif pada gedung (A_e) (SNI 03-7015-2004), sebagaimana Persamaan (1).

$$N_d = N_g \cdot A_e \quad (1)$$

Kerapatan sambaran petir ke tanah dipengaruhi oleh hari guruh rata-rata per tahun di daerah tersebut. Hal ini ditunjukkan oleh hubungan pada Persamaan (2).

$$N_g = 4 \cdot 10^{-2} \cdot T^{1.26} \quad (2)$$

Sedangkan besar A_e dapat dihitung menggunakan Persamaan (3).

$$A_e = ab + 6h(a+b) + 9\pi h^2 \quad (3)$$

Sehingga dari substitusi Persamaan (2) dan (3) ke Persamaan (1), maka nilai N_d dapat dicari dengan menggunakan Persamaan (4).

$$N_d = 4 \cdot 10^{-2} T^{1.26} [ab + 6h(a+b) + 9\pi h^2] \quad (4)$$

dimana a adalah panjang atap gedung (m), b adalah lebar atap gedung (m), h adalah tinggi atap gedung (m), T adalah hari guruh pertahun, N_d adalah Kerapatan sambaran petir ke tanah (sambaran/km²/tahun) dan A_e adalah luas daerah yang masih memiliki angka sambaran petir sebesar N_d (km²).

Rata-rata frekuensi tahunan dari kilat yang mengenai tanah dekat gedung (N_n) dapat

dihitung dengan perkalian kerapatan kilat ke tanah pertahun (N_g) dengan cakupan daerah di sekitar gedung yang disambar (A_g), seperti terlihat pada Persamaan (5).

$$N_n = N_g \cdot A_g \quad (5)$$

Daerah di sekitar sambaran petir (A_g), adalah daerah disekitar gedung dimana suatu sambaran ke tanah menyebabkan suatu tambahan lokasi potensial tanah yang dapat mempengaruhi gedung.

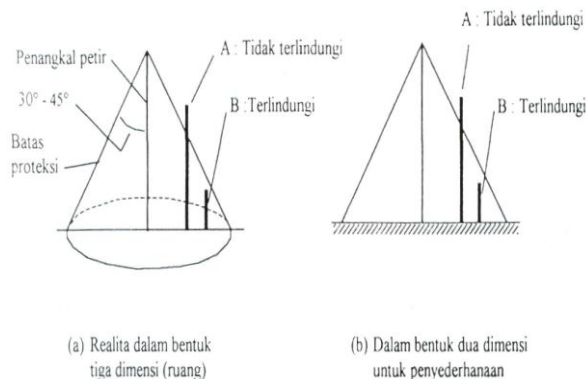
Sambaran petir dapat mengakibatkan beberapa kerusakan, yaitu: kematian atau korban jiwa, kerusakan mekanis, kerusakan thermal dan kerusakan elektrik.

Sistem pengamanan gedung dibuat untuk melindungi gedung tersebut dari berbagai macam gangguan. Salah satu sistem pengamanan gedung adalah sistem penangkal petir beserta pembumiannya. Instalasi bangunan yang menurut letak, bentuk, penggunaannya dianggap mudah terkena sambaran petir dan perlu dipasang penangkal petir adalah sebagai berikut: bangunan tinggi, bangunan penyimpanan bahan mudah terbakar, bangunan sarana umum, dan bangunan fungsi khusus perlu.

Adapun jenis penangkal petir juga dipengaruhi oleh keadaan atap dari gedung yang akan diamankan. Untuk bangunan dengan atap datar, yaitu bangunan yang memiliki selisih tinggi antara bumbungan dan lisplang kurang dari 1 meter maka sistem yang sesuai adalah sistem faraday yaitu sistem penangkal petir keliling pada atap datar. Sedangkan untuk atap runcing atau selisih tinggi bumbungan dan lisplang lebih dari 1 meter, maka sistem yang sesuai adalah metode franklin yaitu sistem penangkal petir dengan elektroda batang (*fiial*).

Ruang Proteksi

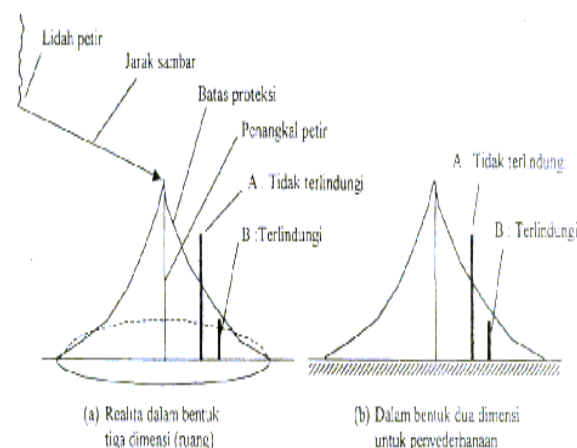
Pada masa awal diketemukannya penangkal petir dan beberapa tahun setelah itu, ruang proteksi dari suatu penangkal petir berbentuk ruang kerucut dengan sudut puncak kerucut berkisar antara 30° hingga 45° terlihat pada Gambar 1.a. Pemilihan besarnya sudut proteksi ini menyatakan tingkat proteksi yang diinginkan. Semakin kecil sudut proteksi maka semakin tinggi tingkat proteksi yang diperoleh, namun semakin mahal biaya pembangunannya. Untuk perhitungan analitis, ruang proteksi tiga dimensi dapat dilukiskan secara dua dimensi dan karena bentuknya simetri, maka analisis dapat dilakukan hanya pada separuh bagian terlihat pada Gambar 1.b.



Gambar 1. Ruang proteksi konvensional (Hutauruk, 1991)

Semua benda-benda yang berada di dalam ruang kerucut proteksi (atau bidang segi-tiga proteksi) akan terhindar dari sambaran petir. Sedangkan benda-benda yang berada di luar ruang kerucut proteksi (atau di luar bidang segi-tiga proteksi) tidak terlindungi.

Ruang proteksi menurut model elektromeetri hampir sama dengan ruang proteksi berdasarkan konsep lama, yaitu berbentuk ruang kerucut juga. Hhanya saja bidang miring dari kerucut tersebut melengkung dengan jari-jari tertentu, seperti terlihat pada Gambar 2.

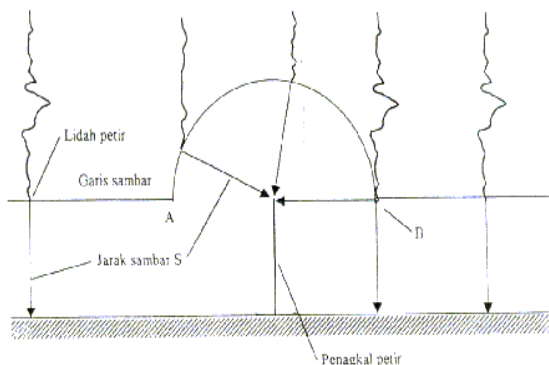


Gambar 2. Konsep ruang proteksi model elektromeetri (Hutauruk, 1991)

Besar jari-jari ini adalah sama dengan besarnya jarak sambar dari lidah petir. Jarak sambar (kemampuan menyambar atau menjangkau suatu benda) dari lidah petir ini ditentukan oleh besarnya arus petir yang terjadi. Dengan demikian, derajat kelengkungan dari bidang miring kerucut dipengaruhi oleh besarnya arus petir yang terjadi.

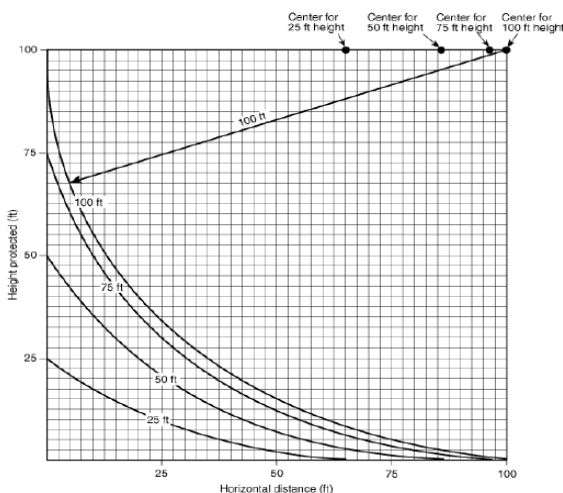
Bidang Sambar dan Garis Sambar

Jangkauan proteksi suatu penangkal petir dapat dijelaskan dengan bidang sambar atau garis sambar. Bidang sambar adalah tempat kedudukan titik-titik sambar, yaitu titik-titik dimana lidah petir telah mencapai suatu jarak terhadap suatu benda sama dengan jarak sambar. Bidang sambar merupakan bentuk tiga dimensi dalam kondisi nyata. Untuk keperluan penyederhanaan analisis dapat dipergunakan bentuk dua dimensi, yaitu garis sambar seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Garis sambar suatu lidah petir untuk arus petir tertentu (Hutauruk, 1991)

Titik A dan B merupakan titik kritis, artinya semua petir dengan arus I yang melewati titik-titik ini akan menyambar ke penangkal petir atau menuju ke tanah dengan probabilitas 50%. Gambar 4 memperlihatkan grafik area cakupan proteksi 30m pada jarak sambar.



Gambar 4. Grafik area cakupan proteksi 30 m pada jarak sambar (NFPA 780, 2004)

Besar arus puncak peluahan petir dapat dicari dengan Persamaan (6).

$$I = 10.6Q^{0.7} \tag{6}$$

dimana I adalah Arus puncak petir (kA) dan Q adalah Muatan lidah petir (Coulombs). Sedangkan hubungan besar arus dengan jarak sambaran ditunjukkan Persamaan (7).

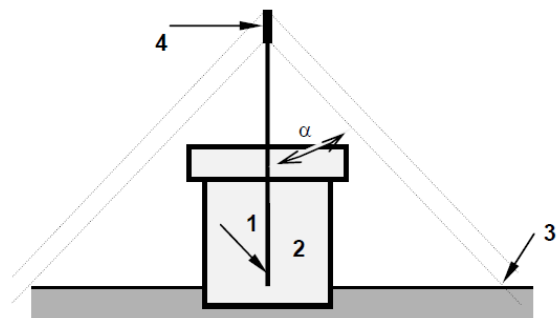
$$S = 8I^{0.65} \tag{7}$$

Jarak sambar S adalah jarak jari-jari yang dipakai pada ruang proteksi non konvensional. Persamaan yang sering digunakan untuk menentukan jarak sambar adalah persamaan White head, yang hingga saat ini merupakan persamaan yang banyak diakui kebenarannya.

Sistem Penangkal Petir Gedung Beratap Kerucut

Sistem penangkal petir untuk gedung beratap kerucut lebih cocok menggunakan metode Franklin. Metode ini merupakan metode yang paling tua. Tetapi metode ini masih cukup handal untuk melindungi gedung dari sambaran petir. Sehingga sistem ini masih banyak digunakan orang terutama untuk gedung yang beratap kerucut / kubah.

Pada Gambar 5 diperlihatkan sistem penangkal petir metode Franklin.

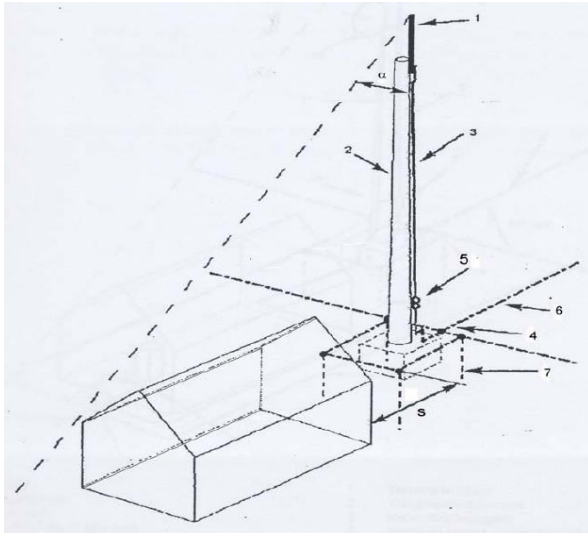


- dimana:
1. Tiang terminasi-udara
 2. Bangunan gedung yang diproteksi
 3. Bidang referensi
 4. Kawat terminal-udara horisontal
 5. Sudut proteksi

Gambar 5. Sistem penangkal petir metode Franklin (SNI 03-7015-2004)

Elektroda batang pada metode Franklin mempunyai daerah perlindungan yang berbentuk kerucut dengan elektroda batang sebagai porosnya. Setengah dari sudut puncak disebut sebagai sudut perlindungan. Biasanya diambil sudut 56° , khusus untuk gedung yang mudah terbakar biasanya sudut perlindungan diambil dari 45° .

Berdasarkan SNI 03-7015-2004 menjelaskan perancangan sistem proteksi petir eksternal terisolasi untuk bangunan gedung tanpa saluran pelayanan eksternal seperti terlihat pada Gambar 6.



dimana:

- 1 Terminasi-udara
- 2 Tiang terminasi-udara
- 3 Konduktor penyalur
- 4 Sambungan tipe-T bahan korosi
- 5 Sambungan uji
- 6 Elektroda bumi, susunan pembumian tipe-A bumi radial
- 7 Elektroda bumi vertical, jika dapat diterapkan
- s Jarak pisah
- α Sudut proteksi

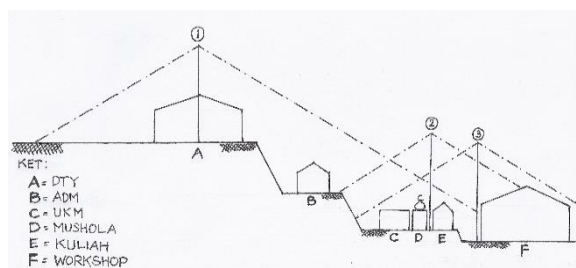
Gambar 6. Sistem proteksi petir eksternal terisolasi untuk bangunan gedung tanpa saluran pelayanan eksternal (SNI 03-7015-2004)

METODE PENELITIAN

Metode Franklin yang digunakan untuk perancangan instalasi penangkal petir eksternal ini dilakukan secara bertahap. Pertama adalah proses pengambilan data dan gambar pengukuran dimensi gedung-gedung.

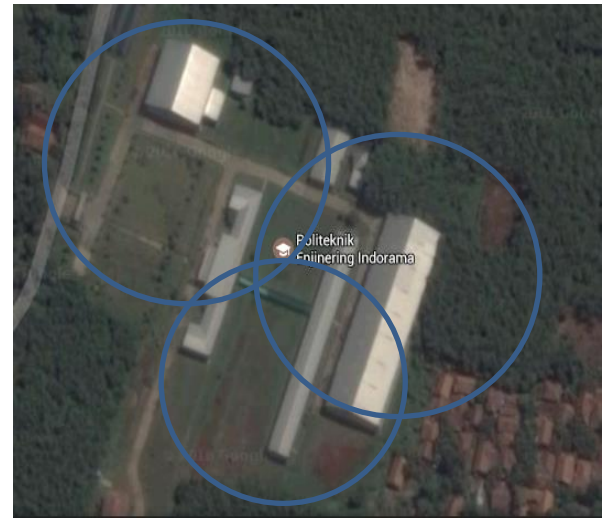
Informasi mengenai gedung-gedung yang berada di dalam kampus Politeknik Enjineri Indorama terdiri gedung Vocational DTY, Gedung Administrasi, Gedung Kuliah, Gedung Workshop, Gedung UKM dan Gedung Mushola.

Letak dan ketinggian dataran masing-masing gedung terlihat pada Gambar 7. Pada Gambar 7 diperlihatkan pula perancangan area cakupan proteksi petir pada gedung Politeknik Enjineri Indorama (Suryadi, 2016).



Gambar 7. Perancangan area cakupan proteksi petir pada gedung Politeknik Enjineri Indorama

Pada Gambar 8 terlihat lokasi kampus Politeknik Enjineri Indorama yang terletak pada posisi $107^{\circ}25'06,0''$ Bujur Timur dan $6^{\circ}33'12,1''$ Lintang Selatan pada perancangan masing-masing radius proteksi pada gedung-gedung Politeknik Enjineri Indorama.



Gambar 8. Perancangan masing-masing radius ($r = 30m$) proteksi gedung kampus

Kemudian, dilakukan proses untuk menentukan tingkat proteksi, kepadatan sambaran petir, menentukan besarnya arus petir terhadap ketahanan gedung-gedung.

Setelah itu, adalah penentuan konduktor penyaluran, pentanahan yang akan di tentukan letaknya sesuai nilai ketahanan yang diizinkan sesuai dengan SNI 03-7015-2004 mengenai Sistem Proteksi Petir pada Bangunan Gedung.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengukuran Situasi Gedung

Adapun data-data mengenai gedung-gedung yang berada di area kampus Politeknik Enjineri Indorama telah didapatkan. Pada Tabel 1 diperlihatkan data fisik dan non fisik gedung vocational DTY. Kemudian, secara berurutan, Tabel 2 hingga Tabel 6 memperlihatkan data fisik dan non fisik gedung administrasi, gedung kuliah, gedung workshop, gedung UKM dan gedung mushola.

Tabel 1. Gedung Vocational DTY

Karakteristik	Ukuran
Tinggi Gedung	15 m
Panjang Gedung	31 m
Lebar Gedung	30 m
Panjang Atap Gedung	35 m
Tinggi Atap Gedung	3 m
Lebar Atap Gedung	34 m
Resistansi Tanah	2.41 Ω
Jumlah Orang	10 orang
Waktu Hadir	56 jam/minggu
IKL	50
Material Rangka	Metal

Tabel 2. Gedung Administrasi

Karakteristik	Ukuran
Tinggi Gedung	11 m
Panjang Gedung	80 m
Lebar Gedung	14.1 m
Panjang Atap Gedung	84 m
Tinggi Atap Gedung	3 m
Lebar Atap Gedung	18 m
Resistansi Tanah	2.64 Ω
Jumlah Orang	50 orang
Waktu Hadir	40 jam/minggu
IKL	50
Material Rangka	Metal

Tabel 3. Gedung Kuliah

Karakteristik	Ukuran
Tinggi Gedung	11 m
Panjang Gedung	90 m
Lebar Gedung	7.2 m
Panjang Atap Gedung	94 m
Tinggi Atap Gedung	3 m
Lebar Atap Gedung	12 m
Resistansi Tanah	2.37 Ω
Jumlah Orang	270 orang
Waktu Hadir	40 jam/minggu
IKL	50
Karakteristik Material	Metal

Tabel 4. Gedung Workshop

Karakteristik	Ukuran
Tinggi Gedung	15 m
Panjang Gedung	96 m
Lebar Gedung	30 m
Panjang Atap Gedung	100 m
Tinggi Atap Gedung	3 m
Lebar Atap Gedung	34 m
Resistansi Tanah	1.27 Ω
Jumlah Orang	120 orang
Waktu Hadir	40 jam/minggu
IKL	50
Karakteristik Material	Metal

Tabel 5. Gedung UKM

Karakteristik	Ukuran
Tinggi Gedung	8 m
Panjang Gedung	24 m
Lebar Gedung	12 m
Panjang Atap Gedung	26 m
Tinggi Atap Gedung	3 m
Lebar Atap Gedung	14 m
Resistansi Tanah	2.22 Ω
Jumlah Orang	20 orang
Waktu Hadir	12 jam/minggu
IKL	50
Karakteristik Material	Metal

Tabel 6. Gedung Mushola

Karakteristik	Ukuran
Tinggi Gedung	6 m
Panjang Gedung	6 m
Lebar Gedung	6 m
Panjang Atap Gedung	8 m
Tinggi Atap Gedung	2 m
Lebar Atap Gedung	8 m
Resistansi Tanah	2.83 Ω
Jumlah Orang	20 orang
Waktu Hadir	15 jam/minggu
IKL	50
Karakteristik Material	Metal

Penentuan Tingkat Proteksi

Kepadatan sambar petir didapatkan dengan memasukkan nilai hari guruh (T) pada Persamaan (8).

$$F_g = 0,25 T \quad (8)$$

dengan nilai hari guruh T=64 , maka didapatkan F_g adalah 16 sambaran/km²/tahun.

Kondisi Cakupan 1

Dalam menentukan tingkat proteksi terlebih dahulu dilakukan perhitungan luas daerah yang menarik sambaran petir dan tingkat kebutuhan akan penangkal petir yang merupakan tingkat bahaya bangunan terhadap sambaran petir.

Adapun kondisi daerah cakupan 1 terhadap sambaran petir dapat dipergunakan Persamaan (3), maka:

$$A_e = 2686.34 m^2$$

Menentukan jumlah sambaran petir per hari per km² sebagaimana Persamaan (9), maka:

$$N_e = (0,1 + 0,35 \sin \lambda) (0,4 \pm 0,2) \quad (9)$$

Nilai λ adalah garis geografis lokasi kampus Politeknik Enjinering Indorama sebesar 33,12 ° yang berada di wilayah Kabupaten Purwakarta.

$$N_e = 0,17466 \text{ sambaran petir / hari / km}^2$$

C1 adalah indeks faktor kerusakan berdasarkan situasi bangunan dengan nilai 1 (satu), dan IKL sebesar 50 pada kota Purwakarta dimungkinkan gedung di area cakupan 1 pada kampus Politeknik Enjineri Indorama tersambar petir sebagai berikut:

$$P_s = A_e N_e I_{KL} 10^{-6} \quad (10)$$

Dengan memasukkan nilai-nilai A_e , N_e dan IKL pada Persamaan (9) maka didapatkan:

$$P_s = 0,02345 \text{ sambaran petir/tahun}$$

Adapun tingkat bahaya dari gedung di area cakupan 1 pada kampus Politeknik Enjineri Indorama dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$P_r = P_s C_2 C_3 C_4 C_5 \quad (11)$$

Dengan memasukkan nilai-nilai P_s , C_2 , C_3 , C_4 , dan C_5 pada Persamaan (11) maka didapatkan:

$$P_r = 0,7035$$

Pada Tabel 7 diperlihatkan indeks kebutuhan instalasi petir berdasarkan faktor kerusakan untuk cakupan 1.

Tabel 7. Indeks Kebutuhan Instalasi Petir berdasarkan Faktor Kerusakan untuk Cakupan 1

Faktor Kerusakan berdasarkan Penggunaan Bangunan		
1	Bangunan dan isinya cukup penting misalkan menara air, pabrik, gedung pemerintahan	A
Faktor Kerusakan berdasarkan Konstruksi Bangunan.		
2	Bangunan dengan konstruksi beton bertulang atau rangka besi dengan atau bukan logam	B
Faktor Kerusakan berdasarkan Ketinggian Bangunan (dalam meter)		
3	>12 s.d 17	C
Faktor Kerusakan berdasarkan Situasi Bangunan.		
4	Di kaki Bukit sampai tiga per empat tinggi Bukit atau di Pegunungan sampai 1000 meter.	D
Faktor Kerusakan berdasarkan Hari Guruh per Tahun		
5	64	E
Tingkat kebutuhan Instalasi Petir berdasarkan faktor kerusakan.		
6	Perkiraan bahaya (agak besar) dan Instalasi Petir (dianjurkan)	R
		13

Kondisi Cakupan 2

Dalam menentukan tingkat proteksi terlebih dahulu dilakukan perhitungan luas daerah yang menarik sambaran petir dan tingkat kebutuhan akan penangkal petir yang merupakan tingkat bahaya bangunan terhadap sambaran petir.

Adapun kondisi daerah cakupan 2 terhadap sambaran petir dapat dipergunakan Persamaan (3), maka:

$$A_e = 3120,78 \text{ m}^2$$

Menentukan jumlah sambaran petir per hari per km^2 sebagaimana Persamaan (9), maka:

$$N_e = 0,17466 \text{ sambaran petir / hari / km}^2$$

Nilai λ adalah garis geografis lokasi kampus Politeknik Enjineri Indorama sebesar $33,12^\circ$ yang berada di wilayah Kabupaten Purwakarta.

C1 adalah indeks faktor kerusakan berdasarkan situasi bangunan dengan nilai 1 (satu) dan IKL sebesar 50 pada kota Purwakarta dimungkinkan gedung di area cakupan 1 pada kampus Politeknik Enjineri Indorama tersambar petir sebagai berikut, sehingga sesuai dengan Persamaan (10), maka:

$$P_s = 0,02345 \text{ sambaran petir/tahun}$$

Adapun tingkat bahaya dari gedung di area cakupan 2 (dua) pada kampus Politeknik Enjineri Indorama dapat ditentukan dengan Persamaan (11), maka:

$$P_r = 0,469$$

Pada Tabel 8 diperlihatkan indeks kebutuhan instalasi petir berdasarkan faktor kerusakan untuk cakupan 2.

Tabel 8. Indeks Kebutuhan Instalasi Petir berdasarkan Faktor Kerusakan untuk Cakupan 2

Faktor Kerusakan berdasarkan Penggunaan Bangunan		
1	Bangunan untuk umum, misalkan bioskop, sekolah, masjid, dan gereja	A
Faktor Kerusakan berdasarkan Konstruksi Bangunan.		
2	Bangunan dengan konstruksi beton bertulang atau rangka besi dengan atau bukan logam	B
Faktor Kerusakan berdasarkan Ketinggian Bangunan (dalam meter)		
3	>6 s.d 12	C
Faktor Kerusakan berdasarkan Situasi Bangunan.		
4	Di kaki Bukit sampai tiga per empat tinggi Bukit atau di Pegunungan sampai 1000 meter.	D
Faktor Kerusakan berdasarkan Hari Guruh per Tahun		
5	64	E
Tingkat kebutuhan Instalasi Petir berdasarkan faktor kerusakan.		
6	Perkiraan bahaya (agak besar) dan Instalasi Petir (dianjurkan)	R
		13

Kondisi Cakupan 3

Dalam menentukan tingkat proteksi terlebih dahulu dilakukan perhitungan luas daerah yang menarik sambaran petir dan tingkat kebutuhan akan penangkal petir yang merupakan tingkat bahaya bangunan terhadap sambaran petir.

Adapun kondisi daerah cakupan 3 terhadap sambaran petir dapat dipergunakan Persamaan (3), maka:

$$A_e = 5896.78 \quad m^2$$

Menentukan jumlah sambaran petir per hari per km², sesuai Persamaan (8), maka:

$$N_e = 0,17466 \quad \text{sambaran petir / hari / km}^2$$

C1 adalah indeks faktor kerusakan berdasarkan situasi bangunan dengan nilai 1 (satu), dan IKL sebesar 50 pada kota Purwakarta dimungkinkan gedung di area cakupan 3 (tiga) pada kampus Politeknik Enjinereng Indorama tersambar petir, sesuai Persamaan (10), maka:

$$P_s = 0,02345 \quad \text{sambaran petir/tahun}$$

Adapun tingkat bahaya dari gedung di area cakupan 1 pada kampus Politeknik Enjinereng Indorama dapat ditentukan dengan Persamaan (11), maka:

$$P_r = 0,7035$$

Pada Tabel 9 diperlihatkan indeks kebutuhan instalasi petir berdasarkan faktor kerusakan untuk cakupan 3.

Tabel 9. Indeks Kebutuhan Instalasi Petir berdasarkan Faktor Kerusakan untuk Cakupan 3

Faktor Kerusakan berdasarkan Penggunaan Bangunan		
1	Bangunan dan isinya cukup penting misalkan menara air, pabrik, gedung pemerintahan	A
Faktor Kerusakan berdasarkan Konstruksi Bangunan.		
2	Bangunan dengan kontruksi beton bertulang atau rangka besi dengan atau bukan logam	B
Faktor Kerusakan berdasarkan Ketinggian Bangunan (dalam meter)		
3	>12 s.d 17	C
Faktor Kerusakan berdasarkan Situasi Bangunan.		
4	Di kaki Bukit sampai tiga per empat tinggi Bukit atau di Pegunungan sampai 1000 meter.	D
Faktor Kerusakan berdasarkan Hari Guruh per Tahun		
5	64	E
Tingkat kebutuhan Instalasi Petir berdasarkan faktor kerusakan.		
6	Perkiraan bahaya (agak besar) dan Instalasi Petir (dianjurkan)	R
		13

Pemilihan Penangkal Petir

Pada perencanaan instalasi penangkal petir untuk gedung kampus Politeknik Enjinereng Indorama tahapan sebagai berikut :

Pengukuran Resistansi Pentanahan

Dalam pengukuran resistansi pentanahan di dapatkan data akhir untuk masing-masing

lokasi dengan 5 (lima) kali pengukuran pada Tabel 10 sebagai berikut :

Alat ukur yang digunakan pada pengukuran resistansi tanah adalah *Earth Tester Digital* Model 4105A serta dilakukan pemeriksaan kondisi alat ukur sebelum digunakan seperti diperlihatkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Pengecekan alat ukur Model 4105A Digital Earth Tester.

Setelah dilakukan pengukuran dengan 5 (lima) kali pengukuran untuk masing-masing lokasi didapatkan nilai resistansi tanah pentanahan akhir rata-rata yang terlihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Resistansi Tanah Pentanahan

Cakupan	Lokasi	Resistansi Tanah (Ohm)
1	Gedung DTY	2,41
2	Gedung Kelas	2,37
3	Gedung Workshop	1,27

Pada Gambar 10 diperlihatkan pengukuran yang dilakukan untuk cakupan 1 yang berlokasi di sekitar gedung DTY. Sedangkan, Gambar 11 diperlihatkan pengukuran yang dilakukan untuk cakupan 2 yang berlokasi di sekitar gedung kelas. Sementara itu, pengukuran yang dilakukan untuk cakupan 3 yang berlokasi di sekitar gedung workshop diperlihatkan pada Gambar 12.



Gambar 10. Pengukuran pentanahan di area cakupan 1



Gambar 12. Pengukuran pentanahan di area cakupan 3



Gambar 11. Pengukuran pentanahan di area cakupan 2

Persiapan Pelat dan Batang Konduktor Tembaga

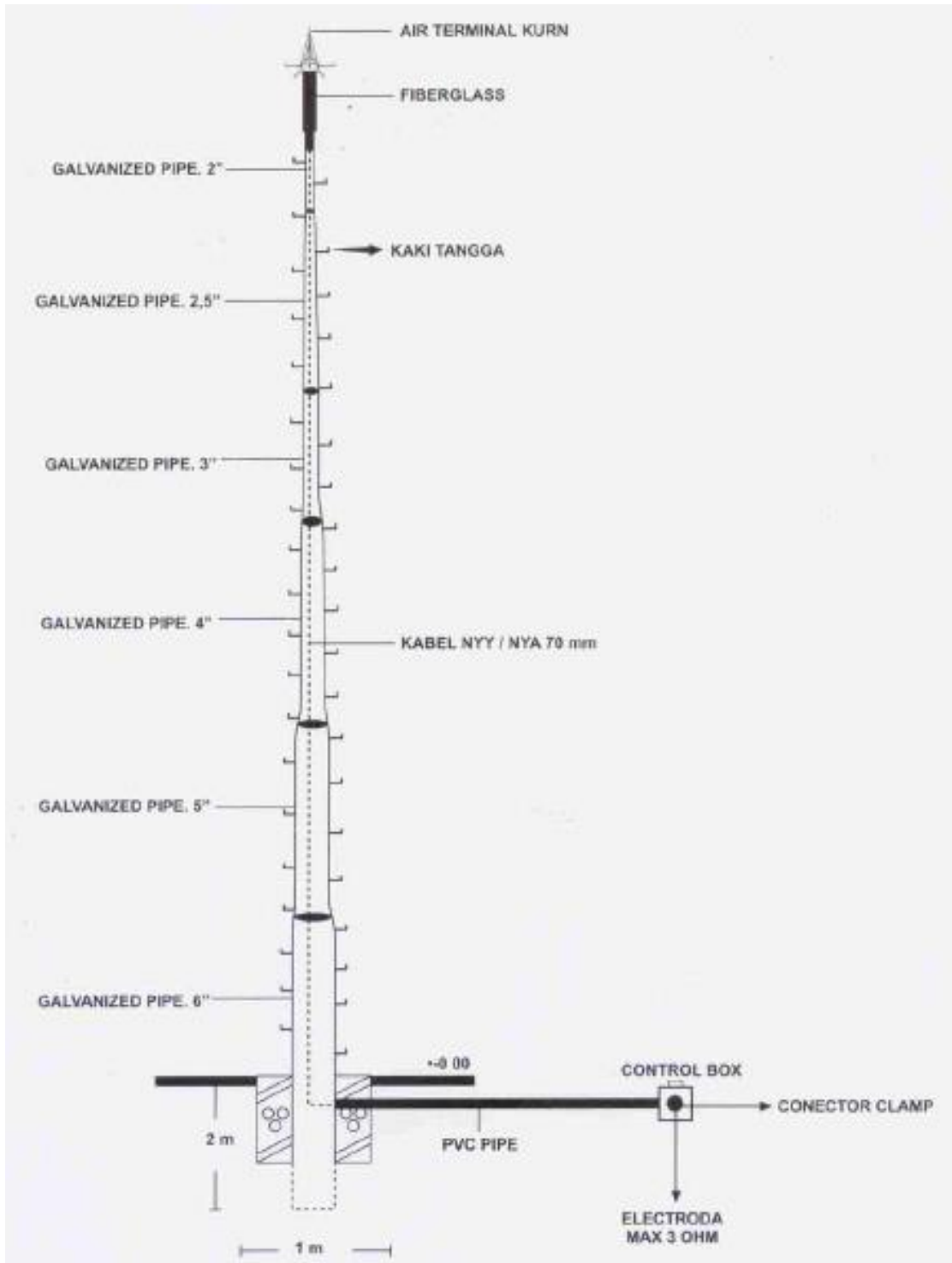
Adapun persiapan pelat pada setiap titik acuan yang akan dipasangkan BC 50 mm² dengan cara di las pada setiap ujung-ujung yang di buat menjadi tiga penjuru (cakar ayam) dengan titik tumpuan yang dikaitkan (clem) dengan sekrup diperlihatkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Persiapan pelat dan batang tembaga.

Kontruksi Pemasangan Pole Air Terminal

Untuk konstruksi pemasangan pole pada air terminal dapat dilakukan seperti yang terlihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Konstruksi pemasangan pole untuk air terminal

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan perencanaan instalasi penangkal petir untuk gedung-gedung Politeknik Enjinerig Indorama dapat disimpulkan sebagai berikut. Pertama, berdasarkan hasil perhitungan diperoleh besarnya indeks perkiraan bahaya 13 sehingga mempunyai tingkat bahaya yang tergolong besar

dan membutuhkan instalasi penangkal petir yang baik dan andal. Dalam satu tahun kepadatan sambaran petir di kota Purwakarta sebesar 16 sambaran/km/tahun. Kemudian, luas daerah yang menarik sambaran petir untuk cakupan 1 sebesar 2686,34 m², untuk cakupan 2 sebesar 3120,78 m² sedangkan untuk cakupan 3 sebesar

5896,78 m² dengan jumlah sambaran petir 0,17466 sambaran petir/hari/km²

Selain itu, dari hasil analisa perhitungan untuk nilai tingkat kebutuhan instalasi petir berdasarkan faktor kerusakan dari masing-masing cakupan diperoleh indeks total kerusakan gedung sebesar 13 (tiga belas) dengan ini dapat digambarkan bahwa perkiraan bahaya agak besar dan dianjurkan untuk pemasangan instalasi petir.

Terakhir, dapat dikatakan bahwa sistem pentanahan yang digunakan dalam perencanaan instalasi penangkal petir adalah penanaman elektroda pentanahan secara vertical di dalam tanah dan penanaman pelat secara horizontal dengan kedalaman 2 (dua) meter sebanyak 2 (dua) titik elektroda dan 1 (satu) pelat untuk setiap titik acuan air terminal.

DAFTAR NOTASI

Adapun daftar notasi dapat diuraikan sebagai berikut:

- a = panjang atap gedung
- Ae = luas daerah perlindungan efektif pada gedung
- Ag = cakupan daerah di sekitar gedung yang disambar
- b = lebar atap gedung
- C1 = faktor kerusakan berdasarkan situasi bangunan
- C2 = faktor kerusakan berdasarkan konstruksi bangunan
- C3 = faktor kerusakan berdasarkan ketinggian bangunan
- C4 = faktor kerusakan berdasarkan hari guruh per tahun
- C5 = faktor kerusakan berdasarkan penggunaan bangunan
- d = jarak pukul petir
- Fg = kepadatan sambaran petir
- h = tinggi atap gedung
- l = arus puncak petir
- Nd = frekuensi sambaran petir langsung pertahun
- Ne = jumlah sambaran petir per hari per km²
- Ng = kepadatan kilat ke bumi pertahun
- Nn = rata – rata frekuensi tahunan dari kilat yang mengenai tanah dekat gedung
- Pr = tingkat bahaya dari gedung
- Ps = kemungkinan sambaran petir
- Q = muatan lidah petir
- S = jari-jari jarak sambar petir
- T = hari guruh pertahun

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada pihak yang telah membantu penelitian baik alat ukur, peralatan, maupun tempat pada Darwin Bynur,

Manager Deputy Electrical, Indorama Grup dan Sumiarsa, Laboran Teknik Elektro, Politeknik Enjinereng Indorama.

REFERENSI

- Bandri, Sepannur. Perancangan Instalasi Penangkal Petir Eksternal Gedung Bertingkat, *Jurnal Teknik Elektro ITP*, 2012; 1 (2): 12-18.
- Bandri, Sepannur. Sistem Proteksi Petir Internal Dan Eksternal. *Jurnal Teknik Elektro ITP*, 2014; 3 (1): 51-56.
- Cooray, Vernon. *Basic Principles of Lightning Protection. In: An Introduction to Lightning*. Springer, Dordrecht. 2015. http://dx.doi.org/10.1007/978-94-017-8938-7_17
- Du, Y., Binghao Li, Mingli Chen, Surges induced in building electrical systems during a lightning strike, *Electric Power Systems Research*, 2016; 139: 68-74. <http://dx.doi.org/10.1016/j.epsr.2015.11.034>
- Gagné, Martin., Daniel Therriault, Lightning strike protection of composites, *Progress in Aerospace Sciences*, 2014; 64: 1-16. <http://dx.doi.org/10.1016/j.paerosci.2013.07.02>
- Hosea, Emmy., Iskanto, Edy dan M. Harnytris Luden., Penerapan Metode Jala, Sudut Proteksi dan Bola Bergulir Pada Sistem Proteksi Petir Eksternal yang Diaplikasikan pada Gedung W Universitas Kristen Petra. *Jurnal Teknik Elektro*, 2004; 4 (1): 1-9.
- Hutauruk. *Pengetanahan Netral Sistem Tenaga dan Pengetanahan Peralatan*. Jakarta: Erlangga,1991.
- IEC 1024-1-1: *Protection of Structures Against Lightning*. International Electrotechnical Commision 81, 1993.
- IEC, *Assesment of The Risk of Damage Due to Lightning, Internasional Standard*, CEI IEC 1662 First Edition, 1995.
- Johns, David., Designing building structures for protection against EMP and lightning, *IEEE Electromagnetic Compatibility Magazine*. 2016; 5 (1): 50-58. <http://dx.doi.org/10.1109/MEMC.2016.7477134>
- NFPA 780: *Standard for the Installation of Lightning Protection Systems*. 2004.
- Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir Untuk Bangunan di Indonesia. Direktorat penyelidikan masalah bangunan. Jakarta. 1983.
- Russell, Katie W., Cochran, Amalia L., Mehta, Sagar T. Morris, Stephen E., McDevitt, Marion C. Lightning Burns, *Journal of Burn Care & Research*. 2014; 35 (6): e436-e438.

- <http://dx.doi.org/10.1097/BCR.0b013e3182957783>
SNI 03-7015-2004. *Sistem Proteksi Petir Pada Bangunan Gedung*. Badan Standardisasi Nasional. 2004.
- Suryadi, Aris. Studi Harmonisa Arus Dan Tegangan Listrik 213 Studi Harmonisa Arus Dan Tegangan Listrik Pada Kampus Politeknik Enjinering Indorama, *SINERGI*. 2016; 20 (3): 213-222.
<http://dx.doi.org/10.22441/Sinergi.2016.3.007>
- Tabrani, Aan. Sistem Proteksi Penangkal Petir di Gedung PT. Bhakti Wasantara Net Jakarta. Tugas Akhir S1, Universitas Mercu Buana. Jakarta. 2009
- Ugahari, Yudi dan Garniwa, Iwa. Analisa Proteksi Sambaran Petir Eksternal menggunakan Metode Collection Volume. *Jurnal Teknik Elektro UI*. 2007; 1-7.