

RANCANGAN INSTALASI PENANGKAL PETIR SEBAGAI TRAINER PEMELAJARAN SISTEM PROTEKSI

Aris Suryadi, Berayan Munthe dan Purwandito Tulus Asmoro

Politeknik Enjinering Indorama, Purwakarta

e-mail: aris.suryadi@pei.ac.id

Abstrak

Petir terjadi dikarenakan fenomena tegangan dan arus tinggi dalam waktu singkat, diawali dari ionisasi hingga loncatan muatan dari awan ke tanah atau sebaliknya. Guna melindungi dan mengurangi dampak kerusakan akibat sambaran petir maka dipasanglah sistem pengaman pada Gedung dengan sistem penangkal petir beserta pentanahannya. Pemasangan sistem tersebut didasari oleh perhitungan resiko kerusakan akibat sambaran petir. Perhitungan resiko inilah digunakan sebagai standar untuk mengetahui kebutuhan pemasangan sistem penangkal petir pada bangunan. Tujuan penelitian ini guna memperoleh informasi tentang tingkat perkiraan bahaya atas sambaran petir terhadap gedung-gedung di Politeknik Enjinering Indorama yang terdapat alat-alat listrik dan alat-alat elektronika, informasi luas daerah yang menarik sambaran petir, tingkat kebutuhan pengamanan gedung, radius proteksi penangkal petir eksternal yang cocok digunakan, merencanakan instalasi penangkal petir serta tak kalah pentingnya sebagai materi pembelajaran Sistem Proteksi untuk Mahasiswa Teknologi Listrik.

Kata kunci: sambaran petir, proteksi gedung, peralatan elektronika

Abstract

Lightning occurs because of the phenomenon of high voltage and current in a short time, starting from the ionization to the charge jump from the cloud to the ground or vice versa. In order to protect and reduce damage caused by lightning strikes, a security system is installed in the Building with a lightning protection system along with the ground. The installation of this system is based on the calculation of the risk of damage to lightning strikes. Based on the assessment used as a standard to determine the need for installing lightning protection systems in buildings. The purpose of this study was to obtain information about the estimated level of danger of lightning strikes against buildings in the Indorama Engineering Polytechnic that required electrical equipment and electronics, information on the area of interest that attracted lightning strikes, the level of building security requirements, the radius of protection against external lightning suitable for use, installation of a lightning rod installation and no less important as learning material Protection System for Electrical Technology Students.

Keywords: lightning strikes, building protection, electronic equipment

1. PENDAHULUAN

Petir terjadi karena ada muatan negatif di bagian bawah awan yang menyebabkan muatan positif yang diinduksi di atas permukaan tanah untuk membentuk medan listrik antara awan dan tanah. Perbedaan potensial yang dihasilkan antara beban di awan dan permukaan bumi, menghasilkan pelepasan muatan berbentuk petir [1, 2, 3].

Kerugian yang ditimbulkan sangat besar, sehingga kita membutuhkan sistem proteksi petir yang dapat melindungi semua bagian bangunan, termasuk manusia dan peralatan di dalamnya terhadap bahaya dan kerusakan akibat sambaran petir [1, 3, 4]. Untuk melindungi gedung-gedung tinggi dari petir cara pergi adalah dengan instalasi atau pemasangan penangkal petir yang dapat diandalkan dan memenuhi persyaratan yang berlaku sehingga dalam hal sambaran petir sarana adalah apa yang akan memberikan arus petir ke tanah [5, 6, 7].

Makalah dikirim 4 Maret 2022; Revisi 23 Maret 2022; Diterima 2 April 2022

Bangunan di kampus Politeknik Teknik Indorama yang tersebar dengan ketinggian berbeda memerlukan keamanan dan kenyamanan dari sambaran petir dan oleh karena itu sistem penangkal petir eksternal telah dipasang dengan metode pemasangan penangkal petir, jenis penangkal petir jenis Franklin. Dari evaluasi yang diperlukan analisis perhitungan data, dapat dilihat arus maksimum yang dapat menyebabkan kegagalan perlindungan, risiko kegagalan perlindungan per tahun dan mogok tahunan. Dari data yang diperoleh, dapat ditentukan apakah suatu bangunan dilindungi atau tidak. Perlindungan terhadap sambaran petir terdiri dari beberapa tingkatan sesuai dengan kebutuhan yang dibutuhkan. Semakin penting dan tinggi bangunan, semakin tinggi tingkat perlindungan yang dibutuhkan [8, 9].

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 [10].

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

$$Nd = Ng \cdot Ae \quad (1)$$

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

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

Sehingga besarnya Ae dapat dihitung menggunakan persamaan (3).

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

Sedangkan substitusi persamaan (2) dan (3) ke persamaan (1), maka nilai Nd dapat dicari dengan menggunakan persamaan (4).

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

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

Nilai Rata-rata frekuensi tahunan dari kilat yang mengenai tanah dekat gedung (Nn) dapat dihitung dengan perkalian kerapatan kilat ke tanah pertahun (Ng) dengan cakupan daerah di sekitar gedung yang disambar (Ag), seperti terlihat pada persamaan (5).

$$Nn = Ng \cdot Ag \quad (5)$$

Untuk daerah disekitar sambaran petir (Ag), adalah daerah disekitar gedung dimana suatu sambaran ke tanah menyebabkan suatu tambahan lokasi potensial tanah yang dapat mempengaruhi gedung.

1.1. Ruang Proteksi

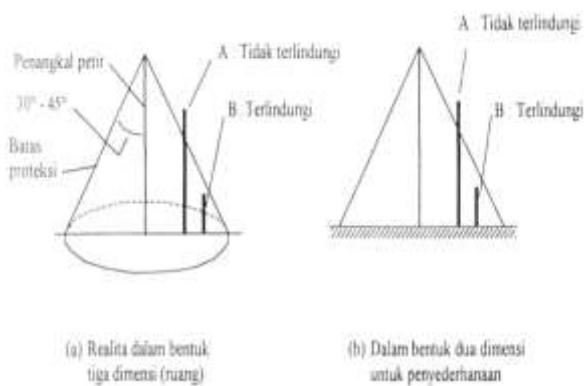
Saat pada awal diketemukannya penangkal petir dan beberapa tahun setelah itu, ruang proteksi dari suatu penangkal petir berbentuk ruang kerucut dengan sudut puncak kerucut nilainya berkisar antara 30° hingga 45° terlihat pada Gambar 1.a. Pemilihan besarnya sudut proteksi ini menyatakan tingkat proteksi yang diinginkan. Apabila 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.

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

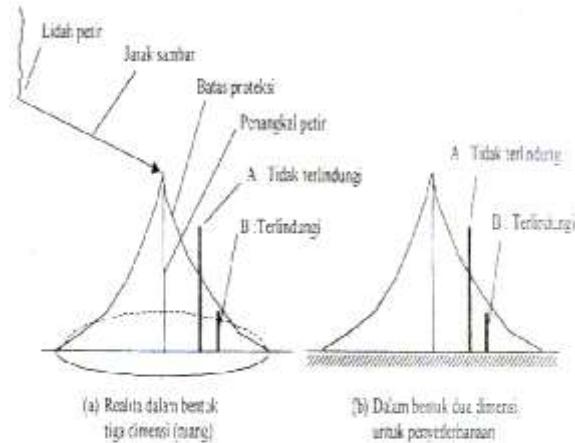
Ruang proteksi menurut model elektrogeometri hampir sama dengan ruang proteksi berdasarkan konsep lama, yaitu berbentuk ruang kerucut juga. Hanya saja bidang miring dari kerucut tersebut melengkung dengan jari-jari tertentu, seperti terlihat pada Gambar 2.

Besar jari-jari ini adalah sama dengan besarnya jarak sambar dari lidah petir. Jarak sambar atau 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.



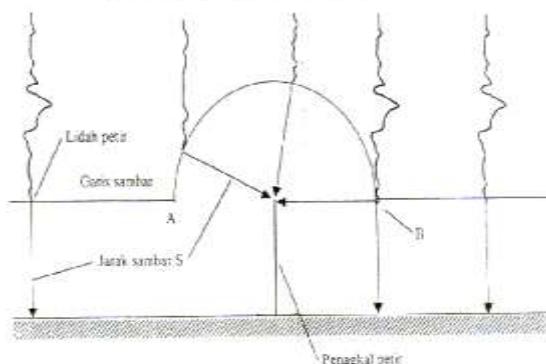
Gambar 1. Ruang proteksi konvensional [12].



Gambar 2. Konsep ruang proteksi model elektrogeometri [12].

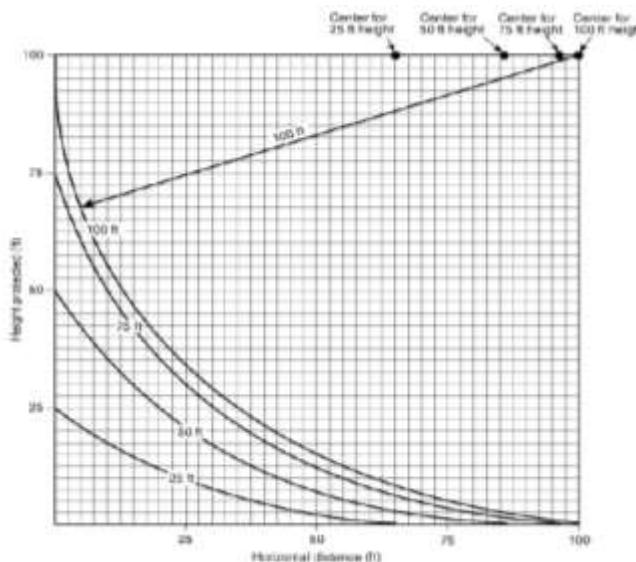
1.2. Bidang Sambar dan Garis Sambar

Adapun jangkauan proteksi suatu penangkal petir dapat dijelaskan dengan bidang 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 [12].

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 30 m pada jarak sambar.



Gambar 4. Grafik area cakupan proteksi 30 m pada jarak sambar [13].

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

$$I = 10.6Q^{0.7} \quad (6)$$

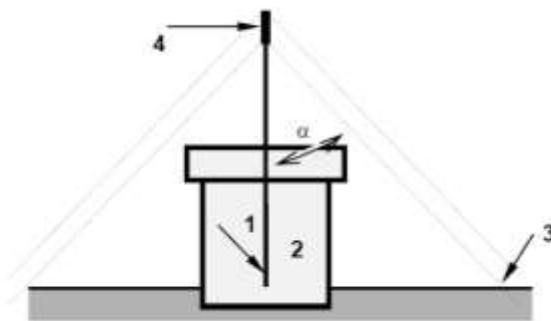
dimana I adalah Arus puncak petir (kA) dan Q adalah Muatan lidah petir (Coulombs). Sedangkan hubungan besar arus dengan jarak sambaran ditunjukkan persamaan (7).

$$S = 8^{0.65} \quad (7)$$

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.

1.3. Sistem Penangkal Petir Gedung Beratap Kerucut

Sistem penangkal petir untuk gedung beratap kerucut lebih cocok menggunakan metode Franklin (Gambar 5). 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.



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. [13]

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° .

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan untuk pemasangan penangkal petir eksternal ini dilakukan secara bertahap. Proses mengambil data dan gambar pengukuran dimensi bangunan. Informasi tentang bangunan di dalam kampus Politeknik Teknik Indorama terdiri dari gedung DTY Kejuruan, Gedung Administrasi, Gedung Kuliah, Gedung Workshop, Gedung UKM, dan Gedung Mushola. Lokasi kampus Politeknik Teknik Indorama terletak di posisi $107^\circ 25' 06.0''$ Bujur Timur dan $6^\circ 33' 12.1''$ Lintang Selatan dalam desain masing-masing radius perlindungan di gedung Politeknik Teknik Indorama [3]. Gambar 6 adalah Prediksi radius yang terpasang untuk proteksi gedung kampus.



Gambar 6. Prediksi radius yang terpasang untuk proteksi gedung kampus [4].

Kemudian, dilakukan proses untuk menentukan tingkat proteksi, kepadatan sambaran petir, menentukan besarnya arus petir terhadap ketahanan gedung-gedung. Setelah itu, penentuan konduktor penyaluran, pentanahan yang akan ditentukan letaknya sesuai nilai ketahanan yang diizinkan sesuai dengan SNI 03-7015-2004 mengenai Sistem Proteksi Petir pada Bangunan Gedung.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Penentuan Tingkat Proteksi

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

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

dengan nilai hari guruh $T=64$, maka didapatkan Fg adalah 16 sambaran/km²/tahun. 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 terhadap sambaran petir dapat dipergunakan persamaan (3), maka: $Ae = 2686,34 m^2$

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

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

Nilai λ adalah garis geografis lokasi kampus Politeknik Enjinering Indorama sebesar $33,12^\circ$ yang berada di wilayah Kabupaten Purwakarta. $Ne = 0,17466$ sambaran petir / hari / km^2 .

C_1 adalah indeks faktor kerusakan berdasarkan situasi bangunan dengan nilai 1 (satu), dan IKL sebesar 50 pada kota Purwakarta dimungkinkan gedung di area cakupan pada kampus Politeknik Enjinering Indorama tersambar petir sebagai berikut:

$$Ps = Ae Ne IKL 10^{-6} \quad (10)$$

Dengan memasukkan nilai-nilai Ae , Ne dan IKL pada persamaan (9) maka didapatkan:

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

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

$$Pr = Ps C_2 C_3 C_4 C_5 \quad (11)$$

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

$$Pr = 0,7035$$

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

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

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

3.2. Pengukuran Resistansi Pentanahan

Alat ukur yang digunakan pada pengukuran resistansi tanah adalah Earth Tester Digital Model 4105A serta dilakukan pemeriksaan kondisi alat ukur sebelum digunakan. Setelah dilakukan pengukuran dengan 5 (lima) kali pengukuran untuk masing-masing lokasi didapatkan nilai resistansi pentanahan akhir rata-rata yang terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Resistansi Pentanahan.

Area	Ω
Gedung DTY	2.54
Gedung Adminitrasi	2.86
Gedung Kuliah	2.75
Gedung Workshop	2.37
Gedung UKM	2.82
Gedung Mushola	2.38

4. KESIMPULAN

Pemasangan penangkal petir untuk gedung Politeknik Teknik Indorama, dapat disimpulkan sebagai berikut. Perhitungannya, besarnya indeks penilaian bahaya 13 sehingga tingkat bahaya relatif besar dan membutuhkan instalasi penangkal petir yang baik dan andal. Dalam satu tahun kepadatan sambaran petir di kota Purwakarta adalah 16 sambaran / km / tahun. Kemudian, area yang menarik untuk serangan sambaran petir sebesar 134.934 m^2 , dengan jumlah sambaran petir sambaran petir $0.17466 / \text{hari} / \text{km}^2$. Selain itu, dari hasil analisis perhitungan untuk nilai tingkat kebutuhan instalasi petir berdasarkan faktor kerusakan dari setiap cakupan diperoleh total indeks kerusakan bangunan 13 (tiga belas), dapat diilustrasikan bahwa perkiraan bahaya adalah agak besar dan direkomendasikan untuk pemasangan instalasi kilat. Sistem pentahanan yang digunakan dalam perencanaan pemasangan penangkal petir adalah elektroda pembumian vertikal di dalam tanah dan penanaman pelat secara horizontal dengan kedalaman 2 (dua) meter dari 5 (lima) titik elektroda dan 1 (satu) pelat tembaga untuk setiap titik referensi air terminal.

5. DAFTAR NOTASI

Adapun daftar notasi dapat diuraikan sebagai berikut :

- a = panjang atap gedung
- A_e = luas daerah perlindungan efektif pada gedung
- A_g = cakupan daerah di sekitar gedung yang disambut
- b = lebar atap gedung
- C_1 = faktor kerusakan berdasarkan situasi bangunan
- C_2 = faktor kerusakan berdasarkan konstruksi bangunan
- C_3 = faktor kerusakan berdasarkan ketinggian bangunan
- C_4 = faktor kerusakan berdasarkan hari guruh per tahun
- C_5 = faktor kerusakan berdasarkan penggunaan bangunan
- d = jarak pukul petir
- F_g = kepadatan sambaran petir
- h = tinggi atap gedung
- I = arus puncak petir
- N_d = frekuensi sambaran petir langsung pertahun
- N_e = jumlah sambaran petir per hari per km^2
- N_g = kepadatan kilat ke bumi pertahun
- N_n = 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

REFERENSI

- [1] 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>
- [2] Cooray, Vernon. Basic Principles of Lightning Protection. In: An Introduction to Lightning. Springer, Dordrecht. 2015. http://dx.doi.org/10.1017/978-94-017-8938-7_17
- [3] Suryadi, Aris. 2017. Design of the Franklin Method External Lightning Protection Installation at the Indorama Engineering Polytechnic, SINERGI Vol. 21, No. 3, October 2017: 219-230. <http://doaj.org/toc/2460-1217> <http://doi.org/10.22441/sinergi.2017.3.009>

- [4] Suryadi, A., Asmoro, P., & Ahmad, S. (2019). *Hybrid Electric Power Plant Using Wind Turbine Savonius Helix and Solar Cell as an Alternative Power Source in the Lightning Tower at Flashing Lights*. ADI Journal on Recent Innovation (AJRI), 1(1), 1-6.
DOI: [https://doi.org/https://doi.org/10.34306/ajri.v1i1.3](https://doi.org/10.34306/ajri.v1i1.3)
- [5] Gagné, M artin., Daniel Therriault, Lightning strike protection of composites, *Progress in Aerospace Sciences*, 2014; 64: 1-16.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.paerosci.2013.07.002>
- [6] 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>
- [7] 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>
- [8] Hosea, Emmy., Iskanto, Edy and M. Harnyatriis Luden., The Application of the Netting Method, Protection Angle and Rolling Ball in the External Lightning Protection System Applied to the W Building of Petra Christian University. *Journal of Electrical Engineering*, 2004 ; : 4 (1): 1-9.
- [9] Tabrani, Aan. Lightning Protection System at PT. Bhakti Wasantara Net Jakarta. Final Project S1, Mercu Buana University. Jakarta. 2009
- [10]Ugahari, Yudi and Garniwa, Iwa. External Lightning Protection Protection Analysis using Collection Volume Method. *Journal of Electrical Engineering UI*. 2007. "
- [11]SNI 03-7015-2004. Lightning Protection Systems in Buildings. National Standardization Agency. 2004.
- [12]Hutauruk. Neutral Powering of Power Systems and Gearing of Equipment. Jakarta: Erlangga, 1991.
- [13]NFPA 780: Standard for the Installation of Lightning Protection Systems. 2004 Edition.
- [14]Golde, RH *Lightning*. Volume 2. London: Academic Press Inc.1981.
- [15]Hasse, Peter. *Overvoltage Protection of Low Voltage System*. London: Peter Peregrimus Ltd.1987.
- [16]IEC 1024-1-1: *Protection of StructuresAgainst Lightning*. International Electrotechnical Commission 81, 1993.
- [17]IEC, Assement of The Risk of Damage Due to Lightning, *International Standards*, CEI IEC 1662 First Edition, 1995.
- [18]General Rules for Lightning Protection Installations for Buildings in Indonesia. Directorate of building matter investigations. Jakarta. 1983.
- [19]Petrov NI, Alessandro FD *Lightning to earthed structure : comparison of models with lightning strike data* . 1996.