

Perancangan Kinerja Penangkal Petir Menggunakan Metoda Bola Gelinding Pada Gedung Perpustakaan Universitas Lancang Kuning Pekanbaru

Atmam¹, Usaha Situmeang²

^{1,2} Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning
Jl. Yos Sudarso Km. 8 Rumbai Pekanbaru, Telp. (0761) 52324
Email: atmam_vicko@yahoo.com, usahasitumeang@yahoo.com

(Received: 18 Nopember 2015; Revised: 1 Maret 2016; Accepted: 4 Februari 2016)

ABSTRAK

Petir merupakan gejala alam yang tidak bisa dihilangkan atau dicegah, kejadian petir dapat melibatkan arus impuls yang tinggi, dalam waktu singkat dengan akibat bahaya yang besar. Langkah awal perencanaan penangkal petir adalah diketahui besar parameter arus petir penyebab kerusakan. Perlindungan sistem penangkal petir ditentukan oleh sifat, fungsi, kondisi bangunan dan peralatan yang akan dilindungi. Ada dua sistem penangkal petir yaitu sistem penangkal petir *eksternal* dan *internal*. Penangkal petir *eksternal* melindungi bangunan dari bahaya sambaran langsung petir dengan pengadaan *finial* penangkal petir. Gedung Universitas Lancang Kuning berada di dataran tinggi dan daerah terbuka, maka itu sangat rentan akan sambaran petir. Banyaknya peralatan-peralatan elektronik dan motor-motor listrik, perlu dilakukan penelitian tentang proteksi penangkal petir untuk melindungi bangunan dan isinya, sehingga aman dari sambaran petir, dengan menggunakan metoda bola gelinding (*rolling sphere*). Dari hasil penelitian ini dengan metoda *rolling sphere* untuk gedung Pustaka Universitas Lancang Kuning diperoleh nilai radius lindung sebesar 128,15 meter dan sudut perlindungan sebesar 65⁰.

Kata Kunci : penangkal petir, rolling shpere

ABSTRACT

Lightning is a natural phenomenon that cannot be eliminated or prevented, lightning events may involve a high impulse current, in a short time to result in serious injury. The initial step of the lightning planning is known current of the rod lightning parameters to cause damage. Lightning protection system is determined by the nature, function, condition of buildings and equipment to be protected. There are two lightning protection system, they are external and internal. External lightning rod to protect buildings from the dangers of direct lightning strikes with the lightning rod finial procurement. The building of Lancang Kuning University located on high ground and open areas, then it is very vulnerable to lightning strikes. The number of electronic devices and electric motors, it is necessary to do research about lightning protection to protect the building and its contents. So making it safe from a lightning strike with using the rolling sphere method. From the results of this study for Library of Lancang Kuning University building acquired value hedge radius of 128.15 meters and corner protection for 65°.

Keywords : lightning, rolling sphere

Corresponding Author:

Atmam
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik,
Universitas Lancang Kuning
Email: atmam_vicko@yahoo.com

Pendahuluan

Petir merupakan gejala alam dan tidak bisa dihilangkan atau dicegah, kejadian petir dapat melibatkan arus impuls yang tinggi, dalam waktu singkat dengan akibat bahaya yang besar. Pelepasan muatan listrik antara awan dengan tanah terjadi karena adanya kuat medan listrik antara muatan di awan dengan muatan induksi di permukaan tanah. Semakin besar muatan yang terdapat di awan, semakin besar pula medan listrik yang terjadi. Apabila kuat medan ini melebihi kuat medan tembus udara, maka akan terjadi pelepasan muatan peristiwa pelepasan muatan ini dinamakan kilat atau petir.

Pelepasan muatan listrik dapat terjadi di dalam awan, antara awan dengan awan dan antara awan dengan bumi tergantung dari kemampuan udara dalam menahan beda potensial yang terjadi. Petir yang kita kenal sekarang ini terjadi akibat awan dengan muatan tertentu menginduksi muatan yang ada di bumi. Bila muatan di dalam awan bertambah besar, maka muatan induksi pun makin besar pula sehingga beda potensial antara awan dengan bumi juga makin besar.

Kejadian ini diikuti lidah petir menurun dari awan dan diikuti pula dengan adanya lidah petir naik dari bumi yang mendekati lidah petir menurun. Pada saat itulah terjadi yang dinamakan petir. Panjang kanal petir bisa mencapai beberapa kilometer, dengan rata-rata 5 km. Kecepatan pelopor menurun dari awan bisa mencapai 3 % dari kecepatan cahaya. Sedangkan kecepatan pelepasan muatan balik mencapai 10 % dari kecepatan cahaya. Mengingat kerusakan akibat sambaran petir yang cukup berbahaya, maka muncul usaha-usaha untuk mengatasi sambaran petir, sistem proteksi terdiri dari dua macam yaitu sistem proteksi *eksternal* dan sistem proteksi *internal*.

1. Sistem proteksi *eksternal* bertujuan untuk mencegah kerusakan pada bangunan dan manusia dari sambaran petir langsung. Dalam standar sistem proteksi *eksternal* terbagi dalam beberapa tingkatan sesuai dengan tingkat proteksi atau radius lindung yang dibutuhkan.
2. Sistem proteksi *internal* mengacu pada standar IEC 61024-1 bertujuan untuk menurunkan atau menghilangkan pengaruh gelombang elektromagnetik yang diakibatkan oleh arus petir yang masuk ke sistem peralatan yang diproteksi. Seluruh saluran masuk dari sumber tegangan, telekomunikasi dan data harus dilindungi dari tegangan lebih yang terjadi akibat petir.

Sistem penangkal petir *eksternal* melindungi bangunan dari bahaya sambaran langsung petir dengan pengadaan *finial* penangkal petir, penyalur arus petir pentanahan dan juga mampu mengurangi

sekecil mungkin propagasi tegangan dan arus petir yang memasuki bangunan, yang dapat dimungkinkan melalui kabel antena, saluran telepon, listrik, pentanahan dan lain-lain [1]. Penelitian ini menitik beratkan pada Penangkal Petir yang sudah dipasang di Gedung Perpustakaan Universitas Lancang Kuning. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan nilai radius lindung dan sudut perlindungan sambaran petir di Gedung Perpustakaan Universitas Lancang Kuning Pekanbaru menggunakan metoda *Rolling Sphere*, sehingga diketahui daerah-daerah yang terlindungi.

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

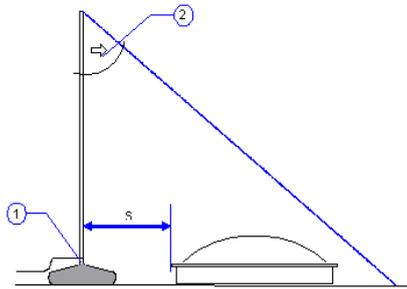
1. Metode pengumpulan data
Metode yang digunakan pada proses pengumpulan data yaitu dari objek yang diteliti yaitu menara yang dekat dengan gedung Universitas Lancang Kuning untuk mendapatkan data-data seperti :
 - Data dari menara dan jenis finial yang terpasang sekarang ini, serta gambaran umum sistem pentanahannya.
 - Data tinggi menara (tower) dan jenis penghantar yang dipakai untuk pentanahannya.
2. Metoda pengolahan data
Data data hasil survey lapangan tentang menara akan digunakan untuk penghitungan dan analisa pemasangan menara (tower).
3. Analisis data
Data yang diperoleh digunakan untuk menganalisa kondisi menara (tower) sekarang ini untuk mengetahui pemasangannya apakah sudah sesuai atau tidak dalam upaya perlindungan bangunan dan peralatan.

Suatu instalasi proteksi harus dapat melindungi semua bagian dari suatu bangunan, termasuk manusia dan peralatan yang ada di dalamnya terhadap bahaya dan kerusakan akibat sambaran petir. Berdasarkan penentuan besarnya kebutuhan bangunan akan proteksi petir menggunakan standar Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP), *National Fire Protection Association* (NFPA) 780 dan *International Electrotechnical Commission* (IEC) 1024-1-1 [2,3].

Sistem perlindungan *Rolling Sphere* (Bola Gelinding)

Teori atau metoda perlindungan semula menggunakan model sudut lindung dengan membuat *finial* atas penangkal petir yang diletakkan sedemikian rupa sehingga seluruh infrastruktur objek yang dilindungi terletak dalam ruangan yang

dihasilkan oleh *finial* atas dengan membentuk sudut perlindungan pada Gambar 1.[6]



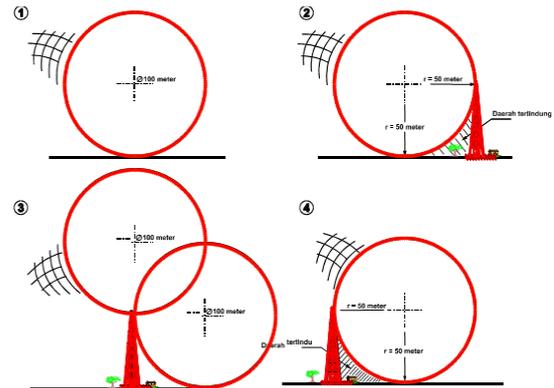
Gambar 1. Sudut lindung suatu penangkal petir

Metoda ini menggunakan asumsi sambaran atas (bukan samping). Standar ketinggian finial yang dipilih akan digunakan untuk menentukan tingkat perlindungannya. Pada perkembangan selanjutnya petir diasumsikan sebagai bola gelinding (*Electrogeometri*) dengan jari-jari tertentu dan menggelinding pada saat sambaran terjadi dan mencapai titik singgung bola dengan objek.

Model ini mampu menerangkan kejadian sambaran samping. Jarak sambaran atau jari-jari bola gelinding berdasarkan pada rumus Wagner dan hasil percobaan L.Paris & Watanabe yang kemudian diteruskan oleh R.H. Golde telah dibuat modelnya lalu dikembangkan oleh CIGRE Group 33 sebagai fungsi besarnya arus puncak petir. Jari-jari atau jarak sambaran tersebut digunakan untuk menentukan tingkat perlindungan normal, tinggi dan sangat tinggi yang akan dipilih bersama sudut lindung.

Hubungan ini memperlihatkan bahwa petir dengan arus kecil memiliki jarak sambar yang pendek sehingga akan menyambar objek yang lebih rendah, Jadi jika petir yang menyambar kuat arusnya kecil maka jarak sambaran pun pendek dan akan menyambar objek yang lebih rendah. Semakin tinggi tuntutan tingkat perlindungan atau akurasi terhadap daerah yang dilindungi maka semakin kecil harga arus petir yang diperhitungkan dalam perencanaan dan semakin mahal.

Metoda bola gelinding dipergunakan untuk menentukan letak finial atas dengan tepat agar dapat memberikan ruang perlindungan pada seluruh struktur yang akan diproteksi, dimana pemakaian metoda sudut lindung sesuai ketentuan tidak dapat digunakan.



Gambar 2. Teori bola gelinding

Jarak sambar

Jarak sambar (*Striking distance*) adalah jarak antara ujung lidah petir yang bergerak kebawah (*Downward leader*) bertemu dengan petir penghubung yang bergerak ke atas (*Connecting leader*) pada suatu titik-titik ini disebut titik sambar, menurut *empiris* jarak sambar merupakan fungsi dari arus puncak petir dan sebagian peneliti juga menurunkan bahwa jarak sambar juga adalah fungsi tinggi struktur, ada beberapa nama peneliti untuk mendapatkan jarak sambar tersebut seperti Tabel 1, 2 dan 3.

Tabel 1. Beberapa persamaan jarak sambar (r)

Peneliti	rg = Sambaran ke tanah		rg = Sambaran ke kawat phasa atau ke tanah	
	A	b	A	b
Wagner	14.2	0.42	14.2	0.42
Young	27	0.32	Ng (5)	0.32
Armstrong & Whitehead	6	0.8	6.7	0.8
Brown & Whitehead	6.4	0.75	7.1	0.75
Love	10	0.65	10	0.65
Anderson & IEEE - 1985	βrg (1)	0.65	8	0.65
IEEE - 1991 T & D Committee	βrg (2)	0.65	8	0.6
IEEE - 1992 T & D Committee	βrg (3)	0.65	10	0.65
Mouse & IEEE - 1995 Substations Committee (4)	8		8	0.65

Tabel 2. Karakteristik petir dan kondisi cuaca di daerah tropis

Karakteristik petir			Polaritas Negatif	Polaritas Positif
Arus puncak (i)	Maksi mum	Tangkuban perahu	280 kA	298 kA
		Jawa Barat	335 kA	392 kA
	Probability 50%		40 kA	18 kA
	Rata - rata		41 kA	30 kA

Kece- man (di/dt)	Maksimum	119 kA/μs	120kA/μs
	Probability 50%	30 kA/μs	20 kA/μs
Kerapatan sambaran (sambaran/km2/tahun)		4,1 – 12,4	1,5 – 3,8
Kerapatan sambaran Total (sambaran/km2/tahun)		7,9 – 15,5	

Tabel 3. Parameter petir berdasarkan IEC 62305; 1-5. *Protection against lightning*

Protektion level	Limitation of lightning strike capacity (As)	
	Short impuls Q_s	Long impuls Q_i
Normal	50	100
Hight	75	150
Veri hight	100	200

Distribusi arus puncak

Arus puncak petir yang digunakan dalam menentukan jarak sambar petir terhadap penangkal petir atau sudut lindung suatu penangkal petir di tentukan dari tingkat proteksi yang di inginkan, menurut Dr. Ir. Rainaldo Zoro dalam diktat pelatihan sistem proteksi petir dan sistem *grounding* untuk keperluan *engineering* dalam perencanaan suatu penangkal petir *eksternal* diperlukan arus puncak dengan statistik 50%.

Menurut Simpson dan Scrase, hasil pengamatan pada awan yang bisa menimbulkan sambaran petir, tinggi antara muatan pada pusat dari awan dengan bumi adalah 15.000 – 300.000 *feet* (460 – 9150 m) dimana lebih lanjut menurut *whitehead* yang dikutip Sirait dan Dr. Rainaldo Zoro menyatakan bahwa jarak sambar petir (*Striking distance*) ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$r = 6,7.I^{0,8} \text{ m} \quad (1)$$

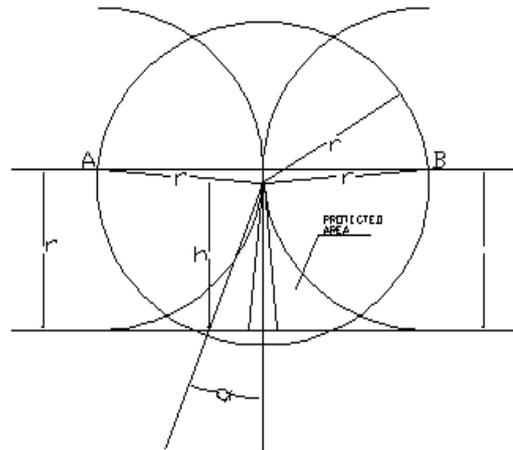
Keterangan :

r = Jari – jari petir

I = Arus petir

Kemudian dihitung sudut perlindungan, sudut lindung sebuah *Air terminal* dapat diukur dengan menggambarkan daerah lindung dengan menggunakan metoda bola gelinding, dimana sudut lindung adalah sudut diantara garis singgung bola gelinding yang mengenai terminal udara dengan permukaan tanah pada Gambar 3 sudut lindung juga dapat didekati dengan persamaan Hanse dan Wiesinger sebagi berikut :

$$\alpha = \sin^{-1} \left[1 - \left(\frac{h}{r} \right) \right] \quad (2)$$



Gambar 3. Metoda bola gelinding

Keterangan gambar 3 :

1. Buat lingkaran dengan radius r berpusat di O (ujung objek yang dilindungi)
2. Buat sepanjang r dari tanah, sehingga berpotongan dengan lingkaran yang berpusat di O pada titik A dan B
3. Buat lingkaran dari A dan B dengan radius r.

h = Tinggi objek yang dilindungi

r = Jarak sambar

α = Sudut perlindungan

Perbandingan tegangan jatuh *Down conductor*.

Setelah diketahui jarak sambar dan sudut lindung kemudian dihitung besaran tegangan jatuh ke tanah dengan persamaan sebagai berikut:

$$V = I.R + L. \frac{di}{dt} \quad (3)$$

Keterangan :

I = Besaran arus petir 40 kA

R = Tahanan tanah Ω

L = Induktansi BC 1 $\mu\text{H/m}$

$\frac{di}{dt}$ = Impuls arus petir 40 kA/ μS

Hasil dan Pembahasan

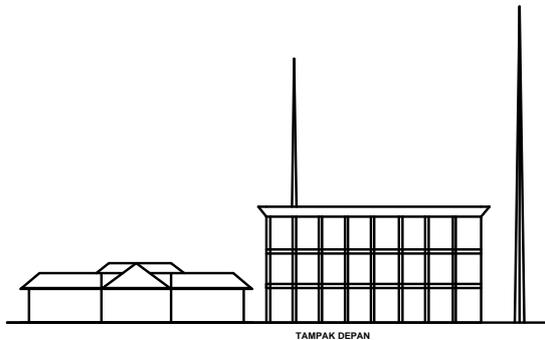
Data dan Objek Penelitian

Objek Penelitian adalah pada gedung perpustakaan Universitas Lancang Kuning seperti pada gambar 4.



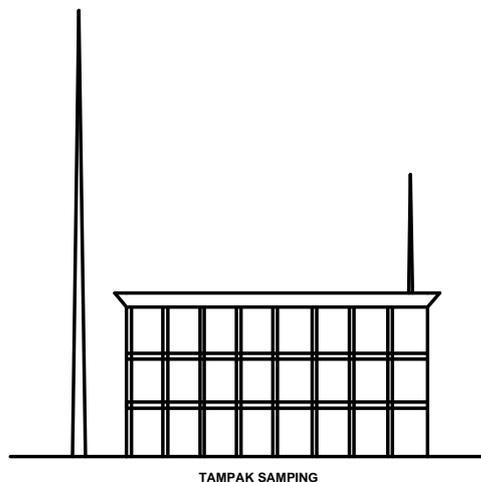
Gambar 4. Gedung perpustakaan Universitas Lancang Kuning Pekanbaru

Selanjutnya, gedung perpustakaan Universitas Lancang Kuning Pekanbaru, digambar ulang seperti gambar 5.



Gambar 5. Denah Gedung perpustakaan Universitas Lancang Kuning Pekanbaru tampak depan

Bentuk denah tampak samping dari gedung perpustakaan Universitas Lancang Kuning Pekanbaru seperti gambar 6.



Gambar 6. Denah Gedung perpustakaan Universitas Lancang Kuning Pekanbaru tampak samping

Pembahasan

Berdasarkan Standar Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP) diperoleh hasil kebutuhan penangkal petir dengan penjumlahan seluruh indeks diperoleh nilai R sebagai berikut :

$$\begin{aligned} R &= A + B + C + D + E \\ &= 3 + 1 + 2 + 0 + 7 \\ &= 13 \end{aligned}$$

Dapat dilihat dari hasil penjumlahan bahwa R = 13 berdasarkan standar PUIPP jelas bahwa nilai R = 13 perkiraan bahayanya agak besar dan pengamanan proteksi petir sangat diperlukan pada kawasan tersebut. Untuk selanjutnya sesuai standar PUIPP jumlah indeks A, B, C, D, dan E ini dibagi dengan indeks F, maka dengan penjumlahan seluruh indeks di dapat R sebagai berikut :

$$\begin{aligned} R &= \frac{A + B + C + D + E}{F} \\ &= \frac{8 + 3 + 5 + 1 + 5}{1} \\ &= 22 \end{aligned}$$

Dapat dilihat dari hasil penjumlahan bahwa R = 22 berdasarkan penjelasan standar PUIPP apabila nilai R lebih dari 7 sangat diperlukan proteksi penangkal petir pada kawasan tersebut. Perhitungan jumlah sambaran petir berdasarkan standar IEC 1024-1-1, pemilihan tingkat proteksi yang memadai untuk suatu sistem penangkal petir berdasarkan frekuensi sambaran petir langsung setempat (Nd) yang diperkirakan ke struktur yang akan diproteksi dan sambaran petir tahunan setempat (Nc) yang diperbolehkan. Kerapatan kilat ke tanah atau kerapatan sambaran petir rata-rata tahunan di daerah tempat suatu struktur berada (Ng), maka dapat dihitung kebutuhan bangunan akan proteksi petir sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Ng &= 0,04 \cdot IKL^{1,25} / km^2 / tahun \\ &= 0,04 \times 93^{1,25} \\ &= 11.552 / km^2 / tahun \end{aligned}$$

Setelah didapatkan nilai Ng 11.552/km²/tahun, maka dicari areal cakupan dari struktur Ae.

$$\begin{aligned} Ae &= ab + 6h(a + b) + 9\pi h^2 \\ &= (80 \times 80) + (6 \times 11,75) \times (80 + 80) \\ &\quad + (9 \times 3,14 \times (11,75^2)) \\ &= 21581,646 m^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Nd &= Ng.Ae.10^{-6} / \text{tahun} \\
 &= 11,552 \times 21581,646 \times 10^{-6} \\
 &= 0,249 / \text{tahun}
 \end{aligned}$$

Jika $N_d > N_c$ maka diperlukan penangkal petir
 $0,249 > 10^{-6}$ diperlukan penangkal petir pada
 kawasan tersebut.

Perhitungan daerah lindungan dengan
 metoda Rolling Sphere adalah jarak sambaran
 terhadap penangkal petir berdasarkan probability
 50% besaran arus petir 40 kA, maka diperoleh jarak
 sambar sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 r &= 6,7 \times I^{0,8} m \\
 &= 6,7 \times 40^{0,8} m \\
 &= 128,15 m
 \end{aligned}$$

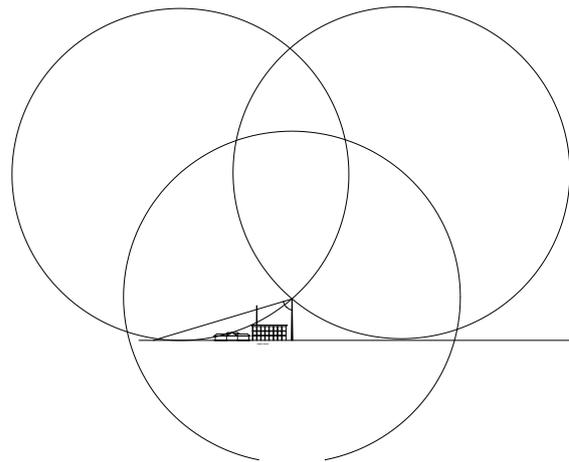
Setelah diketahuinya r dari bola gelinding
 tersebut kemudian untuk menghitung luas sudut
 lindung suatu penangkal petir berdasarkan
 probability 50% dengan besaran arus petir 40 kA,
 maka diperoleh sudut lindung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \alpha &= \sin^{-1} \left[1 - \left(\frac{h}{r} \right) \right] \\
 &= \sin^{-1} \left[1 - \left(\frac{11,75}{128,15} \right) \right] \\
 &= \sin^{-1} [1 - 0,09] \\
 &= 65^0
 \end{aligned}$$

Besarnya jatuh tegangan (*down conductor*)
 sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 V &= I.R + L. \frac{di}{dt} \\
 &= 40 \times 13,8 + 32(1) \times 40 \\
 &= 632 kV
 \end{aligned}$$

Sistem perlindungan sambaran petir di Gedung
 Perpustakaan Universitas Lancang Kuning
 Pekanbaru menggunakan metoda *Rolling Sphere*
 seperti pada gambar 7.



Gambar 7. Radius Lindung dan Sudut Perlindungan

Kesimpulan

1. Dari hasil penelitian dengan metoda rolling sphere untuk gedung Pustaka Universitas Lancang Kuning diperoleh nilai radius lindung sebesar 128,15 meter dan sudut perlindungan sebesar 65^0 .
2. Dari hasil perhitungan menunjukkan bahwa menara sudah cukup baik untuk melindungi gedung Pustaka Universitas Lancang Kuning.

Daftar Pustaka

- [1] Available from : <http://www.pdf. Search enggige.com>
- [2] Badan Standarisasi Nasional, *Sistem Proteksi Petir Pada Bangunan dan Gedung*, Standar Nasional Indonesia.
- [3] Gill. Paul *Electrical Power Equipment Maintenance and Testing*.
- [4] Hutaaruk. TS, 1991, *Pengentanahan Netral Sistem Tenaga dan Pengentanahan Peralatan*, Erlangga.
- [5] Hutaaruk, TS, 1991, *Gelombang Berjalan dan Proteksi Surja*, Erlangga, Jakarta.
- [6] Zoro Reynaldo, 2008, *Pelatihan Sistem Proteksi Petir dan Sistem Grounding*, ITB Bandung.