

# STUDI SISTEM PENANGKAL PETIR PADA MENARA LAMPU PENERANGAN PARKIR BANDARA KUALANAMU

Oleh:

Jhonson M. Siburian<sup>1)</sup>, Jumari<sup>2)</sup>, Tika M. Hutagalung<sup>3)</sup>  
Universitas Darma Agung, Medan<sup>1,2,3)</sup>

E-Mail :

[jhonsonsiburian@gmail.com](mailto:jhonsonsiburian@gmail.com)<sup>1)</sup>, [62jumarieska@gmail.com](mailto:62jumarieska@gmail.com)<sup>2)</sup>,  
[tika@gmail.com](mailto:tika@gmail.com)<sup>3)</sup>

## ABSTRACT

Lightning is a natural phenomenon that is the result of electrostatic events in clouds due to differences in charge between clouds or differences in charge between clouds and earth so that discharge occurs and produces an electric arc that we can see as lightning. To protect the tower from the danger of lightning strikes, it is needed to install lightning rod so that the light tower is protected from overvoltage due to the lightning strike. This study will discuss the calculation and evaluation of the lightning protection system installed in the Kualanamu International Airport Parking Light Tower and compare it with existing theories regarding the calculation of lightning protection. From the results of calculations and evaluations conducted by the author, it can be concluded that the finial installed in the Kualanamu International Airport Parking Light Tower was able to protect the entire tower mast.

**Keywords:** *Lightning, Airport, Arc*

## 1. PENDAHULUAN

Petir merupakan suatu fenomena alam yang terjadi karena perpindahan muatan listrik di atmosfer dalam jumlah besar. Besar perpindahan ini menunjukkan nilai kerapatan arus petir yang tinggi dan berubah – ubah sesuai karakteristik iklim dan alam atau letak geografis suatu tempat. Sebuah sambaran kilat berukuran rata – rata mengandung arus listrik sebesar 200.000 amp dan cahaya yang dikeluarkan oleh petir lebih terang daripada cahaya 10 juta bola lampu pijar berdaya 100 watt.

Sebagai suatu proses kejadian di alam, maka petir juga dipengaruhi oleh kondisi alam. Indonesia sebagai negara tropis yang berada di lintasan khatulistiwa dan memiliki lautan yang luas, menyebabkan kemungkinan pembentukan awan – awan lebih mudah. Hal ini berarti juga menyebabkan kemungkinan terjadinya petir semakin besar.

Petir bagi masyarakat modern menjadi kendala yang serius karena kemampuannya untuk merusak infrastruktur yang membutuhkan jaringan tenaga listrik, telekomunikasi, proses data dan informasi melalui jaringan komputer serta sistem instrumentasi. Infrastruktur tersebut banyak menggunakan komponen elektronik yang sangat sensitif dan rentan terhadap pengaruh tegangan lebih akibat sambaran petir. Tegangan lebih yang menjadi ancaman bagi peralatan elektronik bukanlah karena tegangan lebih akibat sambaran petir langsung tetapi disebabkan tegangan lebih yang masuk ke sistem karena proses tidak langsung.

Mengingat kerusakan – kerusakan yang dapat timbul akibat adanya sambaran petir, maka muncullah berbagai usaha untuk mengatasi sambarannya. Dalam bidang teknik listrik dikenal sebagai usaha proteksi

petir. Dalam usaha proteksi petir ini tentu dibutuhkan pengetahuan tentang petir dan karakteristik – karakteristiknya.

### Sistem Penangkal Petir

Penerapan sistem penangkal petir di lapangan pada prakteknya sangat bervariasi baik dipengaruhi faktor klimatologi, geografi, ekonomi bahkan juga budayanya. Jadi pastilah tidak semua sistem yang sudah ada akan mengikuti idealism penerapan teknologi sistem yang baru karena disesuaikan dengan kebutuhan dan atas pertimbangan tertentu. Faktor – faktor ini seringkali cukup menarik perhatian para pengguna sistem, sehingga berbagai macam tipe penangkal petir perlu dipahami dimana letak perbedaannya.

### Jenis – jenis Penangkal Petir Penangkal Petir Konvensional

Teknik penangkal petir yang sederhana dan pertama kali dikenal menggunakan prinsip yang pertama, yaitu dengan membentuk semacam tameng atau perisai berupa konduktor yang akan mengambil alih sambaran petir. Penangkal petir semacam ini biasanya disebut *groundwires* (*kawat tanah*) pada jaringan hantaran udara, sedangkan pada bangunan – bangunan dan perlindungan terhadap struktur, *Benjamin Franklin* memperkenalkannya dengan sebutan *lightning rod*. Istilah ini tetap digunakan sampai sekarang di Amerika, sedangkan Inggris dan beberapa negara di Eropa menggunakan istilah *lightning conductor*. Istilah yang digunakan dalam tugas akhir ini mengikuti istilah yang digunakan di Rusia yaitu *lightning mast*.



**Gambar 1.** Penangkal petir Konvensional

**Penangkal Petir Elektrostatik**

Penangkal petir elektrostatik merupakan pengembangan terhadap penangkal petir konvensional (lightning mast). Prinsipnya sama, yaitu sebagai tameng atau perisai yang mengambil alih sambaran petir. Perbedaannya terletak pada bagaimana cara mengalihkan atau menarik sambaran petir tersebut.

Contoh konstruksi penangkal petir elektrostatik diperlihatkan pada gambar.



**Gambar 2.** Penangkal petir Elektrostatik

**Parameter Petir**

Parameter petir adalah rumusan – rumusan dan satuan – satuan yang diperoleh dari penelitian tentang petir yang dapat dipakai sebagai acuan dalam menganalisa masalah petir serta proteksinya. Parameter petir dapat diklasifikasikan menjadi parameter kejadian petir, parameter bentuk dan parameter arus.

Namun yang paling diperlukan dalam analisa ini parameter kejadian dan parameter arus. Parameter kejadian petir memberi gambaran tentang kepadatan sambaran petir (F), sedangkan parameter arus yang dibutuhkan adalah arus puncak Petir ( $\hat{I}$ ) dan kecuraman arus petir maksimum (di/dt)maks.

**Kepadatan Sambaran Petir Ke Tanah**

Jumlah hari guruh petir per tahun (IKL) adalah jumlah hari rata – rata guruh terdengar pertahunnya. Semakin besar jumlah hari guruh per tahun pada suatu daerah semakin besar pula kemungkinan daerah tersebut terkena sambaran petir.

Berkaitan dengan jumlah hari guruh per tahun dan curah hujan didefinisikan kepadatan sambaran petir ke tanah.

$$F_g = 4 \times 10^{-3} \times (IKL) \times 0,8 \times (P) \times 0,5 \frac{\text{sambaran}}{\text{km}^2}$$

Dimana:

$F_g$  = Kepadatan sambaran petir ke tanah (sambaran/km-th)

IKL = Jumlah hari guruh per tahun (ISO Keraunic Level)

P = Jumlah curah hujan rata - rata per-tahun (mm)

**Harga Arus Puncak Petir**

Amplitudo arus sambaran petir merupakan salah satu parameter paling penting untuk menentukan berapa harga tegangan yang akan terjadi pada puncak menara, atau tegangan yang akan dirasakan oleh peralatan – peralatan lain. Besar arus petir juga digunakan untuk mencari besar jarak petir yang merupakan parameter – parameter terpenting dari model elektromeometris.

Untuk menghitung besarnya arus puncak petir di Indonesia berdasarkan hasil analisa regresi, maka didapat dalam bentuk persamaan sebagai berikut:

$$I = 29,5 \times F_g \times 0,3 \times e^{\{-4,14 \times 10^{-3} - 0,3 \times Li\}} \times \{-2,4 \times 10 - 4 \times A\}$$

Dimana:

I = arus puncak petir (KA)

Li = derajat lintang daerah yang bersangkutan

$F_g$  = kepadatan sambaran petir ke tanah (sambaran/km<sup>2</sup>.th)

A = ketinggian awan terendah (meter)

$I = 29,5 \times F_g \times 0,3 \times e^{\{-4,14 \times 10^{-3} - 0,3 \times Li\}} \times \{-2,4 \times 10 - 4 \times A\}$

**Kecuraman Maksimum Arus petir**

Kecuraman arus petir maksimum (A/ $\mu$ s) (besaran “(di/dt)maks” dari arus petir) ini bertanggung jawab pada timbulnya tegangan induksi elektromagnetis pada loop/jaringan yang terdapat di dalam suatu instalasi yang tertutup atau terbuka yang terletak di dekat konduktor yang dilalui arus petir.

Kecuraman arus petir dirumuskan:

$$(di/dt) \text{ maks} = 1, 2 \times I_0, 7 \text{ kA}/\mu\text{s}$$

Dimana:

I = arus puncak petir

**Muatan Arus Petir**

Muatan arus petir adalah jumlah seluruh muatan yang dipindahkan petir termasuk sambaran berulang yang merupakan ukuran dari energi petir yang dapat menyebabkan leburnya logam atau obyek sambaran lainnya. Persamaan muatan arus petir adalah:

$$Q = 1, 13 \times I_0, 5 \text{ (Coulomb)}$$

**Konsep Elektromeometris Perlindungan Penangkal Petir**

Model analisis elektromeometris acuan merupakan hubungan antara sifat listrik sambaran dengan geometris dari sistem perlindungan yang didefinisikan pada kondisi ideal. Kondisi ideal yang didefinisikan

dalam pembuatan model elektrogeometris sistem perlindungan bangunan adalah:

**Sifat Dari Sambaran Petir**

Jarak sambaran ke setiap komponen sistem mempunyai harga yang sama.

$$r_s = K_s K_I (I)_s$$

Dimana:

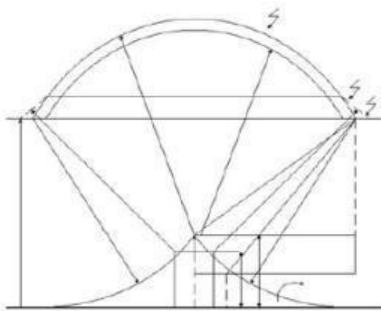
$K_I$  dan  $s$  : adalah suatu konstanta yang akan dicari.

$K_s$  : harga yang menunjukkan kemungkinan perbedaan dalam jarak sambar dari lidah petir ke tanah ( $r_{sg}$ ), ke batang penangkal tegak ( $r_s$ ), ke hantaran penyalur ( $r_{shp}$ ), dan ke bangunan ( $r_{sb}$ ). Pada kondisi ideal didefinisikan harga  $K_s = 1$ , maka:

$$r_s = r_{sg} = r_{shp} = r_{sb}$$

**Konfigurasi Sistem Perlindungan**

1. Cara – cara perlindungan dan pemasangannya sesuai dengan cara – cara pada peraturan umum instalasi penangkal petir.
2. Pada bangunan tidak terdapat komponen – komponen lain yang dapat dimanfaatkan sebagai pelindung petir kecuali yang sengaja dipasang.



**Gambar 3.** Perlindungan Elektrogeometris Penangkal Petir

$$(r_s = r_{sb} = r_{sg})$$

Keterangan:

$r_s$  = Jarak sambar ke finial tegak

$r_{sg}$  = Jarak sambar ke tanah

$r_{sb}$  = Jarak sambar ke bangunan

$Y$  = Tinggi bangunan dari atas tanah

$H$  = Tinggi finial tegak dari atas tanah

Jika lidah petir datang pada daerah (1) akan terjadi sambaran ke finial tegak, jika lidah petir datang pada daerah (2) akan terjadi sambaran ke bangunan, dan jika lidah petir datang pada daerah (3) akan terjadi sambaran ke tanah. Bila sambaran petir mendekat pada jarak  $s$ , sambaran itu akan dipengaruhi oleh benda apa saja yang berada di bawah dan melompati jarak  $s$  untuk mengadakan kontak dengan benda itu. Jarak  $s$  disebut jarak sambaran dan inilah konsep dari teori elektrogeometris.

Salah satu cara untuk menentukan daerah perlindungan adalah dengan pendekatan geometris, yaitu suatu pendekatan dengan konsep jarak sambar. Suatu konsep yang berhasil dikembangkan, bahwa petir akan menyambar objek menurut lintasan terdekat, yaitu jarak antara posisi lidah kilat terakhir sebelum menyambar target sambaran dengan objek sambaran.

**Jarak Sambar Petir**

Jarak sambar petir secara umum didefinisikan sebagai jarak antara ujung lidah petir dengan target sasaran yang nantinya merupakan terminal sambaran petir,[5] dimana sepanjang jarak ini gradien potensial telah mencapai harga kritisnya. Dengan demikian bila ada lidah petir yang melampaui jarak ini, maka akan terjadi pelepasan muatan (discharge) melalui lidah petir ke sasaran itu. Sasaran dapat berupa kawat phasa, menara, kawat tanah, batang penangkal petir, peralatan – peralatan pertambangan atau bumi.

Jarak sambar ke penangkal petir dinyatakan sebagai  $r_s$ , dan dirumuskan dengan:

$$r_s = k_I \times I_s$$

$$r_{sb} = k_{sb} \times k_I \cdot I_s$$

$$r_{sg} = k_{gs} \times I_s$$

Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan oleh Whitehead dan Brown yang dikalibrasi oleh Michael Sargent, diperoleh harga konstanta (( $k_{sg} = 0,85-1,0$ ). Pada kondisi ideal, harga konstanta – konstanta tersebut adalah 1, sehingga didapat:  $r_s = r_{sb} = r_{sg}$ .

Hubungan antara jarak sambaran petir dan kuat arus menurut beberapa ahli adalah sebagai berikut:

$$r_s = 6,7 \times I_{0,80}$$

$$r_s = 7,1 \times I_{0,75}$$

$$r_s = 10 \times I_{0,65}$$

**Tegangan Jatuh Pada Elektroda Pentanahan**

Arus petir yang mengalir ke tanah melalui elektroda pentanahan menimbulkan tegangan jatuh antara titik – titik masuk dan titik terpisah pada tanah. Tegangan jatuh pada elektroda pentanahan dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$U_E = I \times R_{st}$$

Dimana:

$U_E$  = Tegangan jatuh (kV)

$I$  = Arus puncak petir (Ampere)

$R_{st}$  = Resistansi pentanahan (ohm)

Sedangkan besar resistansi elektroda pentanahan untuk satu batang elektroda dapat ditentukan berdasarkan persamaan sebagai berikut:

$$R_{st} = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \frac{\ln 4L-1}{a} \right)$$

Dimana:

Rst = Resistansi pentanahan (ohm)

$\rho$  = Resistivitas tanah (ohm-meter)

L = Panjang batang elektroda pentanahan (meter)

a = Diameter elektroda (meter)

## 2. METODE PELAKSANAAN

### Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di **PT JAYA TEKNIK INDONESIA BANDARA KUALANAMU MEDAN.**

**Tabel 1** Alur waktu dan penelitian

No	Kegiatan	Waktu
1	Studi Literature	07/05/19
2	Perizinan Penelitian	08/05/19
3	Pengambilan Data	10/05/19
4	Pengolahan Data	15/06/19
5	Penyelesaian Laporan	20/06/19

Penelitian ini akan dilaksanakan dengan menggunakan metode seperti tabel 1, yaitu dengan cara sebagai berikut:

#### 1. Studi literatur

Studi literatur merupakan kajian penulis atas referensi – referensi yang ada baik berupa buku maupun karya – karya ilmiah yang berhubungan dengan penyelesaian laporan ini.

#### 2. Perizinan penelitian

Dalam hal ini penulis akan melakukan perizinan kepada PT JAYA TEKNIK INDONESIA untuk pengambilan data yang akan digunakan untuk menyelesaikan laporan.

#### 3. Pengambilan data

Pengambilan data akan dilakukan di proyek menara lampu penerangan parkir Bandara Internasional Kualanamu Medan yang dimiliki PT JAYA TEKNIK INDONESIA untuk dianalisis.

#### 4. Pengolahan data

Dari data yang diperoleh pada PT JAYA TEKNIK INDONESIA akan dianalisis/diolah untuk mengetahui keadaan penangkal petir yang akan dipasang pada menara lampu penerangan parkir Bandara Internasional Kualanamu.

#### 5. Penyelesaian laporan

Setelah data dan kesimpulan tentang keadaan penangkal petir pada menara lampu diperoleh, laporan akan diselesaikan untuk pengambilan kesimpulan dan pemberian saran.

### Pengumpulan Data

Langkah – langkah yang dilakukan untuk melakukan pengukuran penangkal petir yaitu:

1. Pengambilan data penangkal petir yang ada pada menara parkir Bandara Internasional Kualanamu Medan
2. Ekstraksi tahanan penangkal petir yang terpasang
3. Interpretasi data, memperoleh hasil data dari uji ketahanan penangkal petir yang dilakukan.

**Tabel 2** Data penelitian data petir

No.	Tanggal	Waktu	Teg. Petir	Ampere	Ket.
1.	10 Mei 2016	20.00 WIB	100 kV	0,003 A	Hujan petir
2.	22 Agustus 2017	14.00 WIB	100 kV	0,005 A	Hujan petir
3.	21 September 2017	08.00 WIB	120 kV	0,013 A	Hujan petir
4.	21 Juni 2018	12.00 WIB	75 kV	0,025 A	Hujan petir
5.	30 Juni 2018	21.00 WIB	120 kV	1,10 A	Hujan petir

**Tabel 3** Data penelitian tahanan jenis tanah dengan menggunakan megger

Kondisi tanah	Jarak elektroda bantu (m)	Tahanan ( $\Omega$ )				
		0,3 m	0,4 m	0,5 m	0,6 m	0,7 m
Rawa	6	3,34	2,14	1,71	1,64	1,2
Tanah liat	6	76	48	25,5	19	15,5
Tanah berbatu	6	1339	714	538	399,37	359,3

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengolahan Data Dan Hasil

#### Data Peralatan Penangkal Petir Menara Lampu Penerangan Parkir Bandara Kualanamu

##### 1. Batang finial (Terminal udara)

Batang finial yang digunakan adalah penangkal petir jenis KURN LIGHTNING CONTROL sebanyak 1 buah, yang terdapat pada ujung menara.

##### 2. Hantaran penyalur (Down conductor)

Hantaran penyalur menggunakan kabel BC dengan luas penampang 1 cm hingga 2 cm yang dipasang langsung pada bagian menara sebagai alat proteksi penangkal petir.

##### 3. Pentanahan

Sistem pentanahan pada menara lampu penerangan parkir bandara Internasional Kualanamu Medan menggunakan elektroda pentanahan yang dihubungkan dengan kawat BC yang mengalirkan semua muatan listrik dari kabel konduktor kebatang pembumian (ground road).

#### Penanaman Elektroda

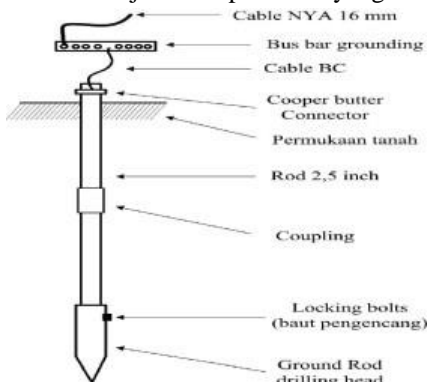
Penanaman elektroda yang ditanam merupakan faktor yang paling penting dalam menentukan besarnya tahanan pembumian, makin dalam elektroda tertanam makin kecil tahanannya, hal ini disebabkan karena:

1. Tahanan jenis tanah akan turun dengan semakin dalamnya elektroda dalam tanah.

2. Volume dari permukaan tanah mempengaruhi langsung kenaikan dari panjang elektroda dibawah permukaan tanah.

Teknik penanaman elektroda batang:

- Melakukan pemilihan lokasi pembumian elektroda dengan memilih tanah yang tahan jenis tanahnya konstan atau tetap dan biasanya tanah yang memiliki tahan jenis yang konstan adalah tanah yang memiliki kadar air yang konstan didalam pori – pori tanah.
- Mengatur jarak antara titik elektroda yang satu dengan yang lain dengan jarak paling minim 10 – 20 m.
- Melakukan penggalian tanah ukuran 30 x 30 kedalam 50 cm.
- Menuangkan air kedalam lubang yang telah digali hingga penuh yang bertujuan untuk mempermudah penanaman elektroda.
- Menancapkan grounding rod atau elektroda batang kedalam lubang tersebut dengan menekan secara perlahan lalu mengangkat sedikit grounding rod dengan membiarkan air turun kebawah.
- Menekan kembali grounding rod hingga beberapa centimeter dari kedalaman awal.
- Menuangkan kembali air kedalam lubang, lalu mengulang menekan grounding rod namun dalam kedalaman 1 m dari atas permukaan tanah grounding rod tidak dapat lagi menembus tanah karena menemukan batu didalam tanah sehingga dalam hal ini diperlukan alat pengebor tanah untuk melakukan penggalian lebih dalam lagi.
- Setelah mencapai kedalaman 7 m, maka untuk kedalaman ini memungkinkan penanaman stick rod kedalamnya dikarenakan lokasi penanaman elektroda ini juga memiliki tanah yang lembab dan sedikit rawa karena tidak jauh dari pinggir laut.
- Memasukkan kembali tanah dibagian sisi samping elektroda hingga tanah dengan elektroda rod benar – benar terhubung dan tidak ada ruang udara antara elektroda batang dengan tanah.
- Menghubungkan bagian ujung elektroda yang di permukaan tanah dengan menggunakan kabel BC menuju busbar grounding.
- Busbar grounding ini disambungkan lagi kabel BC 16 mm menuju badan peralatan yang akan diamankan.



**Gambar 4.** Konstruksi elektroda batang setelah diinstalasi pada menara lampu penerangan parkir Bandara Internasional Kualanamu Medan.

### Tujuan Penanaman Elektroda

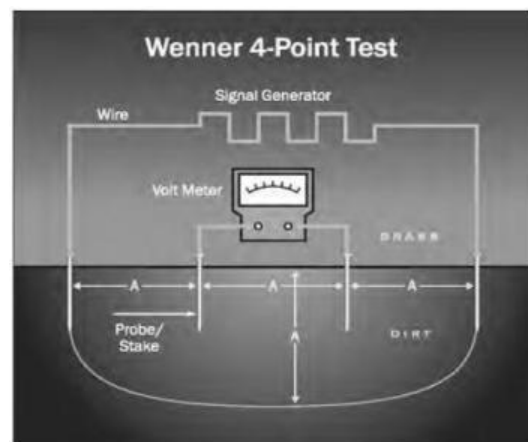
Adapun tujuan dari penanaman elektroda, yaitu seperti dijelaskan berikut ini:

- Menghantar muatan dari petir ke bumi.
- Bilamana ada arus lebih yang masuk dari jaringan listrik, dengan menggunakan alat bantu arester yang sudah di integrasikan ke sistem pembumian maka tegangan lebih dapat di hantarkan ke bumi, hal ini akan mengurangi kerusakan sistem dan peralatan elektronik didalam rumah.

Bilamana ada tegangan lebih yang masuk kedalam sistem jaringan listrik didalam rumah, alat alat elektronik yang sudah diintegrasikan kedalam sistem pembumian sehingga tegangan lebih akan dihantarkan ke bumi, hal ini akan mengurangi kerusakan barang – barang elektronik di dalam rumah. Kita dapat membuat sub – sub terminal didalam rumah tapi harus memperhatikan faktor keamanan dan estetika.

### Pengukuran Tahanan Pembumian Elektroda

Dari hasil proses perencanaan, perancangan, pembuatan sampai proses penelitian dan pengambilan data barulah kita mendapatkan hasilnya. Dari hasil penelitian yang telah penulis peroleh kemudian dimasukkan kedalam laporan, hasil yang didapat saat melakukan penelitian adalah hasil yang real yang ada di lapangan dan tidak dibuat – buat, dan ini ada beberapa data sesuai dengan penelitian yang terjadi di lapangan.



**Gambar 5.** Sistem Wener 4-point

Dengan menggunakan sistem Wener 4-point dapat dilakukan perhitungan manual seperti dalam rumus berikut:

$$\rho = 1.915AR$$

$$\rho = 1.915(40)(4.5)$$

$$\rho = \frac{4\pi AR}{1 + \frac{2A}{\sqrt{(A^2 + 4B^2)} - \sqrt{(A^2 + B^2)}}$$

Dimana :

$\rho$  = Nilai koefisien

A = Jarak yang diatur untuk *grounding* (cm)

R = Resistansi (Ohm)

1. Pada saat di titik A



Hasil yang didapat pada saat melakukan penelitian di titik A yaitu sebesar 6,1 ohm dengan skala 200 Ω.

2. Grounding yang sudah terpasang

Sedangkan untuk grounding yang sudah terpasang yaitu 1,6 ohm dengan skala 200 Ω

3. Hasil paralel antara Grounding yang sudah terpasang dengan grounding yang baru

Grounding yang sudah terpasang mempunyai tahanan 1,6 ohm sedangkan grounding yang baru tahananannya 6,1 ohm, setelah kedua grounding itu di paralelkan antara grounding yang sudah terpasang dengan grounding yang baru hasilnya adalah 0,68 ohm.

Dari data tersebut perlu diberikan standart yang sesuai dengan peralatan sehingga keandalan sistem tetap terjaga. Standar yang digunakan adalah NEC dengan nilai ukuran minimal ≤ 10 ohm untuk sistem *grounding conductor raceway and equipment*.

#### Analisa data

Soil resistance testing :

$$\rho = 1.915AR$$

$$\rho = 1.915(40)(4.5)$$

$$\rho = \frac{4\pi AR}{1 + \frac{2A}{\sqrt{(A^2 + 4B^2)} - \sqrt{(A^2 + B^2)}}$$

Dimana :

$\rho = 577.77$  ,  $B = 2000$  cm ,  $A = 1000$  cm ,  $R = 0.6$  ohm  
 Karena bentuk pemasangan *grounding* secara vertikal maka, digunakan rumus yang sesuai dengan kondisi pada area. Pada rumus dibawah menggunakan rumus *Tagg and Dwight* dengan penggunaan standart IEEE 665-1995.

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \frac{4L}{d} + \ln \frac{L}{h} - 2 + \frac{2h}{L} - \frac{h^2}{L^2} + \frac{h^4}{8L^2} \right)$$

Dimana :

$R = 5,717$  G ohm

$L = 40$  cm

$h = 2000$  cm

$d = 4$  cm

Nilai resistansi pasca pemasangan

Dari hasil pengukuran pentanahan di atas dapat di peroleh data yang di tunjukkan pada titik A = 6,1 ohm, sedangkan untuk kedalaman tanah pada saat membuat pentanahan adalah 20 m. Selanjutnya hasil perhitungan pentanahan di tiap – tiap titiknya adalah sebagai berikut:

a. Hasil pengukuran di titik A

$$RP \leq 50 / IA$$

$$IA = 50 / RP$$

$$IA = 50 / 6,1$$

$$= 8,19 \text{ Ampere}$$

b. Hasil *Grounding* yang sudah terpasang

$$RP \leq 50 / IA$$

$$IA = 50 / RP$$

$$IA = 50 / 1,6$$

$$= 31,25 \text{ Ampere}$$

c. Hasil *Grounding* setelah diparalel keduanya

Hasil tahananannya adalah 0,68 dengan menggunakan *earth tester*.

Dengan perhitungan sebagai berikut:

$$1 / RP = 1 / R \text{ sudah terpasang} + 1 / R \text{ baru}$$

$$= 1 / 1,6 + 1 / 6,1$$

$$0,63 + 0,16$$

$$1 / RP = 0,79$$

$$RP = 1,26 \text{ ohm}$$

#### Jenis Penangkal Petir Yang Digunakan Pada Menara Lampu

Jenis penangkal petir yang digunakan pada menara lampu penerangan parkir di Bandara Internasional Kualanamu adalah penangkal petir KURN LIGHTNING CONTROL.

Dengan radius : R120 – 150.

Adapun alasan menggunakan penangkal petir KURN LIGHTNING CONTROL ini adalah:

1. Tidak banyak membutuhkan komponen maupun kabel
2. Area perlindungan lebih luas antara 60 – 150 m
3. Lebih murah untuk area perlindungan yang luas
4. Pada umumnya hanya membutuhkan 1 arde
5. Hanya membutuhkan 1 terminal untuk radius tertentu
6. Perawatan dan pemasangan yang mudah, merupakan pilihan yang tepat dan tidak mengganggu estetika bangunan/menara.
7. Bertindak sebagai pencegah interferensi perangkat komunikasi anda
8. Lebih aman bagi pekerja yang melakukan perawatan.



**Gambar 6.** Penangkal petir pada menara lampu penerangan parkir bandara Kualanamu

#### Komponen – komponen Pemasangan Penangkal Petir

Komponen – komponen pemasangan penangkal petir adalah sebagai berikut:

##### Batang Penangkal Petir

a. Penangkal petir konvensional

b. Penangkal petir sistem radius

Batang penangkal petir berupa batang tembaga murni yang ujungnya runcing. Ini merupakan ciri – ciri sistem penangkal petir konvensional ciptaan

Benyamin Franklin (Bapak penangkal petir dunia). Berkat penemuan penangkal petir konvensional ini, Benyamin Franklin telah

menyelamatkan harta dan nyawa jutaan manusia di seluruh dunia. Kenapa batang tembaga penangkal petir konvensional dibuat runcing, hal ini karena muatan listrik mempunyai sifat mudah berkumpul dan lepas pada ujung logam yang runcing. Dengan demikian dapat memperlancar proses tarik – menarik dengan muatan listrik yang ada di awan menuju ke batang tembaga penangkal petir yang runcing ini.

Batang tembaga penangkal petir yang runcing ini dipasang pada bagian puncak suatu bangunan. Dan semua sistem penangkal petir konvensional bekerja persis seperti ini.

#### Kabel Konduktor

Kabel konduktor terbuat dari jalinan kawat tembaga (Kawat tembaga khusus untuk penangkal petir). Diameter jalinan kabel konduktor sekitar 1 cm hingga 2 cm. Kabel konduktor berfungsi meneruskan aliran muatan listrik dari batang tembaga penangkal petir yang bermuatan listrik menuju ketanah.

Kabel konduktor penangkal petir tersebut dipasang pada dinding di bagian luar bangunan dan sebaiknya dilapisi bahan isolasi untuk yang menuju ke bawah tanah. Supaya hasil instalasi penangkal petir bisa bekerja dengan baik, semua material tembaga petir (spit penangkal petir) dan kawat tembaga harus khusus untuk instalasi penangkal petir. Hal ini supaya hasil instalasi penangkal petir bisa bekerja dengan efektif.

#### Tempat Pembumian

Tempat pembumian (*grounding*) berfungsi mengalirkan muatan listrik dari kabel konduktor ke batang pembumian (*ground rod*) yang tertanam di tanah. Batang pembumian terbuat dari bahan tembaga berlapis baja, dengan diameter 1,5 cm dan panjang sekitar 1,8 - 3 m. Secara umum bagian dan sistem pemasangan penangkal petir adalah sebagai berikut :

a. Batang penangkal petir, sering disebut Splitzen adalah bagian yang ditempatkan ditempat tertinggi di atas menara. Dapat juga dilakukan dengan menambah ketinggian dengan menambah pipa untuk mendapatkan radius yang lebih besar dari sambaran petir. Bahan yang digunakan adalah dari batang tembaga. Splitzen dihubungkan ke terminal atau langsung ke pipa tembaga dengan kabel BC 50 mm.

b. Pengkabelan (Konduktor), adalah merupakan penghantar aliran dari penangkal petir ke pembumian (pentanahan). Kabel yang digunakan untuk yang jauh dari jangkauan biasanya jenis kabel BC (kabel tembaga terbuka) dan untuk yang mudah dalam jangkauan menggunakan kabel BCC atau NYY (kabel tembaga terbungkus).

c. Terminal adalah pusat yang menghubungkan beberapa kabel sebelum diteruskan ke pembumian/pentanahan. Bahan terminal dapat menggunakan plat tembaga dengan ukuran 10 x 30 cm. Terminal bisa dibuatkan diluar bangunan rumah dengan menempatkannya disebuah bak kontrol.

Kemudian terminal dihubungkan ke sistem pembumian dengan menggunakan kabel BC ukuran 50 mm.

d. Pembumian/Pentanahan adalah bagian yang meneruskan hantaran ke tanah menggunakan sejenis pipa tembaga (cooper rod) diameter 1/2 inch panjang 3-4 m.

Sebagaimana persyaratan dalam pentanahan dimana dianjurkan nilai tahanan sistem pembumian adalah dibawah 3 ohm. Untuk sistem pembumian yang bagus adalah berhubungan dengan tanah dimana pipa dipasangkan, dimana kedekatan tanah yang tinggi adalah tempat yang paling bagus untuk mendapatkan nilai tahanan pembumian yang rendah. Dianjurkan tidak menanam pipa didaerah berpasir ataupun berbatu, karena biasanya nilai tahanan pembumian akan semakin tinggi.

Untuk mendapatkan hasil yang maksimal anda bisa menambahkan beberapa pipa tembaga yang saling terintegrasi. Atau cara lain bisa dilakukan dengan menanam pipa dalam hingga lebih dari 20 m. Bilamana nilai tersebut tidak dapat dicapai, sistem pembumian dapat ditambahkan dengan memasang cooper plate yang ditanamkan dengan bentonite.

#### Perhitungan Resiko Sambaran Petir Di Menara Lampu Penerangan Parkir Bandara Internasional Kualanamu Medan

##### Kepadatan Sambaran Petir Kitanah km<sup>2</sup>/tahun

Dari sumber pustaka yang diperoleh besarnya curah hujan rata – rata per tahun dan jumlah hari guruh rata – rata pertahun untuk daerah medan adalah 3370 mm/tahun dan 70 hari/tahun. Sehingga kepadatan sambaran petir kitanah adalah:

$$F_g = 4.10^{-3} \times I_{KL} \times P_{0,5}$$

Ket:

F<sub>g</sub> = Kepadatan sambaran petir kitanah per km<sup>2</sup>/tahun

I<sub>KL</sub> = Jumlah hari guruh pertahun = 70 hari/tahun

P = Jumlah curah hujan dalam mm/tahun = 3370 mm/thn

F<sub>g</sub> = 4.10<sup>-3</sup> x (70)<sup>0,8</sup> x (3370)<sup>0,5</sup>

F<sub>g</sub> = 6,8 Sambaran/km<sup>2</sup>/tahun ≈ 7 Sambaran/km<sup>2</sup>/tahun

##### Arus Puncak Petir (Imaks)

$$I = 29,5 \times F_g \times e^{\{-4,14 \times 10^{-3} \times L\}} \times \{-2,4 \times 10^{-4} \times A\} \text{ kA}$$

Ket:

I = Arus puncak petir (kA)

F<sub>g</sub> = 7 sambaran/km<sup>2</sup> /tahun

L = Derajat lintang geografis yang dilindungi = 06 10'

LS = 6,866

A = Ketinggian awan terendah (meter)

I = 29,5 x 7<sup>0,3</sup> x e<sup>\{-4,14 x 10<sup>-3</sup> x 6,866\}</sup> x \{-2,4 x 10<sup>-4</sup> x 400\} kA

I = 29,5 x 1,79 kA

$$I = 52,88 \text{ kA}$$

#### 4.6.3. Kecuraman Arus Petir Maksimum

$$(di/dt) = 1,2 \times 10,7 \text{ kA}/\mu\text{dt}$$

$$(di/dt) = 1,2 \times (52,88) 0,7 \text{ kA}/\mu\text{dt}$$

$$(di/dt) = 1,2 \times 16,08 \text{ kA}/\mu\text{dt}$$

$$(di/dt) = 19,3 \text{ kA}/\mu\text{dt}$$

Muatan listrik arus sambaran

$$Q = 1,13 \times I 0,5 \text{ Coulomb}$$

$$Q = 1,13 \times (52,88) 0,5 \text{ Coulomb}$$

$$Q = 1,13 \times 7,27 \text{ Coulomb}$$

$$Q = 8,2 \text{ Coulomb}$$

#### Perhitungan Jarak Sambar Petir

Dengan menggunakan konsep elektrogeometris yang merupakan suatu konsep perlindungan terhadap bahaya petir, pendekatan geometris, dapat ditentukan daerah perlindungan berdasarkan jarak sambar. Perhitungan jarak sambar menurut Amstrong dan Whitehead.

$$r_s = 6,7 \times I 0,8$$

$$r_s = 6,7 \times (52,88) 0,8$$

$$r_s = 6,7 \times 23,91$$

$$r_s = 160,2 \text{ meter} \approx 160 \text{ meter}$$

Perhitungan jarak sambar menurut Brown dan Whitehead

$$r_s = 7,1 \times I 0,75$$

$$r_s = 7,1 \times (52,88) 0,75$$

$$r_s = 7,1 \times 19,61$$

$$r_s = 139,23 \text{ meter} = 139 \text{ meter}$$

Perhitungan jarak sambar menurut R. H. Golde

$$r_s = 10 \times (52,88) 0,65$$

$$r_s = 10 \times 13,19$$

$$r_s = 131,9 \text{ meter} = 132 \text{ meter}$$

#### Tegangan Jatuh Pada Elektroda Pentanahan

Dengan pertimbangan, jika arus listrik yang mengalir melalui hantaran penyalur adalah merupakan arus puncak maksimum dari sambaran petir, maka tegangan jatuh pada elektroda pentanahan dapat ditentukan.

Data elektroda pbumian pada menara dan gedung adalah sebagai berikut:

1. Resistivitas tanah ( $\rho$ ) = 150 Ohm-meter

2. Panjang elektroda (L) = 16 meter

3. Jari – jari elektroda (a) = 12,5 mm = 0,0125 meter

Maka besar resistansi pbumian untuk harga

$$\text{resistivitas tanah tersebut adalah: } R_{st} = \rho 2(\ln 4L - 1\alpha)$$

$$R_{st} = 1502 \times 3,14 \times 16(\ln 4 \times 16 - 10,0125) \quad R_{st} =$$

$$15094,2(\ln 3840 - 1) \quad R_{st} = 1,49 (8,253 - 1) \quad R_{st} = 1,49$$

$$(7,25) \quad R_{st} = 10,82 \text{ ohm}$$

$$R_{st} = 15094,2 (\ln 3840 - 1) 94,2$$

$$R_{st} = 1,49 (8,253 - 1)$$

$$R_{st} = 1,49 (7,25)$$

$$R_{st} = 10,82 \text{ Ohm}$$

Maka resistansi pentanahan untuk 4 batang elektroda yang dihubungkan secara parallel adalah:

$$R_{st} = 1/N \times R_{st} \text{ (sebuah elektroda)}$$

$$R_{st} = 14 \times 10,82 \text{ Ohm}$$

$$R_{st} = 2,7 \text{ Ohm}$$

Maka besar tegangan jatuh pada elektroda dan pentanahannya adalah:

$$UE = I \text{ maks. } R_{st}$$

$$UE = 52,88 \times 2,7 = 142,776 \text{ KV}$$

#### 4. KESIMPULAN

1. Sistem penangkal petir eksternal pada menara lampu penerangan parkir Bandara Kualanamu Medan yang terdiri atas satu buah finial penangkal petir jenis ESE, yang dipasang pada ujung menara, maka untuk 1 buah finial sudah cukup untuk melindungi 1 batang menara lampu.

2. Perbandingan kedua finial jenis modern dan konvensional adalah bahwa penggunaan finial jenis modern lebih menguntungkan karena cenderung lebih efektif dalam hal pemasangannya dan radius yang dicapai juga cukup besar.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Horsea, dkk (2004). *Penerapan Metode Jala, Sudut Proteksi dan Bola Bergulir Pada Sistem Proteksi Petir Eksternal*. Surabaya.
- [2] Hutaeruk, T.S. 1991. *Pengetahuan Sistem Netral Sistem Tenaga dan Pengetahuan peralatan*, Jakarta. Erlangga.
- [3]. *Peraturan Menteri Tenaga Kerja Republik Indonesia tentang Pengawasan Instalasi Penyalur Petir*. 1989
- [4] Patabang, Simon. *Sistem Pentanahan*. Universitas Atma Jaya Makassar, Makassar.
- [5] Theraja. B. L & Theraja A. K, *A Text Book of Electrical Technology, Hand Book, Nirja Construction & Development*, 1994