

## Penerapan Metode Jala, Sudut Proteksi dan Bola Bergulir Pada Sistem Proteksi Petir Eksternal yang Diaplikasikan pada Gedung W Universitas Kristen Petra

Emmy Hosea<sup>1</sup>, Edy Iskanto<sup>2</sup>, Harnytris M. Luden<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra

<sup>2</sup> Jasa Teknik Kelistrikan, Laboratorium Masalah Kelistrikan PLN

email : emmyho@petra.ac.id; dsijtk@plnijk.co.id

### Abstrak

Sistem proteksi petir terdiri dari proteksi eksternal, sistem pembumian dan proteksi internal. Penentuan terminasi udara menggunakan tiga metode yaitu metode jala, sudut proteksi dan bola bergulir. Makalah ini menjelaskan tentang aplikasi ketiga metode tersebut pada gedung W UK Petra. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa gedung W Universitas Kristen Petra membutuhkan tambahan sistem proteksi petir berdasarkan analisis dengan metode bola bergulir.

**Kata kunci :** Sistem proteksi petir.

### Abstract

*Lightning protection system consist of external protection, grounding system and internal protection. Three methods to determine air termination are mesh size method, protective angle method and rolling sphere method. This paper describes the application of those methods on W building Petra Christian University. The result show that the building needs more lightning protection system based on rolling sphere method analysis.*

**Keywords:** *Lightning protection system.*

## 1. Pendahuluan

Keadaan geografis yang dekat ke khatulistiwa menyebabkan Indonesia termasuk sebagai wilayah yang memiliki hari guruh per tahun (*thunderstormdays*) tinggi dengan jumlah sambaran petir yang banyak sehingga memungkinkan banyak terjadi bahaya dan kecelakaan akibat sambaran petir.

Sambaran petir dapat menimbulkan gangguan pada sistem tenaga listrik. Pada bangunan/gedung bertingkat, efek gangguan akibat sambaran petir ini semakin besar sesuai dengan semakin tingginya bangunan tersebut. Kebutuhan bangunan akan proteksi petir ditentukan dengan cara klasifikasi area tempat bangunan atau dengan perhitungan menggunakan paramater hari guruh dan koefisien Ng, Nd dan Ne.

## 2. Besarnya Kebutuhan Bangunan akan Sistem Proteksi Petir

Suatu instalasi proteksi petir harus dapat melindungi semua bagian dari suatu bangunan, termasuk manusia dan peralatan yang ada di dalamnya terhadap bahaya dan kerusakan akibat sambaran petir. Berikut ini akan dibahas cara 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.<sup>[3,4,6]</sup>

1. Berdasarkan PUIPP besarnya kebutuhan tersebut ditentukan berdasarkan penjumlahan indeks-indeks tertentu yang mewakili keadaan bangunan di suatu lokasi dan dituliskan sebagai:

$$R = A + B + C + D + E \quad (1)$$

(Besar index di atas, lihat pada lampiran)

2. Cara penentuan yang digunakan pada standar NFPA 780 hampir sama dengan cara yang digunakan pada PUIPP yaitu dengan menjumlahkan sejumlah indeks yang mewakili

---

**Catatan:** Diskusi untuk makalah ini diterima sebelum tanggal 1 Juni 2004. Diskusi yang layak muat akan diterbitkan pada Jurnal Teknik Elektro volume 4, nomor 2, September 2004.

keadaan lokasi bangunan kemudian hasil penjumlahan dibagi dengan indeks yang mewakili isokeraunic level di daerah tersebut. Secara matematik dituliskan sebagai :

$$R = \frac{A + B + C + D + E}{F} \quad (2)$$

(Besar index di atas, lihat pada lampiran)

3. Berdasarkan standart IEC 1024-1-1, pemilihan tingkat proteksi yang memadai untuk suatu sistem proteksi petir didasarkan pada frekwensi sambaran petir langsung setempat (Nd) yang diperkirakan ke struktur yang diproteksi dan frekwensi sambaran petir tahunan setempat ( Nc ) yang diperbolehkan. Kerapatan kilat petir ke tanah atau kerapatan sambaran petir ke tanah rata-rata tahunan di daerah tempat suatu struktur berada dinyatakan sebagai :

$$Ng = 0,04 \cdot IKL^{1,25} / km^2 / tahun \quad (3)$$

dimana IKL adalah *isokeraunic level* di daerah tempat struktur yang akan diproteksi.

$$Nd = Ng \cdot Ae \cdot 10^{-6} / tahun \quad (4)$$

dimana Ae adalah area cakupan dari struktur (m<sup>2</sup>) yaitu daerah permukaan tanah yang dianggap sebagai struktur yang mempunyai frekwensi sambaran langsung tahunan. Daerah yang diproteksi adalah daerah di sekitar struktur sejauh 3h dimana h adalah tinggi struktur yang diproteksi.

Pengambilan keputusan perlu atau tidaknya memasang sistem proteksi petir pada bangunan berdasarkan perhitungan Nd dan Nc dilakukan sebagai berikut [6]:

- a. Jika  $Nd \leq Nc$  tidak perlu sistem proteksi petir.
- b. Jika  $Nd > Nc$  diperlukan sistem proteksi petir dengan efisiensi :

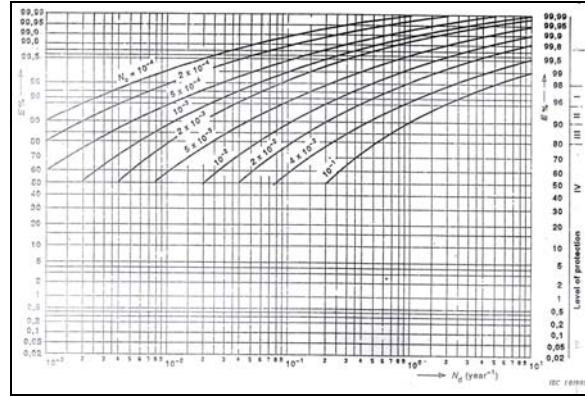
$$E \geq 1 - Nc / Nd \quad (5)$$

dengan tingkat proteksi sesuai tabel 1.

Tabel 1. Efisiensi Sistem Proteksi Petir<sup>[6]</sup>

Tingkat Proteksi	Efisiensi SPP
I	0,98
II	0,95
III	0,90
IV	0,80

Grafik nilai kritis efisiensi sistem proteksi petir yaitu perbandingan Nc dengan Nd ditunjukkan dalam gambar 1.



Gambar 1. Nilai Kritis Efisiensi Sistem Proteksi Petir<sup>[3]</sup>

### 3. Proteksi Eksternal

Proteksi eksternal adalah instalasi dan alat-alat di luar suatu struktur untuk menangkap dan menghantarkan arus petir ke sistem pembumian. Proteksi eksternal berfungsi sebagai ujung tombak penangkap muatan listrik dan arus petir di tempat tertinggi.

1. Terminasi udara (*air termination*)

Terminasi udara adalah bagian sistem proteksi petir eksternal yang dikhususkan untuk menangkap sambaran petir, berupa elektroda logam yang dipasang secara tegak maupun mendarat.

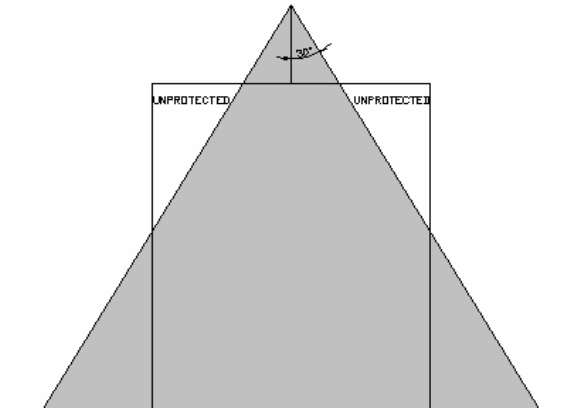
Ada 3 (tiga) metode yang digunakan untuk menentukan penempatan terminasi udara dan untuk mengetahui daerah proteksi. Ketiga metode tersebut adalah:

- Metode jala (*mesh size method*)  
Metode ini digunakan untuk keperluan perlindungan permukaan yang datar karena bisa melindungi seluruh permukaan bangunan. Daerah yang diproteksi adalah keseluruhan daerah yang ada di dalam jala-jala. Ukuran jala sesuai tingkat proteksi yang dipilih tersebut dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Penempatan Terminasi Udara Sesuai dengan Tingkat Proteksi<sup>[6]</sup>

Tingkat proteksi	h (m)	20	30	45	60	Lebar jala (m)
	R (m)	$\alpha^0$	$\alpha^0$	$\alpha^0$	$\alpha^0$	
I	20	25	-	-	-	5
II	30	35	25	-	-	10
III	45	45	35	25	-	15
IV	60	55	45	35	25	20

- Metode sudut proteksi (*protective angle method*)  
Daerah yang diproteksi adalah daerah yang berada di dalam kerucut dengan sudut proteksi sesuai dengan tabel 2.



Gambar 2. Metode Sudut Proteksi

- Metode bola bergulir (*rolling sphere method*)

Metode bola bergulir baik digunakan pada bangunan yang bentuknya rumit. Dengan metode ini seolah-olah ada suatu bola dengan radius  $R$  yang bergulir di atas tanah, sekeliling struktur dan di atas struktur ke segala arah hingga bertemu dengan tanah atau struktur yang berhubungan dengan permukaan bumi yang mampu bekerja sebagai penghantar. Titik sentuh bola bergulir pada struktur adalah titik yang dapat disambar petir dan pada titik tersebut harus diproteksi oleh konduktor terminasi udara. Semua petir yang berjarak  $R$  dari ujung penangkap petir akan mempunyai kesempatan yang sama untuk menyambar bangunan. Besarnya  $R$  berhubungan dengan besar arus petir dan dinyatakan sebagai <sup>[1]</sup>:

$$R = I^{0,75} \quad (6)$$

Bila ada arus petir yang lebih kecil dari  $I$  tersebut mengenai bangunan, bangunan masih bisa tahan. Bila arus petir lebih besar dari  $I$  tersebut, akan ditangkap oleh penangkap petir.

2. Konduktor ke bawah (*down conductor*)  
Konduktor ke bawah adalah bagian sistem proteksi eksternal yang dimaksudkan untuk melewatkan arus petir dari sistem terminasi udara ke sistem pembumian. Konduktor ke

bawah terbagi menjadi konduktor penyalur utama yaitu jenis logam yang disiapkan secara khusus untuk menyalurkan arus petir ke tanah dan konduktor penyalur pembantu yaitu penghantar lain berupa pipa air hujan dari logam atau bahan konstruksi bangunan dari logam yang dimanfaatkan untuk penyalur arus petir ke tanah.

#### 4. Hari Guruh

Hari guruh adalah banyaknya hari dimana terdengar guntur paling sedikit satu kali dalam jarak kira-kira 15 km dari stasiun pengamatan. Hari guruh biasa juga disebut hari badai guntur (*thunderstormdays*). *Isokeraunic level* adalah jumlah hari guruh dalam satu tahun di suatu tempat. Untuk menganalisa pengamanan terhadap sambaran petir di Gedung W Universitas Kristen Petra akan digunakan data hari guruh tahun 2001 di Surabaya, yang diamati dari Stasiun Meteorologi dan Geofisika Juanda.

Tabel 3. Jumlah Hari Guruh di Surabaya

BULAN	JUMLAH GURUH
JANUARI	13
FEBRUARI	16
MARET	16
APRIL	6
MEI	4
JUNI	6
JULI	5
AGUSTUS	8
SEPTEMBER	12
OKTOBER	5
NOPEMBER	6
DESEMBER	3

#### Data Sistem Proteksi Petir Gedung W UK Petra

- a. Data Bangunan :
  - Panjang bangunan : 32 meter
  - Lebar bangunan : 32 meter
  - Tinggi bangunan : 45 meter
  - Penangkap petir : 1 buah
- b. Spesifikasi penangkap petir :
  - Bahan : Baja galvanis
  - Diameter batang penangkap : 1,25 inci
  - Panjang fiberglass mast : 2 meter
  - Diameter cincin pada penyangga: 3/8 inci
  - Diameter kawat baja penyangga : 3 mm
  - Diameter penahan kawat baja penyangga: 3/8 inci
  - Diameter pipa selubung penyangga : 2,5 inci

Radius daerah proteksi penangkap petir E.F. Lightning Protection System dinyatakan dalam tabel 4.

Tabel 4. Radius Daerah Proteksi E.F. Lightning Protection System

Tinggi bangunan (m)	Radius proteksi (m)
5	80
10	90
20	100
30	120
40	140
50	160
60	170
70	190
80	200
90	210
100	220

Tabel 5. Sudut Proteksi E.F. Lightning Protection System

Kelas	Sudut Proteksi
I	30 <sup>0</sup>
II	45 <sup>0</sup>
III	60 <sup>0</sup>

- c. Spesifikasi konduktor penyalur ke bawah:  
 Bahan : Kabel koaksial  
 Diameter konduktor penyalur : 1 inci  
 Selubung konduktor penyalur : Pipa PVC  
 Diameter selubung : 1,25 inci  
 Klem yang menahan konduktor agar melekat pada dinding dipasang dengan jarak setiap klem 50 cm. Jarak konduktor dari dinding bangunan sebesar 10 cm.
- d. Spesifikasi sistem pembumian :  
 Bahan konduktor pembumian : Tembaga  
 Diameter konduktor pembumian: 50 mm<sup>2</sup>  
 Panjang konduktor : 6 meter  
 Selubung konduktor pembumian: Pipa galvanis  
 Diameter selubung : 1,25 inci  
 Jarak pembumian dari bangunan: 4 meter  
 Tahanan pembumian proteksi eksternal: 0,7Ω  
 Tahanan pembumian proteksi internal : 1,2Ω  
 Ukuran bak kontrol 40 x 40 x 40 cm dilengkapi dengan pengangkat.

**5. Analisis Data**

- a. Penentuan Kebutuhan Bangunan akan Proteksi Petir Berdasarkan Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP)  
 Dengan menggunakan data hari guruh di Surabaya (tabel 3) dan keadaan lokasinya, maka untuk Gedung W diperoleh :

$$R = 3+1+6+0+6 = 16$$

Dengan nilai  $R > 14$ , menunjukkan bahwa gedung W UK Petra sangat memerlukan sistem proteksi petir.

- b. Penentuan Kebutuhan Bangunan akan Proteksi Petir Berdasarkan National Fire Protection Association (NFPA) 780

Dengan menggunakan data hari guruh di Surabaya (tabel3) dan keadaan lokasinya, maka untuk Gedung W diperoleh:

$$R = \frac{9 + 4 + 5 + 1 + 17}{1} = \frac{36}{1} = 36$$

Dengan nilai  $R > 7$ , menunjukkan bahwa gedung W UK Petra sangat memerlukan sistem proteksi petir.

- c. Penentuan Tingkat Proteksi Berdasarkan IEC 1024-1-1

Daerah proteksi (Ae) untuk Gedung W yang mempunyai ukuran panjang 32 meter, lebar 32 meter dan ketinggian 45 meter adalah :

$$3h = 3 \times 45 \text{ m} = 135 \text{ m}$$

$$Ae = (4 \times 32 \times 135) + (3,14 \times 135^2) = 74506,5 \text{ m}^2$$

Kerapatan kilat petir ke tanah atau kerapatan sambaran petir ke tanah rata-rata tahunan (Ng) di daerah tempat bangunan berada berdasarkan persamaan 3 adalah :

$$Ng = 0,04 \times 100^{1,25} = 12,649 / \text{km}^2 / \text{tahun}$$

Frekwensi sambaran petir langsung setempat (Nd) yang diperkirakan ke struktur yang diproteksi berdasarkan persamaan 4 adalah :

$$Nd = 12,649 \times 74506,5 \times 10^{-6} = 0,942 / \text{tahun}$$

Dari data Stasiun Meteorologi dan Geofisika Juanda Surabaya diperoleh nilai frekwensi sambaran petir tahunan setempat (Nc) yang diperbolehkan sebesar 10<sup>-1</sup>/tahun. Karena nilai Nd lebih besar dari nilai Nc maka diperlukan suatu proteksi petir dengan efisiensi berdasarkan persamaan 5 sebesar:

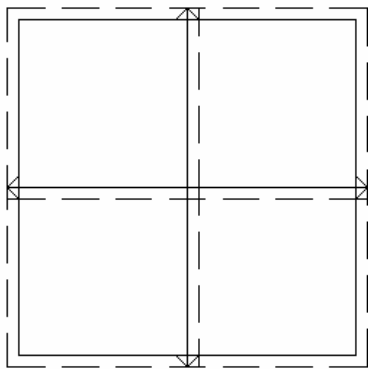
$$1 - \frac{Nc}{Nd} = 1 - \frac{0,1}{0,942} = 1 - 0,106157 = 0,893$$

Dengan memperhatikan grafik nilai kritis efisiensi (gambar 1) terlihat bahwa nilai tersebut berada pada tingkat proteksi III dengan nilai efisiensi antara 0,80 sampai 0,90.

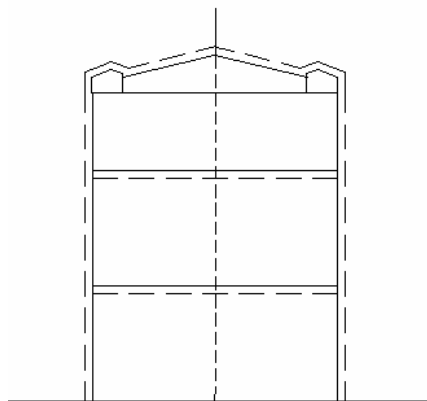
Dengan demikian tingkat proteksi yang sesuai untuk gedung tersebut adalah tingkat III. Pada gedung W UK Petra akan dilakukan perbandingan untuk mengetahui daerah proteksi dengan menggunakan ketiga metode yang ada yaitu metode jala (*mesh size method*), metode sudut proteksi (*protective angle method*) dan metode bola bergulir (*rolling sphere method*).

- Analisis dengan Metode Jala

Jika metode ini diterapkan pada gedung W UK Petra, akan diperoleh lebar jala minimum berdasarkan tabel 2 sebesar 15 meter, garis putus-putus yang digambarkan adalah konduktor di atas atap dan konduktor ke bawah.



Gambar 3. Metode Jala pada Gedung W UK Petra (Tampak Atas)

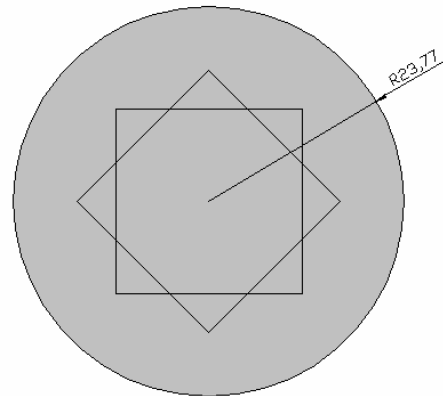


Gambar 4. Metode Jala pada Gedung W UK Petra (Tampak Depan)

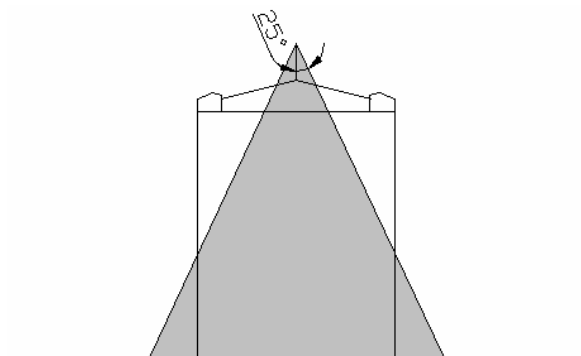
- Analisis dengan Metode Sudut Proteksi

Dengan menggunakan metode sudut proteksi, dimana tinggi gedung adalah 45 m, maka sudut proteksi berdasarkan tabel 2 adalah sebesar  $25^{\circ}$ . Jika menggunakan sudut ini dan tinggi penangkap petir sebesar 6 meter, diperlukan tambahan penangkap petir pada bagian atap bangunan.

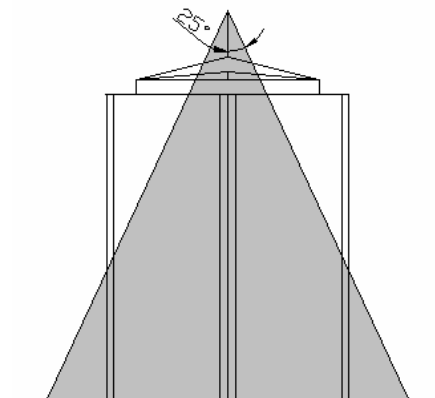
Sesuai dengan penjelasan bahwa penangkap petir diletakkan pada tepi atap atau bagian yang runcing maka penambahan dapat dilakukan pada ujung atap. Gambarnya dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 5. Metode Sudut Proteksi dengan  $\alpha = 25^{\circ}$  pada Gedung W UK Petra (Tampak Atas)

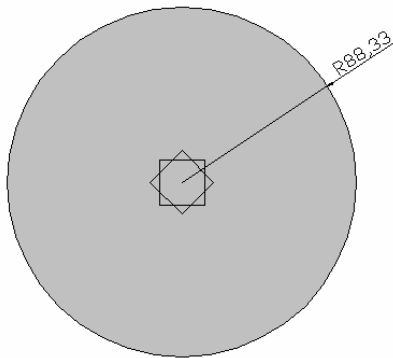


Gambar 6. Metode Sudut Proteksi dengan  $\alpha = 25^{\circ}$  pada Gedung W UK Petra (Tampak Depan)

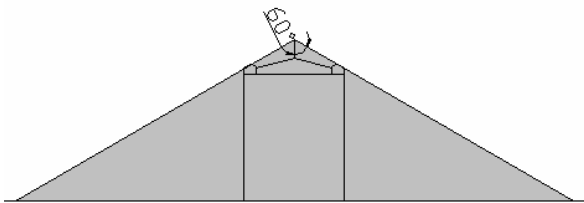


Gambar 7. Metode Sudut Proteksi dengan  $\alpha = 25^{\circ}$  pada Gedung W UK Petra (Tampak Samping)

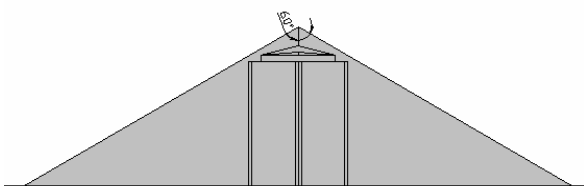
Berdasarkan tabel 5, dengan tingkat proteksi III, diperoleh sudut proteksi yang harus digunakan adalah  $\alpha = 60^0$ . Dengan sudut sebesar  $60^0$  terlihat bahwa seluruh bagian bangunan telah ada di dalam daerah proteksi sehingga dapat disimpulkan bahwa seluruh bagian bangunan telah terlindung. Dengan demikian tidak perlu lagi tambahan penangkap petir pada bangunan.



Gambar 8. Metode Sudut Proteksi dengan  $\alpha = 60^0$  pada Gedung W UK Petra (Tampak Atas)



Gambar 9. Metode Sudut Proteksi dengan  $\alpha = 60^0$  pada Gedung W UK Petra (Tampak Depan)



Gambar 10. Metode Sudut Proteksi dengan  $\alpha = 60^0$  pada Gedung W UK Petra (Tampak Samping)

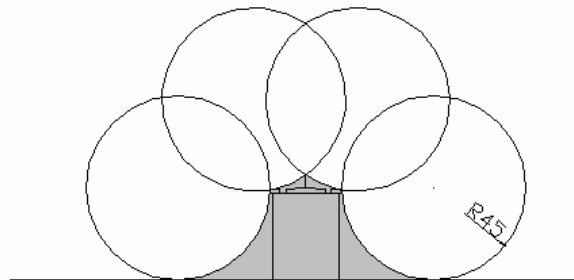
- Analisis dengan Metode Bola Bergulir  
Penggunaan metode bola bergulir sangat baik digunakan terutama jika bentuk bangunannya rumit. Metode ini dilakukan dengan cara menggambarkan bangunan dan bola bergulir dengan jari-jari sesuai tabel 2 sebesar 45 meter di sekeliling bangunan. Daerah antara perpotongan

permukaan tanah, gedung dan keliling bola bergulir dan bangunan itu sendiri adalah daerah proteksinya. Dengan cara ini terlihat bahwa masih diperlukan penangkap petir lagi pada ujung dari atap bangunan karena titik tersebut tepat tersentuh oleh bola bergulir dan mempunyai kemungkinan besar tersambar petir sehingga harus dipasang terminasi udara. Bila terminasi udara ditambahkan pada puncak atap yang ada di sisi kanan dan kiri maka jarak terminasi dengan bagian atap yang paling luar adalah 2,5 meter. Berdasarkan persamaan 6 diperoleh:

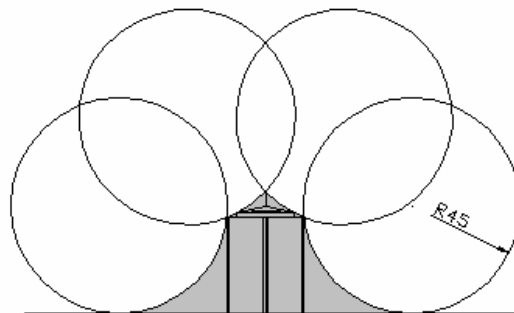
$$R = 45 \text{ m}, I = {}^{0,75}\sqrt{45} = 160,06 \text{ kA}$$

$$R = 2,5 \text{ m}, I = {}^{0,75}\sqrt{2,5} = 3,39 \text{ kA}$$

Berarti dengan tambahan penangkap petir, bangunan maksimal bisa menahan sampai 3,39 kA. Jika ada sambaran petir dengan arus bernilai lebih dari 3,39 kA maka akan ditangkap oleh sistem proteksi petir.



Gambar 11. Metode Bola Bergulir pada Gedung W UK Petra (Tampak Depan)



Gambar 12. Metode Bola Bergulir pada Gedung W UK Petra (Tampak Samping)

## 6. Kesimpulan

- Lebar jala minimum pada gedung W UK Petra dengan menggunakan metode jala adalah 15 meter.

- Bila menggunakan metode sudut proteksi dengan  $\alpha = 25^0$ , gedung W UK Petra Surabaya memerlukan tambahan 4 buah penangkap petir pada bagian atapnya.
- Bila radius bola bergulir yang digunakan pada gedung W UK. Petra Surabaya sebesar 45 meter maka arus petir yang  $\geq 160,06$  kA akan ditangkap oleh sistem proteksi petir.
- Bangunan gedung W Universitas Kristen Petra Surabaya masih membutuhkan tambahan penangkap petir sesuai dengan analisis menggunakan metode bola bergulir sehingga arus yang akan ditangkap oleh sistem proteksi petir adalah yang  $\geq 3,39$  kA.

## Daftar Pustaka

- [1] Golde, R. H. *Lightning*. Volume 2. London : Academic Press Inc, 1981.
- [2] Hasse, Peter. *Overvoltage Protection of Low Voltage System*. London: Peter Peregrinus Ltd, 1987.
- [3] *IEC 1024-1-1: Protection of Structures Against Lightning*. International Electrotechnical Commission 81, 1993.
- [4] *NFPA 780: Lightning Protection Code*. National Fire Protection Association, 1992.
- [5] *Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir untuk Bangunan di Indonesia*. Jakarta: Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, 1983.
- [6] *Standar Engineering Pertamina*. Jakarta: Pertamina, 1999.

## LAMPIRAN

### A. Tabel Indeks menurut Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP)<sup>[5]</sup>

Tabel 6. Indeks A: Bahaya berdasarkan Jenis Bangunan

Penggunaan dan Isi	Indeks A
Bangunan biasa yang tak perlu diamankan baik bangunan maupun isinya	-10
Bangunan dan isinya jarang digunakan misalnya dangau di tengah sawah atau ladang, menara atau tiang dari metal	0
Bangunan yang berisi peralatan sehari-hari atau tempat tinggal misalnya rumah tinggal, industri kecil, dan stasiun kereta api	1
Bangunan atau isinya cukup penting misalnya menara air, toko barang-barang berharga dan kantor pemerintah	2

Bangunan yang berisi banyak sekali orang, misalnya bioskop, sarana ibadah, sekolah, dan monumen bersejarah yang penting	3
Instalasi gas, minyak atau bensin, dan rumah sakit	5
Bangunan yang mudah meledak dan dapat menimbulkan bahaya yang tidak terkendali bagi sekitarnya misalnya instalasi nuklir	15

Tabel 7. Indeks B: Bahaya berdasarkan Konstruksi Bangunan

Konstruksi Bangunan	Indeks B
Seluruh bangunan terbuat dari logam dan mudah menyalurkan listrik	0
Bangunan dengan konstruksi beton bertulang atau rangka besi dengan atap logam	1
Bangunan dengan konstruksi beton bertulang, kerangka besi dan atap bukan logam	2
Bangunan kayu dengan atap bukan logam	3

Table 8. Indeks C: Bahaya berdasarkan Tinggi Bangunan

Tinggi bangunan sampai.....(m)	Indeks C
6	0
12	2
17	3
25	4
35	5
50	6
70	7
100	8
140	9
200	10

Tabel 9. Indeks D: Bahaya berdasarkan Situasi Bangunan

Situasi Bangunan	Indeks D
Di tanah datar pada semua ketinggian	0
Di kaki bukit sampai $\frac{3}{4}$ tinggi bukit atau di pegunungan sampai 1000 meter	1
Di puncak gunung atau pegunungan yang lebih dari 1000 meter	2

Tabel 10. Indeks E: Bahaya berdasarkan Hari Guruh

Hari Guruh per tahun	Indeks E
2	0
4	1
8	2
16	3
32	4
64	5
128	6
256	7

Tabel 11. Perkiraan Bahaya Sambaran Petir berdasarkan PUIPP

R	Perkiraan Bahaya	Pengamanan
Di bawah 11	Diabaikan	Tidak perlu
Sama dengan 11	Kecil	Tidak perlu
	Sedang	Dianjurkan
	Agak besar	Dianjurkan
14	Besar	Sangat dianjurkan
Lebih dari 14	Sangat besar	Sangat perlu

**B. Tabel Indeks menurut National Fire Protectio Association (NFPA) 780<sup>[4]</sup>**

Table 12. Indeks A: Jenis Struktur

Jenis Struktur	Indeks A
Rumah kediaman yang kurang dari 465 m <sup>2</sup>	1
Rumah kediaman yang lebih dari 465 m <sup>2</sup>	2
Perumahan, kantor atau bangunan pabrik dengan tinggi kurang dari 15 meter	3
- melingkupi area kurang dari 2323 m <sup>2</sup>	
- melingkupi area lebih dari 2323 m <sup>2</sup>	5
Perumahan, kantor atau bangunan pabrik dengan tinggi 15-23 meter	4
Perumahan, kantor atau bangunan pabrik dengan tinggi 23-46 meter	5
Perumahan, kantor atau bangunan pabrik dengan tinggi lebih dari 46 meter	8
Kantor pelayanan milik pemerintah misalnya pemadam kebakaran, kantor polisi dan perusahaan air minum	7
Hangar pesawat terbang	7
Pembangkit listrik dan sentral telepon	8
Menara air dan cooling tower	8
Perpustakaan, museum dan bangunan bersejarah	8
Bangunan pertanian	9
Tempat bernaung didaerah rekreasi	9
Bangunan yang berisi banyak orang misalnya sekolah, tempat ibadah, bioskop dan stadion olahraga	9
Struktur yang ramping dan tinggi misalnya cerobong asap, menara pengawasan dan mercu suar	10
Rumah sakit, penampungan para lansia dan penyandang cacat	10
Bangunan tempat membuat dan menyimpan bahan berbahaya misalnya zat kimia	10

Tabel 13. Indeks B: Jenis Konstruksi

Kerangka Struktur	Jenis Atap	Indeks B
Bukan logam	Kayu	5
	Campuran aspal, ter atau genteng	3
	Logam yang tidak saling terhubung	4
	Logam yang terhubung secara elektrik	1
Kayu	Kayu	5
	Campuran aspal, ter atau genteng	3
	Logam yang tidak saling terhubung	4
	Logam yang terhubung secara elektrik	2
Beton bertulang	Kayu	5
	Campuran aspal, ter atau genteng	3
	Logam yang tidak saling terhubung	4
	Logam yang terhubung secara elektrik	1
Kerangka baja	Kayu	4
	Campuran aspal, ter atau genteng	3
	Logam yang tidak saling terhubung	3
	Logam yang terhubung secara elektrik	1

Tabel 14. Indeks C: Lokasi Bangunan

Lokasi Bangunan	Indeks C
Bangunan dalam area bangunan yang lebih tinggi	1
- bangunan kecil, melingkupi area kurang dari 929 m <sup>2</sup>	
- bangunan besar, melingkupi area lebih dari 929 m <sup>2</sup>	2
Bangunan dalam aren bangunan yang lebih rendah	4
- bangunan kecil, melingkupi area kurang dari 929 m <sup>2</sup>	
- bangunan besar, melingkupi area lebih dari 929 m <sup>2</sup>	5
Struktur diperpanjang sampai 15.2 m di atas permukaan tanah	7
Struktur diperpanjang sampai lebih dari 15.2 m di atas permukaan tanah	10

Tabel 15. Indeks D: Topografi

Lokasi	Indeks D
Pada tanah datar	1
Pada sisi bukit	2
Di atas puncak bukit	4
Di atas puncak gunung	5



Tabel 16. Indeks E: Penggunaan dan Isi Bangunan

<b>Penggunaan dan Isi Bangunan</b>	<b>Indeks E</b>
Bahan yang tidak mudah terbakar	1
Perabotan rumah tangga	2
Perlengkapan atau perabotan biasa	2
Ternak peliharaan	3
Bangunan berisi sedikit orang (kurang dari 50 orang)	4
Bahan yang mudah terbakar	5
Bangunan berisi banyak orang (50 orang atau lebih)	6
Peralatan atau barang berharga	7
Pelayanan umum seperti pemadam kebakaran dan kantor polisi	8
Gas atau cairan yang mudah meledak	8
Peralatan operasi yang sensitive	9
Benda bersejarah	10
Peledak dan bahan pembuatnya	10

Tabel 17. Indeks F: Isokeraunic Level

<b>Isokeraunic Level</b>	<b>Indeks F</b>
0-5	9
6-10	8
11-20	7
21-30	6
31-40	5
41-50	4
51-60	3
61-70	2
Lebih dari 70	1

Tabel 18. Perkiraan Bahaya Sambaran Petir berdasarkan NFPA 780

<b>R</b>	<b>Pengamanan</b>
0-2	Tidak perlu
2-3	Dianjurkan
3-4	Dianjurkan
4-7	Sangat dianjurkan
Lebih dari 7	Sangat perlu