

## 4. ANALISIS DATA

### 4.1. Penentuan Kebutuhan Bangunan akan Proteksi Petir Berdasarkan Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP)

Berdasarkan Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir di Indonesia, besarnya keperluan pemasangan sistem proteksi terhadap sambaran petir pada suatu bangunan ditentukan dengan menjumlahkan indeks-indeks yang mewakili keadaan di lokasi struktur tersebut berada.

Dengan menggunakan data hari guruh di Surabaya sebesar 100 (tabel 3.1) dan keadaan lokasinya, maka untuk bangunan Gedung W diperoleh indeks-indeks sebagai berikut:

- a. Jenis bangunan berdasarkan indeks A ( tabel 2.4 ) adalah "bangunan yang berisi banyak sekali orang misalnya bioskop, sarana ibadah, sekolah, monumen bersejarah yang penting" dengan nilai 3.
- b. Jenis bangunan berdasarkan indeks B (tabel 2.5 ) adalah "bangunan dengan konstruksi beton bertulang dengan atap logam" dengan nilai 1.
- c. Jenis bangunan berdasarkan indeks C (tabel 2.6 ) adalah "bangunan dengan tinggi sampai 50 meter" dengan nilai 6.
- d. Situasi bangunan berdasarkan indeks D (tabel 2.7) berada pada tanah datar di semua ketinggian dengan. nilai untuk indeks D sebesar 0.
- e. Berdasarkan banyaknya hari guruh maka nilai untuk indeks E ( tabel 2.8 ) sebesar 6.

Perkiraan bahaya sambaran diperoleh dengan menjumlahkan seluruh nilai dari indeks di atas sesuai dengan persamaan 2.8 dan diperoleh:

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

Maka besarnya kebutuhan bangunan akan instalasi proteksi petir sesuai dengan tabel 2.9 adalah sangat besar sehingga sangat memerlukan pengamanan.

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

Penentuan kebutuhan bangunan akan proteksi petir dengan menggunakan standar NFPA 780 hampir sama dengan PUIPP yaitu dengan menjumlahkan sejumlah indeks yang mewakili keadaan lokasi struktur.

Dengan menggunakan data hari guruh di Surabaya sebesar 100 (tabel 3.1) dan keadaan lokasinya, maka untuk bangunan Gedung W diperoleh indeks-indeks sebagai berikut:

- a. Jenis bangunan berdasarkan indeks A (tabel 2.10 ) adalah "tempat yang berisi banyak orang misalnya sekolah, tempat ibadah, bioskop dan stadion olahraga" dengan nilai 9.
- b. Jenis bangunan berdasarkan indeks B (tabel 2.11 ) adalah "bangunan dengan konstruksi beton bertulang dengan dengan atap logam" dengan nilai 4.
- c. Jenis bangunan berdasarkan indeks C (tabel 2.12 ) adalah "bangunan dalam area bangunan yang lebih rendah, bangunan besar, melingkupi area lebih dari 929 m<sup>2</sup>" dengan nilai 5.
- d. Topografi berdasarkan indeks D ( tabel 2.13 ) berada pada tanah datar di semua ketinggian dengan. nilai untuk indeks D sebesar 1.
- e. Berdasarkan penggunaan dan isi bangunan yaitu "peralatan dan perabotan biasa, bangunan berisi banyak orang ( 50 orang atau lebih ), peralatan operasi yang sensitif" maka nilai untuk indeks E (tabel 2.14 ) sebesar 17.
- f. Berdasarkan banyaknya hari guruh maka nilai untuk indeks F ( tabel 2.15 ) sebesar 1.

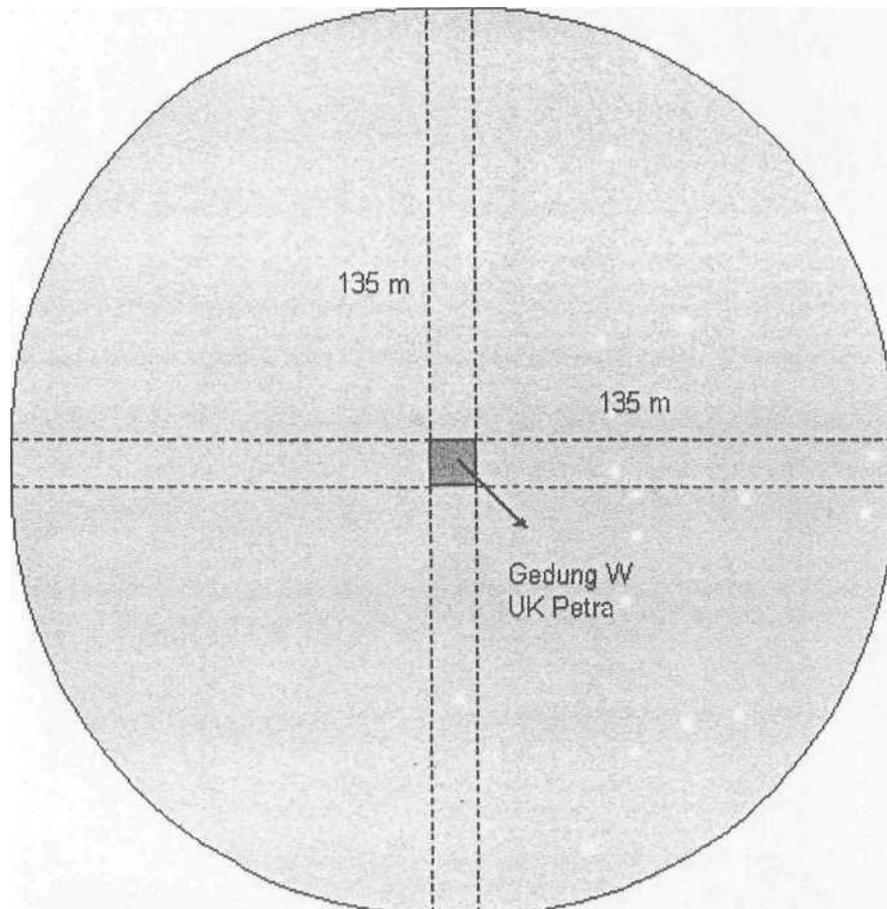
Perkiraan bahaya sambaran diperoleh dengan menjumlahkan seluruh nilai dari indeks A sampai E kemudian dibagi dengan indeks F sesuai dengan persamaan 2.9 dan diperoleh:

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

Karena nilai R lebih dari 7 maka sangat diperlukan proteksi petir sesuai dengan tabel 2.16.

#### 4.3. Penentuan Tingkat Proteksi Berdasarkan International Electrotechnical Commission (IEC) 1024-1-1

Penggunaan standar IEC 1024-1-1 memberikan cara perhitungan dengan menggunakan data hari guruh, data ukuran bangunan, area proteksi, frekwensi sambaran langsung setempat ( $N_d$ ) dan frekwensi sambaran tahunan ( $N_c$ ) yang diperbolehkan pada struktur.



D Area Proteksi

Gambar 4.1. Area Cakupan ( $A_e$ ) Gedung W UK Petra

#### 4.3.1. Perhitungan daerah proteksi gedung W UK Petra

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

$$\begin{aligned} 3h &= 3 \times 45 \text{ m} \\ &= 135 \text{ m} \\ A_e &= (4 \times 32 \times 135) + (3,14 \times 135^2) \\ &= 17280 \text{ m}^2 + 57226,5 \text{ m}^2 \\ &= 74506,5 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

#### 4.3.2. Perhitungan kerapatan kilat petir ke tanah di lokasi gedung W UK Petra

Kerapatan kilat petir ke tanah atau kerapatan sambaran petir ke tanah rata-rata tahunan (  $N_g$  ) di daerah tempat bangunan berada berdasarkan persamaan 2.10 adalah:

$$\begin{aligned} N_g &= 0,04 \times 100^{1,25} \\ &= 0,04 \times 316,227766 \\ &= 12,649110 \\ &= 12,649 / \text{km}^2 / \text{tahun} \end{aligned}$$

#### 4.3.3. Perhitungan frekwensi sambaran petir langsung setempat di lokasi gedung W UK Petra

Frekwensi sambaran petir langsung setempat (  $N_d$  ) yang diperkirakan ke struktur yang diproteksi berdasarkan persamaan 2.11 adalah :

$$\begin{aligned} N_d &= 12,649 \times 74506,5 \times 10^{-6} \\ &= 0,942432 \\ &= 0,942 / \text{tahun} \end{aligned}$$

#### 4.3.4. Perhitungan Efisiensi Proteksi Petir yang Diperlukan

Dari data Stasiun Meteorologi dan Geofisika Juanda Surabaya diperoleh nilai frekwensi sambaran petir tahunan setempat (  $N_c$  ) yang diperbolehkan sebesar  $10^{-6}$  / tahun. Karena nilai  $N_d$  lebih besar dari nilai  $N_c$  maka diperlukan suatu proteksi petir dengan efisiensi berdasarkan persamaan 2.12 sebesar :

$$\begin{aligned}
 1 - \frac{Nc}{Nd} &= 1 - \frac{0,1}{0,942} \\
 &= 1 - 0,106157 \\
 &= 0,893743 \\
 &= 0,893
 \end{aligned}$$

Dengan memperhatikan grafik nilai kritis efisiensi ( gambar 2.10 ) 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,

#### 4.3.5. Perhitungan dengan menggunakan beberapa ketinggian bangunan

Jika dilakukan analisis yang serupa dengan langkah-langkah di atas, menggunakan data hari guruh sebesar 100 (tabel 3.1 ),  $N_c$  sebesar  $10^{n1}$ , panjang dan lebar bangunan yang sama yaitu 32 x 32 m tetapi dengan ketinggian yang berbeda-beda sesuai data pada tabel 3.2, diperoleh hasil-hasil sebagai berikut:

Tabel 4.1. Hasil Perhitungan pada Beberapa Ketinggian Bangunan

h ( m )	Radius Area Proteksi ( m )	3h ( m )	Ae ( m <sup>2</sup> )	Ng ( km <sup>2</sup> /th )	Nd ( ./th )	Efisiensi
5	80	15	2626,5	12,649	0,033	-
10	90	30	6666	12,649	0,084	-
20	100	60	18984	12,649	0,240	0,583
30	120	90	27954	12,649	0,354	0,717
40	140	120	60576	12,649	0,766	0,869
50	160	150	89850	12,649	1,136	0,912
60	170	180	124776	12,649	1,578	0,937
70	190	210	165354	12,649	2,091	0,952
80	200	240	211584	12,649	2,676	0,963
90	210	270	263466	12,649	3,332	0,970
100	220	300	321000	12,649	4,060	0,975

Untuk bangunan dengan tinggi (  $h$  ) sebesar 5 dan 10 meter tidak harus menggunakan sistem proteksi karena nilai  $N_d < N_c$ . Dari hasil perhitungan pada tabel 4.1 juga dapat dilihat bahwa semakin tinggi bangunannya, semakin besar nilai efisiensi yang harus dicapai dalam pemasangan proteksi petir.

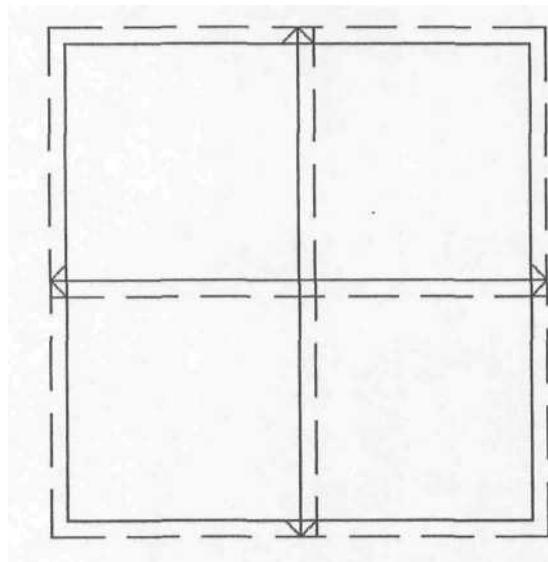
#### 4.4. Analisis Daerah Proteksi

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 ( *rollingsphere method* ).

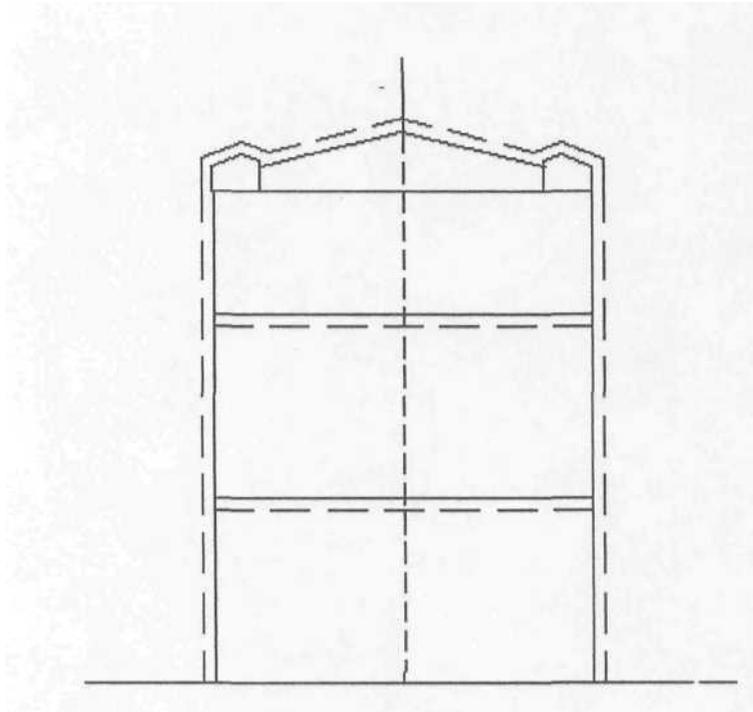
##### 4.4.1. Analisis dengan Metode Jala

###### 4.4.1.1. Secara Teori

Jika metode ini diterapkan pada gedung W UK Petra, akan diperoleh lebar jala minimum berdasarkan tabel 2.18 sebesar 15 meter, garis putus-putus yang digambarkan adalah konduktor di atas atap dan konduktor ke bawah.



Gambar 4.2. Metode Jala pada Gedung W UK Petra (Tampak Atas )

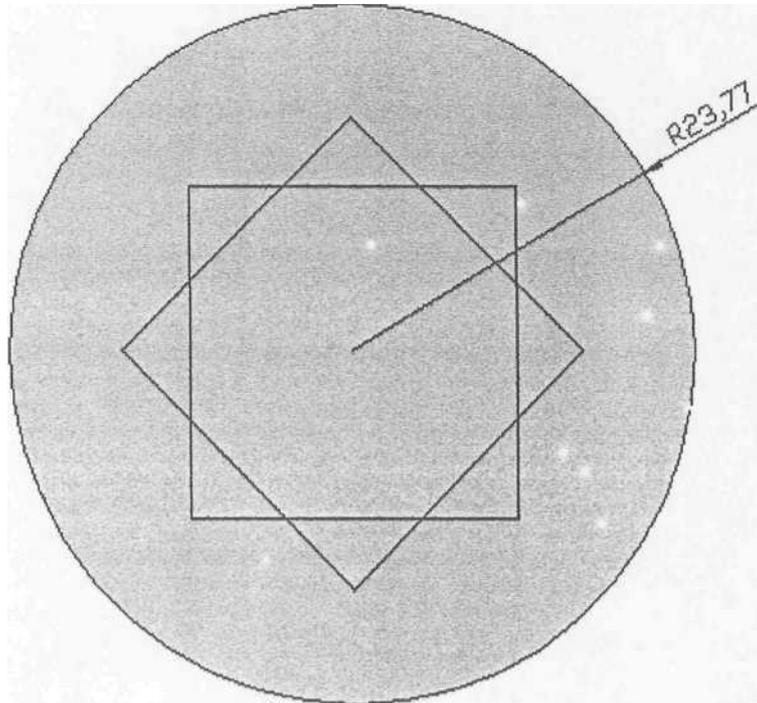


Gambar 4.3. Metode Jala pada Gedung W UK Petra (Tampak Depan )

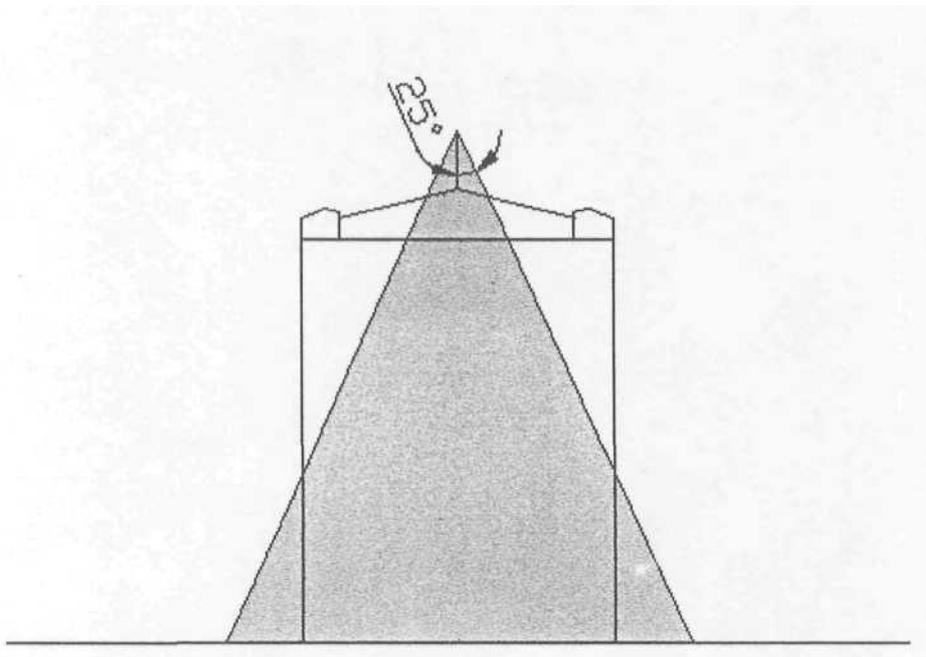
#### 4.4.2. Analisis dengan Metode Sudut Proteksi

##### 4.4.2.1. Secara teori

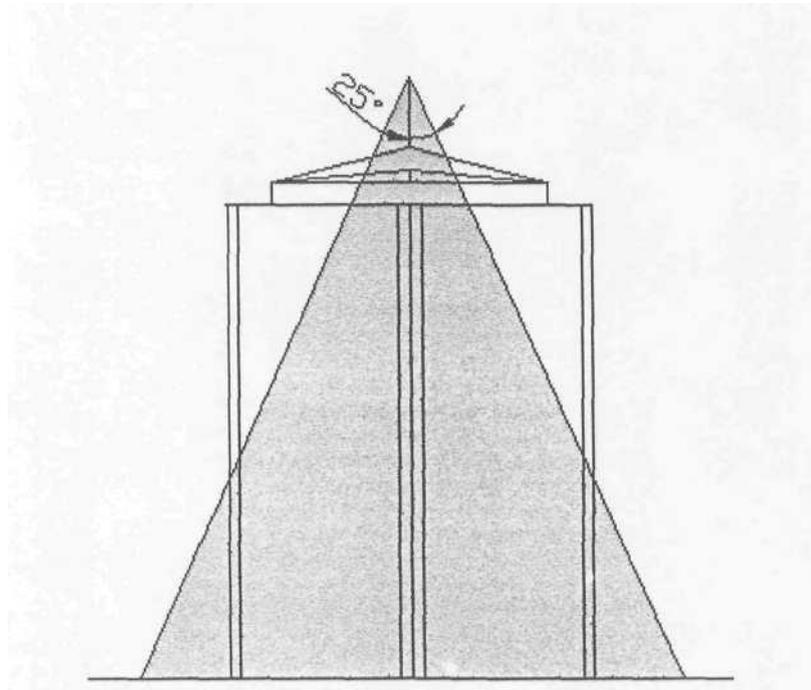
Dengan menggunakan metode sudut proteksi diperoleh sudut proteksi berdasarkan tabel 2.18 sebesar  $25^\circ$ . Jika menggunakan sudui ini dan tinggi penangkap petir sebesar 6 meter, diperlukan tambahan penangkap petir pada bagian atap bangunan. Sesuai dengan penjelasan bahwa penangkap petir diletakkan pada tepi atap atau bagian yang runcing maka penambahan dapat dilakukan pada ujung atap. Gambarannya dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 4.4. Metode Sudut Proteksi dengan  $a = 25$  pada Gedung W UK Petra  
(Tampak Atas)

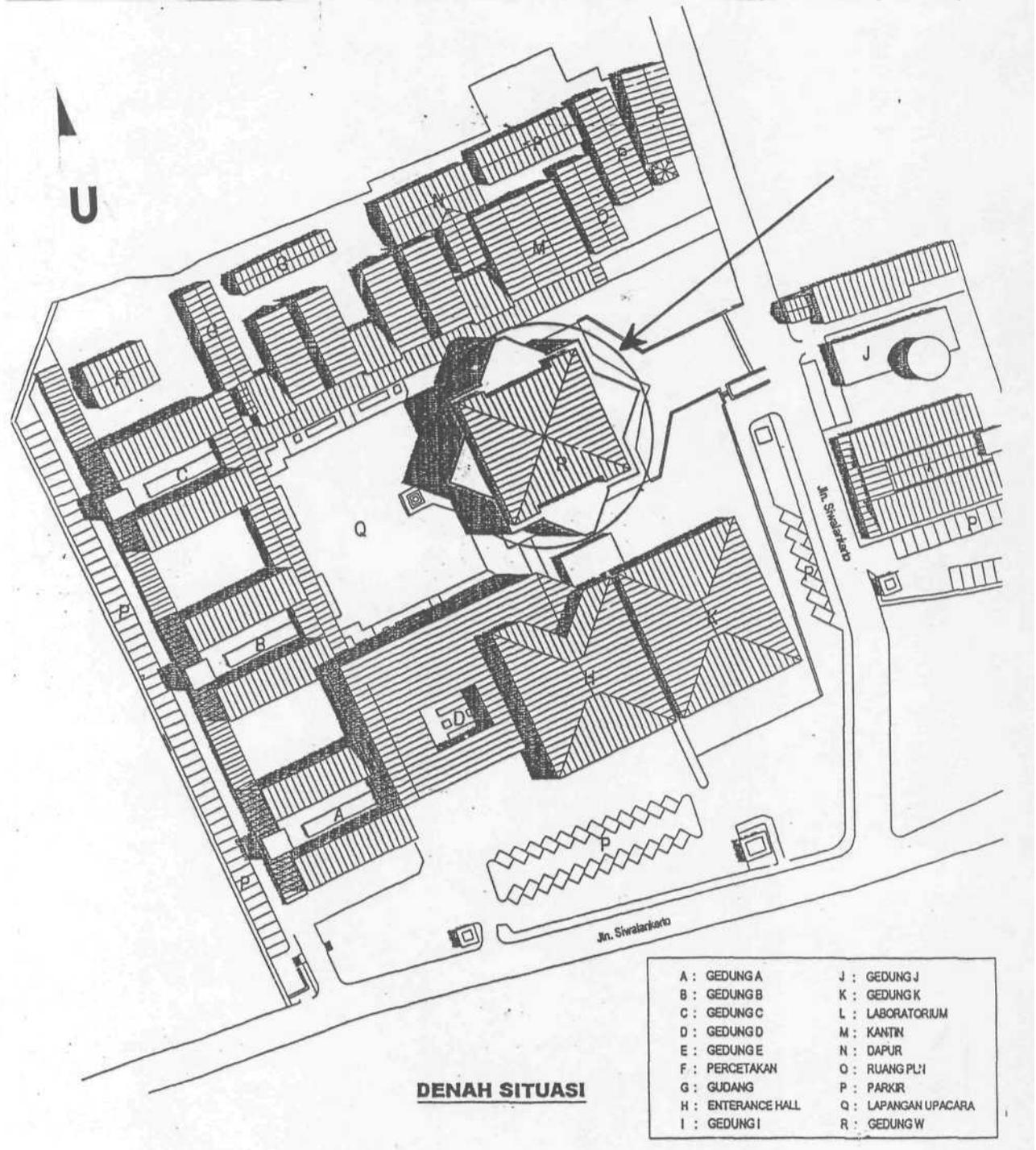


Gambar 4.5. Metode Sudut Proteksi dengan  $a = 25^\circ$  pada Gedung W UK Petra  
(Tampak Depan)



Gambar 4.6. Metode Sudut Proteksi dengan  $a = 25^\circ$  pada Gedung W UK Petra  
(Tampak Samping)

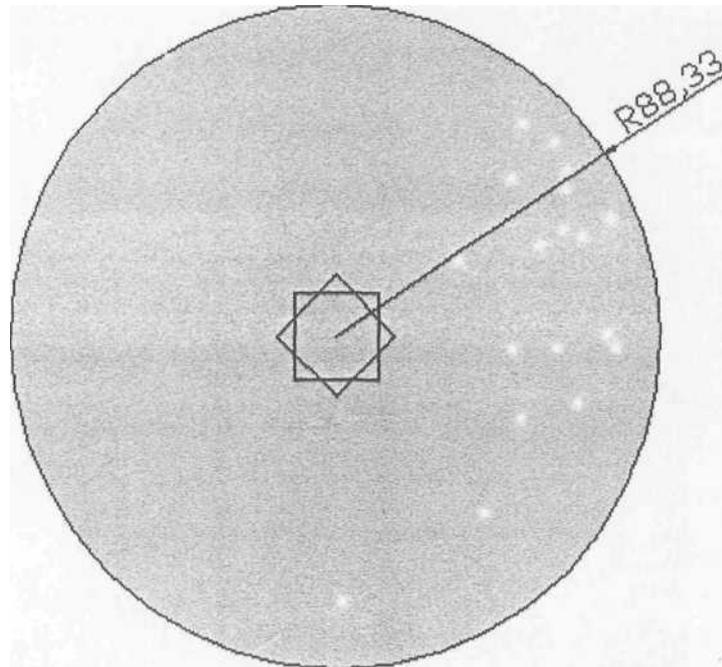
Bila daerah proteksi sudut  $a = 25^\circ$  dengan radius daerah proteksi sebesar 23,77 meter seperti gambar 4.4 di atas digambarkan di atas denah situasi di sekitar gedung W UK Petra diperoleh gambaran seperti yang ditunjukkan dalam gambar 4.7 berikut ini. Daerah di dalam lingkaran berjari-jari 23,77 meter yang ditunjuk dengan tanda panah adalah daerah proteksi untuk sudut  $a = 25^\circ$ .



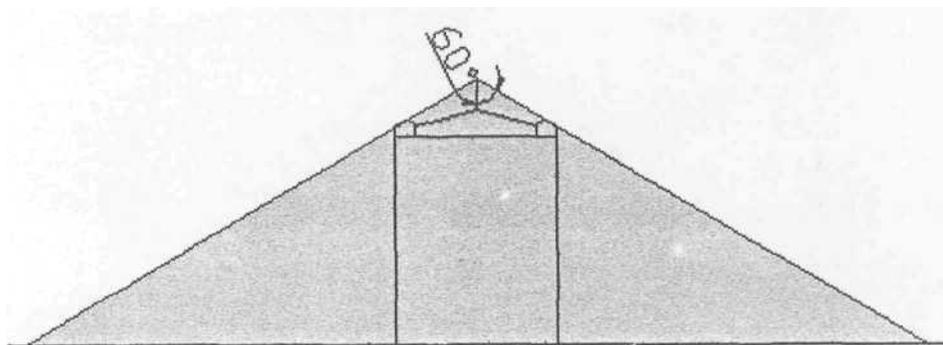
Gambar 4.7. Daerah Proteksi Menggunakan Metode Sudut Proteksi  $\alpha = 25^{\circ}$   
pada Gambar Situasi Gedung W UK Petra  
(Tampak Atas)

#### 4.4.2.2. Secara katalog

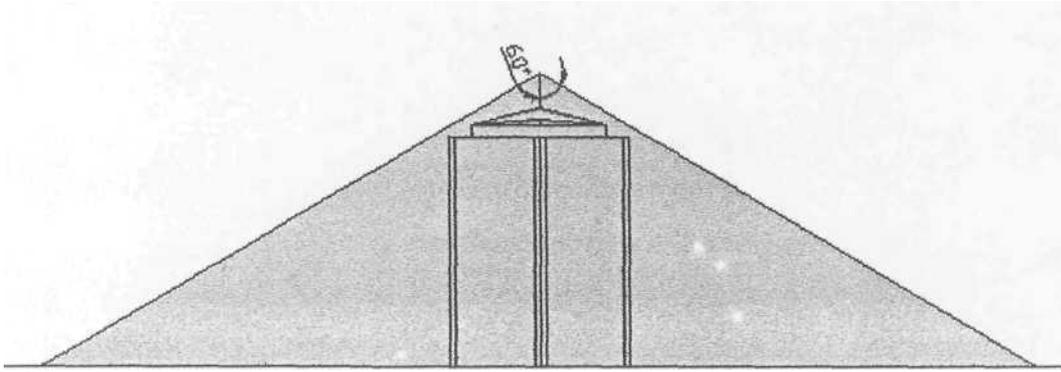
Dari katalog E.F. Lightning Protection System pada tabel 3.3 diperoleh sudut proteksi yang digunakan adalah  $a = 60^\circ$ . Dengan sudut sebesar  $60^\circ$  terlihat bahwa seluruh bagian bangunan telah ada di dalam daerah proteksi sehingga dapat disimpulkan bahwa seluruh bagian bangunan telah terlindung. Dengan demikian tidak perlu lagi tambahan penangkap petir pada bangunan.



Gambar 4.8. Metode Sudut Proteksi dengan  $a = 60^\circ$  pada Gedung W UK Petra  
(Tampak Atas)



Gambar 4.9. Metode Sudut Proteksi dengan  $a = 60^\circ$  pada Gedung W UK Petra  
(Tampak Depan)



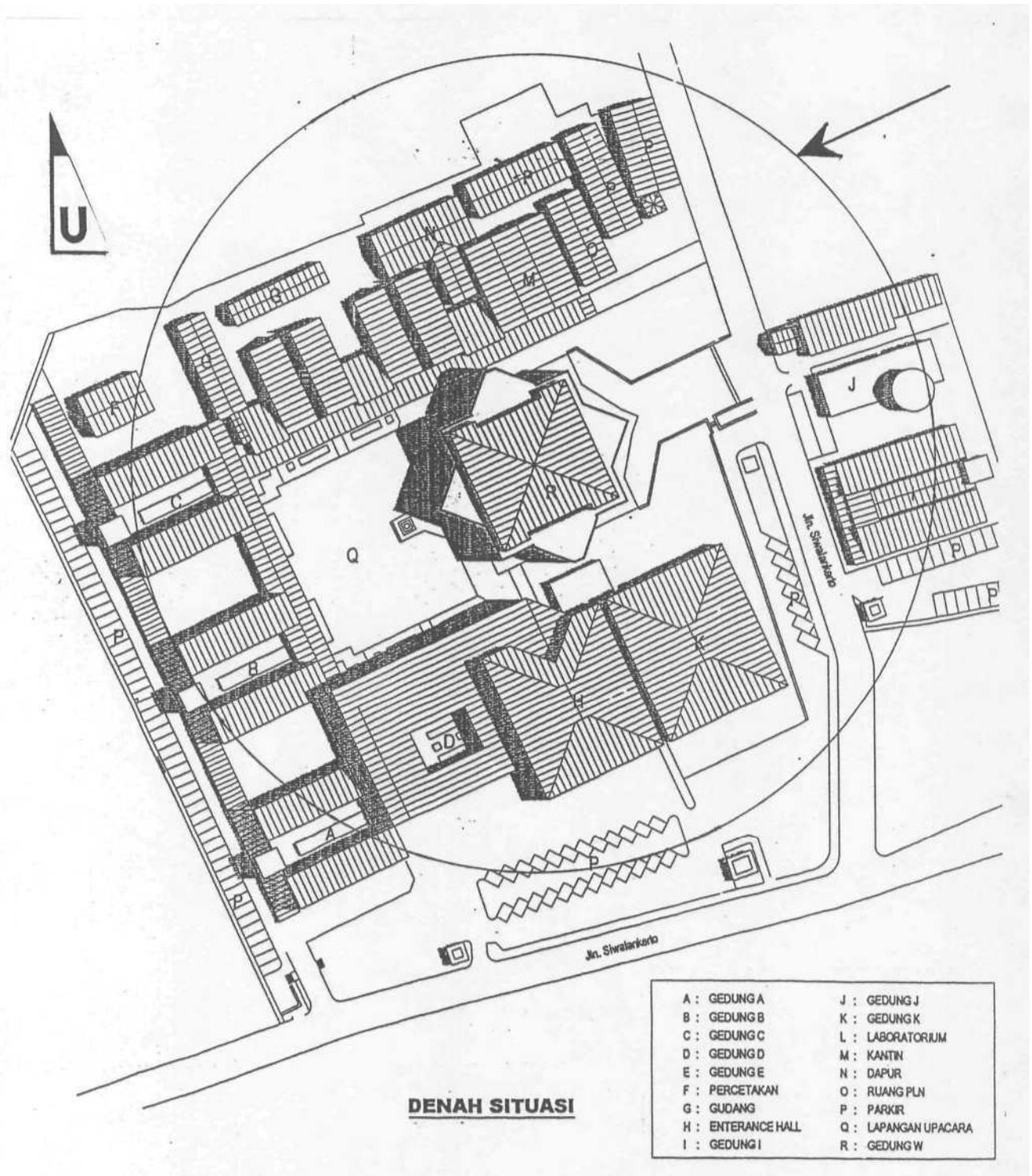
Gambar 4.10. Metode Sudut Proteksi dengan  $\alpha = 60^\circ$  pada Gedung W UK Petra (Tampak Samping)

Tabel 4.2 menunjukkan perbandingan antara hasil metode sudut proteksi secara teori dengan nilai yang tertera pada katalog pada gedung W UK Petra.

Tabel 4.2. Perbandingan Hasil Metode Sudut Proteksi secara Teori dan Katalog pada Gedung W UK Petra

Teori	Katalog
Sudut proteksi $\alpha = 25^\circ$	Sudut proteksi $\alpha = 60^\circ$
Radius daerah proteksi $R = 23,77$ m	Radius daerah proteksi $R = 88,33$ m
Perlu tambahan penangkap petir sebanyak 4 buah	Tidak perlu tambahan penangkap petir

Bila daerah proteksi sudut  $\alpha = 60^\circ$  dengan radius daerah proteksi sebesar 88,33 meter seperti gambar 4.8 di atas digambarkan di atas denah situasi di sekitar gedung W UK Petra diperoleh gambaran seperti yang ditunjukkan dalam gambar 4.11 berikut ini. Daerah di dalam lingkaran berjari-jari 88,33 meter yang ditunjuk dengan tanda panah adalah daerah proteksi untuk sudut  $\alpha = 60^\circ$ .



Gambar 4.11. Daerah Proteksi Menggunakan Metode Sudut Proteksi  $\alpha = 60^\circ$   
 pada Gambar Situasi Gedung W UK Petra  
 (Tampak Atas)

#### 4.4.3. Analisis dengan Metode Bola Bergulir

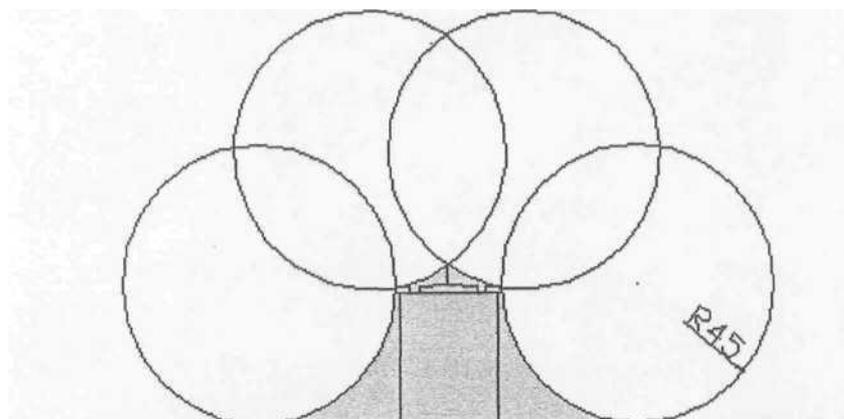
##### 4.4.3.1. Secarateori

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 2.18 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 2.13 diperoleh :

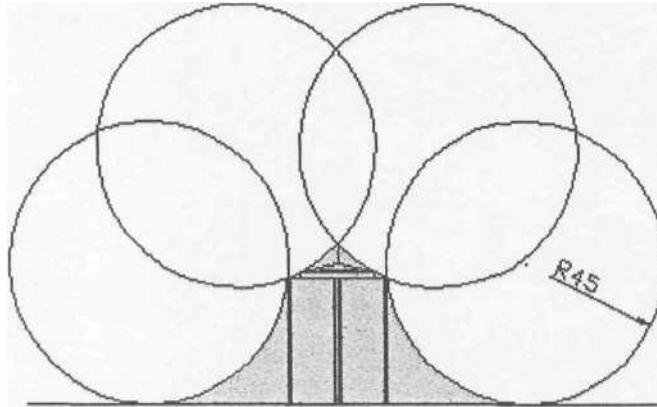
$$R = 45 \text{ m}, I = {}^{0,75}\sqrt{45} = 160,06 \text{ kA}$$

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

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



Gambar 4.13. Metode Bola Bergulir pada Gedung W UK Petra  
(Tampak Samping)

#### 4.5. Peralatan Proteksi terhadap Sambaran Petir di Gedung W UK Petra

Peralatan pengamanan terhadap sambaran petir di gedung W UK Petra terdiri dari: terminasi udara, konduktor ke bawah, dan sistem pembumian.

##### 4.5.1. Terminasi Udara

Terminasi udara yang terpasang yaitu penangkap petir tegak harus mempunyai diameter minimum 1 inci. Penangkap petir di gedung W UK Petra sudah memenuhi ketentuan dalam hal ukurannya karena diameter yang terpasang adalah 1,25 inci. Agar kuat, penangkap petir dipasang penyangga dari kawat baja. Penangkap petir harus dipasang dalam posisi yang tegak dan kuat karena jika posisinya miring akan mempengaruhi daerah proteksinya.

Pemilihan bahan yang digunakan sudah tepat karena bahan penangkap petir dengan penyangganya mempunyai jenis yang sama yaitu baja. Hal ini dilakukan untuk mengurangi terjadinya korosi akibat persentuhan dua jenis logam yang berbeda bahannya, terutama jika berada di tempat yang kelembabannya tinggi.

##### 4.5.2. Konduktor ke Bawah

Konduktor penyalur ke bawah yang ada di gedung W UK Petra hanya terdiri dari satu penghantar dengan bahan dari kabel koaksial. Diameter minimum

penghantar penyalur ke bawah yang disyaratkan pada tabel 2.21 adalah 8 milimeter, dan yang terpasang berdiameter 1 inchi. Dalam hal ini berarti ukuran konduktor ke bawah memenuhi ketentuan.

Penghantar penyalur ke bawah dilindungi dengan selubung berupa pipa PVC Maspion berdiameter 1,25 inchi. Agar penghantar melekat dengan baik ke dinding bangunan digunakan klem dengan bahan baja yang dipasang setiap jarak 50 cm. Klem diberi lapisan berupa cat untuk memperlambat kerusakan.

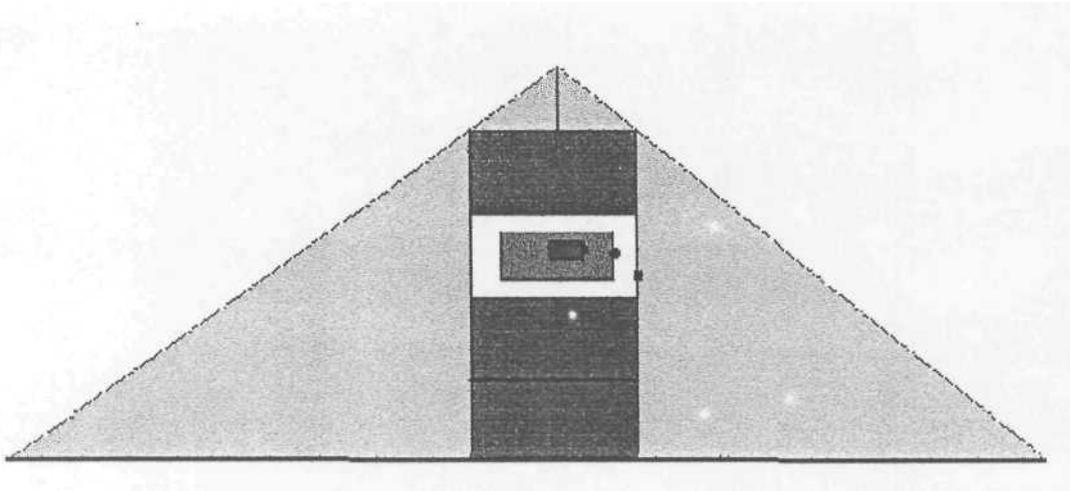
#### 4.5.3. Terminasi Pembumian

Konduktor pembumian menggunakan bahan tembaga telanjang dengan diameter 50 mm<sup>2</sup>. Konduktor pembumian ditanam minimal dengan kedalaman 50 cm. Untuk gedung W UK Petra, konduktor pembumian dipasang dengan kedalaman 6 meter dan jarak dari dinding bangunan sebesar 4 meter. Konduktor pembumian dilindungi dengan pipa galvanis berdiameter 1,25 inchi. Untuk memudahkan pemeriksaan dipasang bak kontrol di ujung atas pembumian dengan ukuran bak 40 x 40 x 40 cm yang dilengkapi dengan pengangkat dari besi.

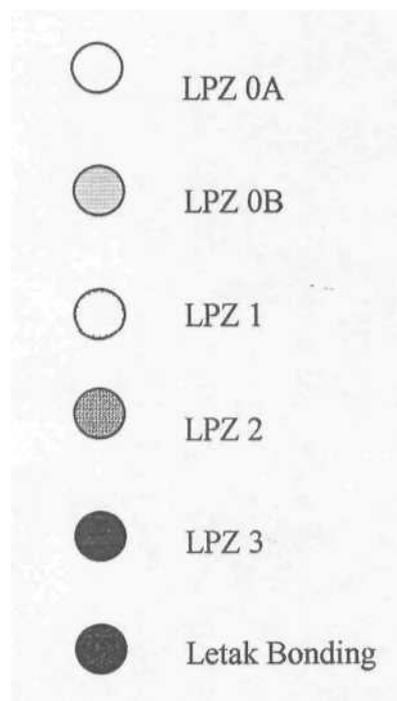
Posisi pembumian sudah baik karena sudah cukup dalam masuk ke tanah, selain itu dekat dengan sumber air yaitu *hydrant* sehingga kemungkinan terjadinya kenaikan suhu melebihi 100° C akan berkurang. Jika suhu melebihi 100°C akan terjadi kenaikan suhu tanah dan penguapan air tanah dalam jumlah yang besar sehingga mempengaruhi tahanan tanah.

#### 4.5.4. Penyamaan Potensial

Pada penyamaan potensial harus ditentukan posisi dari batang pengikatan agar dicapai perlindungan yang merata di dalam bangunan. Sesuai dengan prinsip *zoning protection area*, diperoleh gambaran untuk Gedung W sebagai berikut:



Keterangan:



Gambar 4.14. Zoning Protection Area Gedung W UK Petra

#### 4.5.5. Proteksi Internal

Untuk saat ini penangkal petir gedung W belum menggunakan arrester untuk perlindungan peralatan elektronik terhadap sambaran petir. Dengan semakin bertambahnya penggunaan peralatan elektronik yang sensitif seperti komputer, telepon, facsimile, televisi dan sebagainya sangatlah perlu untuk menggunakan peralatan proteksi terhadap sambaran petir yang tidak hanya melindungi bangunan tetapi juga dapat melindungi peralatan elektronik terutama oleh pengaruh

sambaran petir tak langsung yang masuk melalui kabel instalasi listrik, telepon dan sebagainya.

Seperti yang telah dibahas pada bagian sebelumnya, perlindungan peralatan elektronik dapat menggunakan beragam peralatan. Salah satu yang saat ini berada di pasaran adalah *Lightning Arrester* atau yang dikenal juga dengan *Surge Diverter*.

Jenis yang bisa digunakan misalnya :

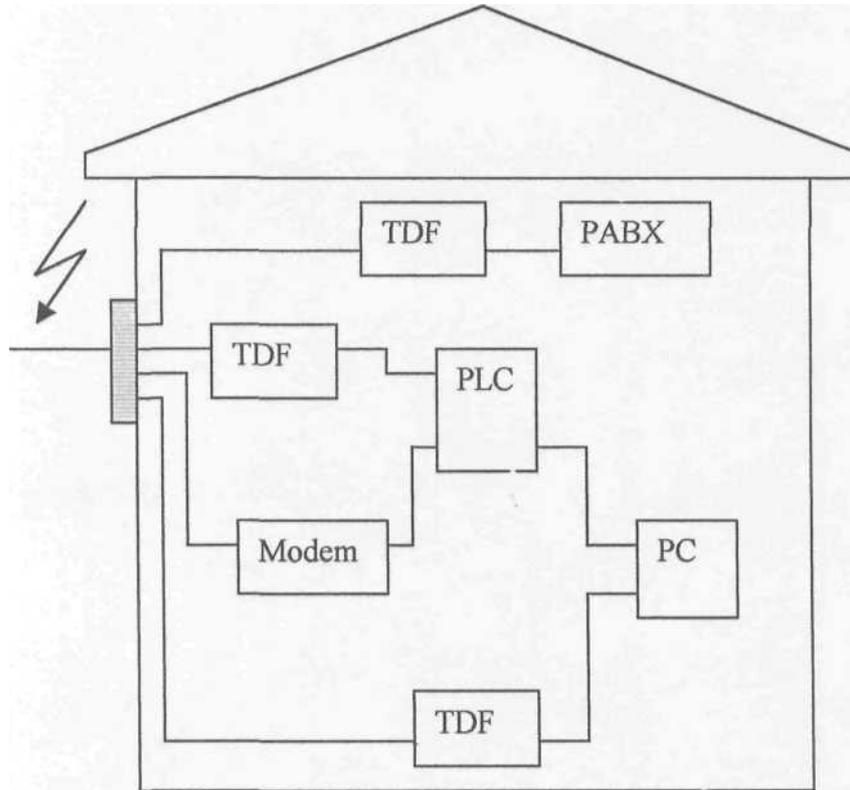
- *Transient Discriminating Surge Diverter* ( TDS ). Alat ini tergolong ke dalam *voltage clamping devices* yang mengembangkan teknologinya berdasarkan *metal oxide varistor* (MOV).

TDS adalah peralatan berbasis frekwensi aktif yang mampu membedakan antara tegangan utama yang lebih lambat dengan transient yang lebih cepat. Pada saat ada frekwensi transient terdeteksi, switch TDS segera berfungsi untuk membatasi transient ke level yang aman. Switch TDS tahan terhadap frekwensi 50 dan 60 Hz, serta melewati tegangan gangguan sampai 480 Vrms tanpa mengalami penurunan. Teknologi MOV TDS merupakan diverter surja berkapasitas tinggi yang menggunakan 5 segment LED untuk menunjukkan status. Alat ini juga menggunakan alarm kontak alarm yang bisa digunakan untuk mematikan sistem dan dan mengaktifkan peringatan eksternal jika material surja internal berada di bawah kondisi optimalnya.

*Transient Discriminating Surge Diverter* ( TDS ) dapat dihubungkan dengan modem, PLC, perangkat komputer, sistem telepon, dan kontrol keamanan gedung.

- *Transient Discriminating Filter* ( TDF ) yang terdiri dari *shunt protector* yang didesain untuk mengurangi energi surja ditambah pula dengan *low passfilter* yang efisien untuk menghilangkan interferensi frekwensi tinggi. Filter ini juga mampu mengurangi kecepatan pembangkitan dari tegangan dan arus sehingga mampu memberikan perlindungan pada peralatan elektronik yang sensitif terhadap tegangan dan arus surja yang besar dalam waktu yang sangat cepat. Peralatan ini mempunyai kemampuan untuk

membedakan antara kondisi tegangan lebih yang bersifat sementara dengan tegangan transient.

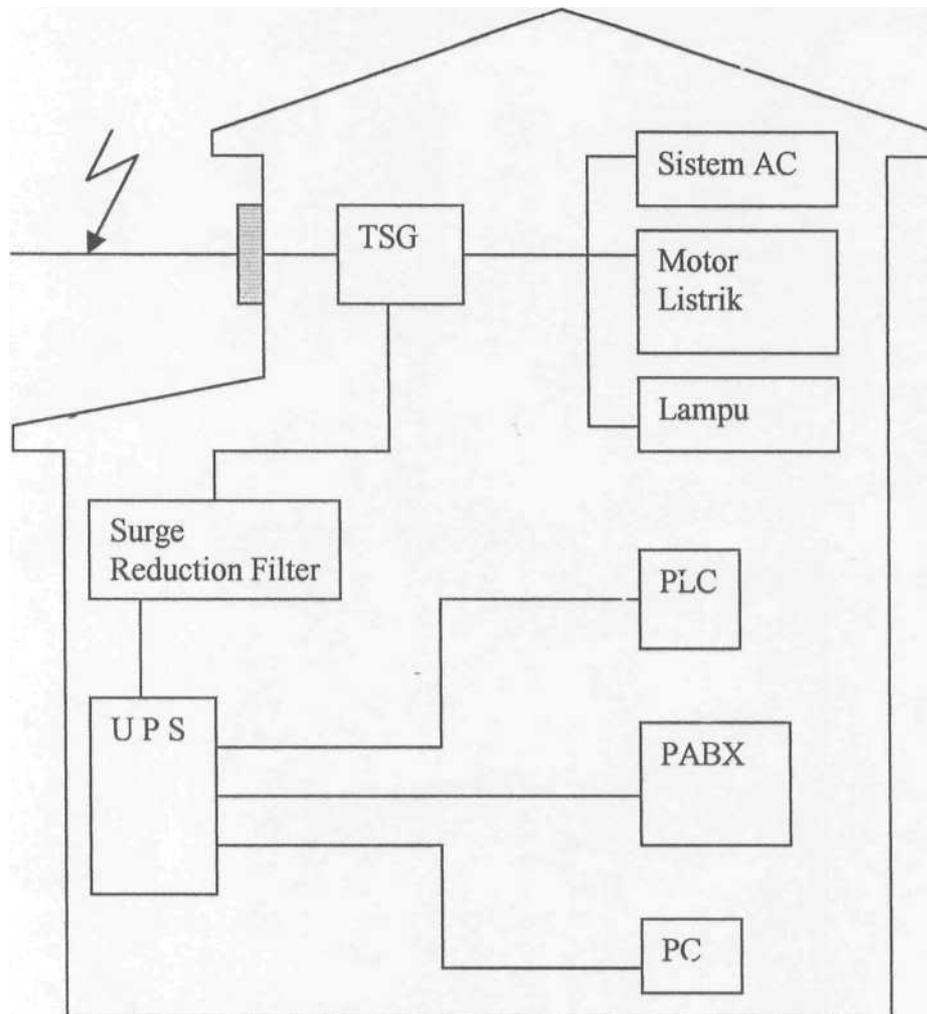


Gambar 4.15. Pemasangan Transient Discriminating Filters

- *Critec Triggered Spark Gap (TSG)*

TSG mempunyai kerja yang berdasarkan prinsip kerja MOV tetapi dengan tambahan kemampuan menangani energi surja yang jauh lebih besar. Peralatan ini juga melewatkan lebih besar energi ke pentanahan melalui mekanisme clamping.

Bentuk instalasinya adalah sebagai berikut:



Gambar 4.16. Pemasangan Triggered Spark Gap